

**ANÁLISIS Y CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE MAMPOSTERÍA  
ESTRUCTURAL SEGÚN LA NORMA DE SISMO RESISTENCIA NSR-10**

**OSCAR ANDRÉS RODRÍGUEZ MIRANDA**

**DIRECTOR: VICTOR JOSÉ MENDOZA MAJARRES**

**INGENIERO CIVIL**

**DOCENTE**

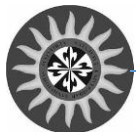
**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**COORDINACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO**

**BOGOTÁ**

**2015**



**ANÁLISIS Y CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE MAMPOSTERÍA  
ESTRUCTURAL SEGÚN LA NORMA DE SISMO RESISTENCIA NSR-10**

**OSCAR ANDRÉS RODRÍGUEZ MIRANDA**

**Proyecto de Grado para optar por el título de Ingeniero Civil**

**DIRECTOR:**

**VICTOR JOSÉ MENDOZA MAJARRES**

**INGENIERO CIVIL**

**DOCENTE**

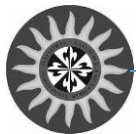
**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**COORDINACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO**

**BOGOTÁ**

**2015**



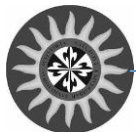
***A Dios quien me inspiró para culminar esta hermosa profesión,***

***A mi madre, por su sacrificio y esfuerzo diario durante todos estos años***

***A mi padre, por su constancia y esmero para que las cosas se hagan realidad,***

***A mis hermanos, amigos y a todos aquellos quienes dedicaron de su valioso tiempo para finalizar este proyecto,***

***Para ti Samanda, tu paciencia y ayuda hacen parte de la esencia de este trabajo, gracias por ser mi apoyo.***



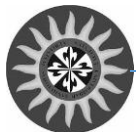
## AGRADECIMIENTOS

El autor de este proyecto desea expresar su agradecimiento a:

A Dios, por concederme la sabiduría necesaria para culminar mis estudios

Al Ingeniero Víctor Mendoza, por su constante interés y dedicación como director de este proyecto de grado. Dios lo bendiga Ingeniero.

A la Universidad Santo Tomás y la Facultad de Ingeniería Civil, quienes me brindaron la oportunidad de formarme académicamente para ser un profesional íntegro.



## REVISIÓN

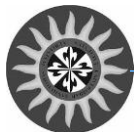
---

**Asesor: Ing. Víctor José Mendoza M.**

---

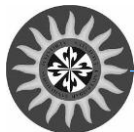
**Par académico: Ing. Ángel Alberto Peña G.**

**Universidad Santo Tomás, Bogotá 2015**

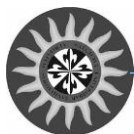


## TABLA DE CONTENIDO

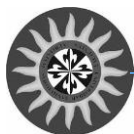
|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| TABLA DE CONTENIDO .....                           | 6  |
| INTRODUCCIÓN .....                                 | 13 |
| RESUMEN .....                                      | 14 |
| LISTA DE TABLAS .....                              | 15 |
| LISTA DE FIGURAS .....                             | 20 |
| LISTA DE ILUSTRACIONES.....                        | 22 |
| LISTA DE ANEXOS .....                              | 22 |
| NOMENCLATURA .....                                 | 23 |
| 1. GENERALIDADES DE LA MAMPOSTERÍA .....           | 29 |
| 1.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA .....                  | 30 |
| 1.1.1. Civilización Egipcia.....                   | 30 |
| 1.1.2. Civilización Romana.....                    | 31 |
| 1.1.3. América.....                                | 32 |
| 1.2. USOS DE LA MAMPOSTERÍA EN LA ACTUALIDAD ..... | 34 |
| 1.3. TIPOS DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL () .....     | 35 |
| 1.3.1. MAMPOSTERÍA DE CAVIDAD REFORZADA.....       | 35 |
| 1.3.2. MAMPOSTERÍA REFORZADA .....                 | 36 |
| 1.3.3. MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE REFORZADA .....    | 37 |
| 1.3.4. MAMPOSTERÍA NO REFORZADA.....               | 38 |
| 1.3.5. MAMPOSTERÍA DE MUROS CONFINADOS.....        | 38 |
| 1.3.6. MAMPOSTERÍA DE MUROS DIAFRAGMA.....         | 39 |
| 1.3.7. MAMPOSTERÍA REFORZADA EXTERNAMENTE.....     | 40 |
| 1.4. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA .....                 | 41 |
| 1.4.1. Materia prima .....                         | 41 |
| 1.4.2. Fabricación .....                           | 42 |
| 1.4.3. Tipos de unidades de mampostería.....       | 43 |
| 1.4.3.1. Unidades de arcilla cocida.....           | 43 |
| 1.4.3.2. Unidades de concreto .....                | 44 |



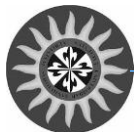
|            |                                                                       |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1.4.3.3.   | Unidades sílico-calcareas.....                                        | 44 |
| 1.4.4.     | Clasificación física .....                                            | 45 |
| 1.5.       | MORTEROS.....                                                         | 46 |
| 1.5.1.     | Mortero de pega .....                                                 | 46 |
| 1.5.1.1.   | Componentes.....                                                      | 47 |
| 1.5.1.1.1. | Cemento y cal .....                                                   | 47 |
| 1.5.1.1.2. | Agregados .....                                                       | 47 |
| 1.5.1.1.3. | Agua .....                                                            | 48 |
| 1.5.1.1.4. | Aditivos.....                                                         | 49 |
| 1.5.2.     | Mortero de relleno .....                                              | 49 |
| 1.5.2.1.   | Componentes.....                                                      | 50 |
| 1.5.2.1.1. | Cemento y cal .....                                                   | 50 |
| 1.5.2.1.2. | Agregados .....                                                       | 50 |
| 1.6.       | ACERO DE REFUERZO .....                                               | 51 |
| 1.7.       | PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE<br>MAMPOSTERÍA ..... | 52 |
| 1.7.1.     | PROPIEDADES FÍSICAS.....                                              | 53 |
| 1.7.1.1.   | Absorción .....                                                       | 53 |
| 1.7.1.2.   | Espesor de paredes .....                                              | 53 |
| 1.7.1.3.   | Textura y color .....                                                 | 54 |
| 1.7.1.4.   | Expansión y contracción por cambios de humedad y temperatura .....    | 54 |
| 1.7.1.5.   | Aislamiento térmico y acústico.....                                   | 55 |
| 1.7.2.     | PROPIEDADES MECÁNICAS .....                                           | 55 |
| 1.7.2.1.   | Resistencia a la compresión .....                                     | 56 |
| 1.7.2.2.   | Resistencia a la flexión .....                                        | 58 |
| 1.7.2.3.   | Resistencia de anclaje por adherencia.....                            | 58 |
| 1.7.2.4.   | Absorción .....                                                       | 59 |
| 2.         | REQUISITOS GENERALES DE ANÁLISIS Y DISEÑO.....                        | 61 |
| 2.1.       | CONFIGURACIÓN ARQUITECTÓNICA Y ESTRUCTURACIÓN .....                   | 61 |
| 2.1.1.     | Simetría.....                                                         | 61 |
| 2.1.2.     | Tamaño Y Configuración En Planta.....                                 | 62 |



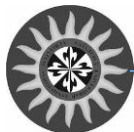
|            |                                                                            |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.3.     | Tamaño y configuración en altura.....                                      | 64 |
| 2.2.       | CENTROS DE MASA.....                                                       | 67 |
| 2.3.       | CENTRO DE CORTE.....                                                       | 70 |
| 2.3.1.     | PUNTO DE APLICACIÓN DE LA FUERZA DE CORTE .....                            | 71 |
| 2.4.       | CENTROS DE RIGIDEZ.....                                                    | 72 |
| 2.5.       | RIGIDEZ A TORSIÓN .....                                                    | 73 |
| 2.6.       | TIPOS DE CARGA.....                                                        | 76 |
| 2.6.1.     | Definiciones.....                                                          | 76 |
| 2.6.2.     | Cargas Muertas (D).....                                                    | 76 |
| 2.6.2.1.   | Masas y Pesos de los Materiales .....                                      | 77 |
| 2.6.2.2.   | Cargas muertas mínimas.....                                                | 77 |
| 2.6.2.3.   | Elementos No estructurales Horizontales .....                              | 77 |
| 2.6.2.4.   | Elementos No estructurales Verticales .....                                | 77 |
| 2.6.3.     | Cargas Vivas.....                                                          | 78 |
| 2.6.4.     | Cargas de empozamiento del agua (Le) y de granizo (G) .....                | 79 |
| 2.6.5.     | Carga de empuje de tierra y presión hidrostática .....                     | 79 |
| 2.6.6.     | Cargas de Viento.....                                                      | 79 |
| 2.6.7.     | Cargas de sismo.....                                                       | 80 |
| 2.6.7.1.   | Movimientos Sísmicos De Diseño .....                                       | 81 |
| 2.6.7.2.   | Zonas de amenaza sísmica .....                                             | 81 |
| 2.6.7.3.   | Efectos locales.....                                                       | 82 |
| 2.6.7.4.   | Determinación de los coeficientes Fa y Fv .....                            | 83 |
| 2.6.7.5.   | Coeficiente de importancia.....                                            | 85 |
| 2.6.7.5.1. | Grupo de uso.....                                                          | 85 |
| 2.6.7.6.   | Espectros de Diseño .....                                                  | 86 |
| 2.7.       | ANÁLISIS SÍSMICO POR EL MÉTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE.....    | 89 |
| 2.7.1.     | Definición .....                                                           | 89 |
| 2.7.2.     | Generalidades.....                                                         | 89 |
| 2.7.3.     | Metodología para el cálculo de las fuerzas horizontales equivalentes ..... | 89 |
| 1.         | Pre-dimensionamiento de la estructura .....                                | 89 |



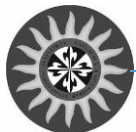
|          |                                                                                             |     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.7.3.1. | Pasos para el cálculo de las fueras horizontales equivalentes .....                         | 93  |
| 2.8.     | REQUISITOS DE DISEÑO.....                                                                   | 95  |
| 2.8.1.   | HIPÓTESIS DEL MÉTODO.....                                                                   | 97  |
| 2.8.2.   | RESISTENCIA DE DISEÑO.....                                                                  | 97  |
| 2.8.3.   | MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y CORTANTE DE LOS MATERIALES.....                                    | 99  |
| 2.8.4.   | DISEÑO A FLEXIÓN.....                                                                       | 100 |
| 2.8.5.   | ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXO-COMPRESIÓN. ....                                                | 101 |
| 2.8.5.1. | Compresión y flexión.....                                                                   | 101 |
| 2.8.5.2. | Suposición del refuerzo tentativo .....                                                     | 101 |
| 2.8.5.3. | Máxima Resistencia Axial Teórica .....                                                      | 102 |
| 2.8.5.4. | Resistencia Nominal Para Carga Axial.....                                                   | 102 |
| 2.8.5.5. | Máxima Resistencia De Diseño Para Carga Axial .....                                         | 102 |
| 2.8.5.6. | Momento nominal ( $M_n$ ) .....                                                             | 102 |
| 2.8.5.7. | Revisión para momento de agrietamiento ( $M_{cr}$ ) .....                                   | 103 |
| 2.8.5.8. | Carga axial balanceada reducida ( $P_{bu}$ ) .....                                          | 104 |
| 2.8.5.9. | Momento balanceado reducido ( $M_{bu}$ ) .....                                              | 104 |
| 2.8.6.   | DISEÑO A CORTANTE.....                                                                      | 105 |
| 2.8.6.1. | VERIFICACIÓN DE ARTICULACIÓN PLÁSTICA .....                                                 | 107 |
| 3.       | EJEMPLO DE APLICACIÓN: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE 5 PISOS EN<br>MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL ..... | 109 |
| 3.1.     | Descripción Del Proyecto .....                                                              | 109 |
| 3.2.     | Desarrollo .....                                                                            | 109 |
| 3.2.1.   | Estructuración .....                                                                        | 110 |
| 3.2.1.1. | Simetría.....                                                                               | 110 |
| 3.2.1.2. | Tamaño y configuración en planta .....                                                      | 110 |
| 3.2.1.3. | Relación De Esbeltez Y Relación De Aspecto: .....                                           | 113 |
| 3.2.1.4. | Selección elementos estructurales.....                                                      | 116 |
| 3.2.1.5. | Dimensiones tentativas de los muros .....                                                   | 116 |
| 3.2.2.   | Sistema de entrepiso .....                                                                  | 117 |
| 3.2.3.   | Dimensiones de la escalera .....                                                            | 117 |
| 3.2.3.1. | Modulación De Los Muros Estructurales.....                                                  | 119 |



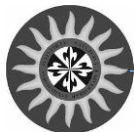
|            |                                                                      |     |
|------------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.4.     | Propiedades De Los Materiales.....                                   | 123 |
| 3.2.5.     | Espesores Solidos Equivalentes .....                                 | 126 |
| 3.2.5.1.   | Cálculo del número de celdas totales, llenas y vacías por piso ..... | 127 |
| 3.2.5.2.   | Cálculo del espesor sólido equivalente (beq) .....                   | 133 |
| 3.2.6.     | Centros De Masa Por Niveles.....                                     | 133 |
| 3.2.6.1.   | Centros De Masa De Los Muros No Estructurales .....                  | 135 |
| 3.2.6.2.   | Centro De Masa Losa De Entrepiso .....                               | 137 |
| 3.2.6.3.   | Centro De Masa De Las Escalera.....                                  | 138 |
| 3.2.6.4.   | Centro De Masas Cubierta.....                                        | 140 |
| 3.2.6.4.1. | Centro De Masa Tejas De Asbesto-Cemento.....                         | 140 |
| 3.2.6.4.2. | Centro de Masas de las Culatas.....                                  | 142 |
| 3.2.6.4.3. | Centro de Masas de las Vigas de Amarre.....                          | 143 |
| 3.2.6.4.4. | Centro de Masas de los Tanques y la Placa que los soporta.....       | 144 |
| 3.2.6.4.5. | Centro de masa total de la cubierta .....                            | 145 |
| 3.2.6.5.   | Centro de masas de los muros estructurales .....                     | 146 |
| 3.2.6.5.1. | Centro de masas de los muros estructurales por piso .....            | 147 |
| 3.2.6.6.   | Centros de masas de los niveles.....                                 | 151 |
| 3.2.7.     | Centros de rigidez por niveles .....                                 | 154 |
| 3.2.8.     | Análisis De Cargas.....                                              | 158 |
| 3.2.8.1.   | Análisis De Cargas Verticales.....                                   | 158 |
| 3.2.8.2.   | Carga Muerta .....                                                   | 158 |
| 3.2.8.3.   | Carga viva.....                                                      | 159 |
| 3.2.8.4.   | Cargas Horizontales .....                                            | 160 |
| 3.2.8.4.1. | Carga De Viento .....                                                | 160 |
| 3.2.8.4.2. | Fuerzas Sísmicas .....                                               | 161 |
| 3.2.8.4.3. | Movimientos Sísmicos De Diseño .....                                 | 161 |
| 3.2.8.4.4. | Masa Total Del Edificio .....                                        | 164 |
| 3.2.8.4.5. | Cálculo del cortante basal (Vs).....                                 | 164 |
| 3.2.8.4.6. | Distribución del cortante basal por niveles.....                     | 165 |
| 3.2.9.     | Análisis de las fuerzas sísmicas.....                                | 167 |



|             |                                                                                   |     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.9.1.    | Cortante de piso.....                                                             | 167 |
| 3.2.9.2.    | Momento de volcamiento por pisos .....                                            | 168 |
| 3.2.9.3.    | Efectos torsionales .....                                                         | 168 |
| 3.2.9.4.    | Cálculo del punto (c) .....                                                       | 168 |
| 3.2.9.5.    | Excentricidad debido a la no coincidencia del punto C y el centro de rigidez (CR) | 169 |
| 3.2.9.6.    | Excentricidad total .....                                                         | 170 |
| 3.2.9.7.    | Momento torsional (MT).....                                                       | 170 |
| 3.2.10.     | Distribución de las solicitaciones.....                                           | 171 |
| 3.2.10.1.   | Distribución de cargas verticales.....                                            | 172 |
| 3.2.10.1.1. | Entrepiso en una dirección.....                                                   | 172 |
| 3.2.10.2.   | Solicitaciones verticales.....                                                    | 173 |
| 3.2.10.3.   | Solicitaciones horizontales .....                                                 | 178 |
| 3.2.11.     | Desplazamientos y derivas .....                                                   | 189 |
| 3.2.11.1.   | Derivas por cortante directo .....                                                | 189 |
| 3.2.11.2.   | Derivas causadas por momento torsor (Mt).....                                     | 189 |
| 3.2.11.3.   | Derivas por efectos P-Delta .....                                                 | 192 |
| 3.2.11.4.   | Derivas totales por piso. ....                                                    | 193 |
| 3.3.        | Diseño de los elementos estructurales.....                                        | 195 |
| 3.3.1.      | Coeficiente de capacidad de disipación de energía (R).....                        | 197 |
| 3.3.2.      | Fuerzas sísmicas reducidas de diseño.....                                         | 198 |
| 3.3.3.      | Mayoración de las cargas verticales .....                                         | 201 |
| 3.3.4.      | Diseño al flexo-compresión de los muros .....                                     | 204 |
| 3.3.5.      | Diseño a cortante de los muros Estructurales .....                                | 261 |
| 3.3.6.      | Verificación de la cuantía mínima .....                                           | 272 |
| 3.3.7.      | Refuerzo estructural definitivo .....                                             | 276 |
| 3.3.8.      | Verificación de la segunda combinación de carga ( $0.9D \pm 1 E$ ) .....          | 282 |
| 3.4.        | Diseño de los muros no estructurales .....                                        | 287 |
| 3.4.1.      | Diseño de los antepechos, sillares (pisos) y culatas (cubierta).....              | 289 |
| 3.4.2.      | Diseño de los muros no estructurales .....                                        | 290 |
| 3.5.        | Verificación uniones placa – muro .....                                           | 291 |



|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 4. CONCLUSIONES.....    | 297 |
| 5. RECOMENDACIONES..... | 299 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA.....    | 300 |
| 7. ANEXOS.....          | 302 |



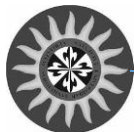
## INTRODUCCIÓN

La mampostería estructural es un sistema compuesto de materiales de origen pétreo unido con mortero de cemento y que adopta las características individuales de los elementos que lo conforman. Debido a sus propiedades individuales y en conjunto, el comportamiento de la mampostería estructural es muy variable, lo que hace necesario realizar ensayos a las piezas individuales, morteros, muretes y prismas elaborados con mampostería.

Actualmente existe la necesidad de recopilar, actualizar y organizar el material bibliográfico requerido para facilitar el estudio y comprensión de este sistema estructural, para que se pueda contar con una guía para el diseño de edificaciones en mampostería de acuerdo al Código Colombiano de Sismo-Resistencia (NSR-10); ello hace apremiante la revisión, análisis y tratamiento de los conceptos básicos de diseño los cuales se deben seguir en todas aquellas construcciones que pretendan utilizar el sistema de mampostería estructural.

Con el fin de brindar garantías en materia de calidad, eficiencia, seguridad, funcionabilidad y durabilidad de las construcciones en mampostería, el ingeniero diseñador debe revisar detalladamente los respectivos diseños del sistema que pretende utilizar, lo cual no debe hacerse sin contar con la claridad de los fundamentos técnicos y teóricos básicos para realizar esta tarea. Es por ello que con la elaboración de este documento, se procurará ofrecer líneas bases de acción donde se tendrán en cuenta todos los aspectos fundamentales para el diseño de mampostería estructural ofrecidos por la normativa técnica y bibliografía respectiva.

Además, la realización de este trabajo contribuirá a la evaluación de las ventajas y desventajas que presenta este sistema constructivo haciendo énfasis en la fase de diseño, por lo cual, se incluirán y tendrán en cuenta todos los factores que hacen sensible la fase de diseño del sistema. Por último, los nuevos avances en la ciencia del comportamiento de materiales de construcción, en este caso la mampostería, exponen las debilidades y fortalezas cada vez que se originan nuevos métodos y materiales que se utilizan en la práctica, lo que crea nuevas necesidades de optimizar o mejorar las bases teóricas para que se abran nuevas luces al tema, lo que con el pasar de los años y nuevos conocimientos, le facilitará al ingeniero un material práctico y claro para la eficiencia en el desarrollo de su vida profesional.

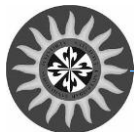


## RESUMEN

En el presente documento se realizó una investigación bibliográfica completa sobre mampostería estructural, dentro de la cual se encuentran los fundamentos teóricos necesarios para su análisis y diseño. El desarrollo de este documento parte de una breve reseña histórica, continuando con la descripción y clasificación como sistema estructural de edificaciones, los tipos de mampostería estructural existente en las normas de nuestro país, definiendo de manera individual los elementos que la conforman (unidad, mortero de pega, mortero de relleno y acero de refuerzo) además de su comportamiento como conjunto. Luego se explicarán los parámetros e hipótesis de análisis y diseño para edificaciones de este tipo.

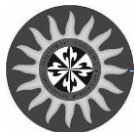
La normatividad vigente y todos los requerimientos de análisis y diseño de los elementos estructurales definidos en este documento están amparados por la norma Colombiana de construcción sismo resistente NSR-10.

Al final se encontrará un ejemplo de aplicación que involucra el análisis y diseño de un edificio de 5 pisos que actualmente se encuentra construido en la ciudad de Bogotá, y que para fines de aplicación práctica y teórica de los conceptos expuestos, se diseñará utilizando muros en mampostería estructural, por supuesto, apoyándose en tablas, figuras y planos organizados de manera sistemática, con el fin de que sean más entendibles todos los conceptos y definiciones.

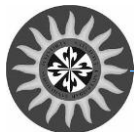


## LISTA DE TABLAS

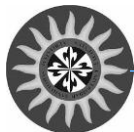
|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1.5.1.1.2-1. Granulometría arena.....                                              | 48  |
| Tabla 1.5.2.1.2-1. Granulometría de agregados para mortero de relleno .....              | 50  |
| Tabla 1.7.2.1-1. Resistencia a la compresión de los mampuestos de arcilla .....          | 56  |
| Tabla 1.7.2.1-2. Resistencia a la compresión de los mampuestos de concreto.....          | 57  |
| Tabla 1.7.2.1-3. Resistencia a la compresión de piezas silico-calcáreas según tipo ..... | 57  |
| Tabla 1.7.2.4-1. Absorción en bloques de arcilla.....                                    | 59  |
| Tabla 1.7.2.4-2. Absorción en bloque de concreto .....                                   | 59  |
| Tabla 1.7.2.4-3. Absorción en piezas silico calcáreas .....                              | 60  |
| Tabla 2.1.3-1. Restricciones en altura para sistemas de mampostería.....                 | 66  |
| Tabla 2.2-1 Ejemplo centros de masa por niveles.....                                     | 69  |
| Tabla 2.6.7.4-1. Coeficiente $F_a$ para zonas de periodo corto de espectro .....         | 83  |
| Tabla 2.6.7.4-2. Coeficiente $F_a$ para zonas de periodo corto de espectro .....         | 83  |
| Tabla 2.6.7.5.1-1. Valores coeficiente de importancia I .....                            | 86  |
| Tabla 2.7.3-1. Capacidad de disipación de energía según amenaza sísmica.....             | 90  |
| Tabla 2.7.3.1-1. Límites para derivas .....                                              | 95  |
| Tabla 2.8.2-1 Factores de resistencia .....                                              | 98  |
| Tabla 2.8.3-1. Modulos De Elasticidad Y De Corte Según Nsr-10.....                       | 99  |
| Tabla 2.8.5-1. Módulo de ruptura (MPa) .....                                             | 104 |
| Tabla 2.8.6-1. Resistencia a cortante en la mampostería .....                            | 106 |
| Tabla 2.8.6.1-1. Valores máximos para el cortante nominal $V_n$ .....                    | 107 |
| Tabla 3.2.1.2-1. Dimensiones para irregularidad 3P .....                                 | 112 |
| Tabla 3.2.1.3-1. Longitud de los muros estructurales tentativos .....                    | 114 |
| Tabla 3.2.1.5-1. Longitudes de los muros estructurales definitivos .....                 | 117 |
| Tabla 3.2.3-1. Alturas o espesores mínimos losas.....                                    | 118 |
| Tabla 3.2.3.1-1. Modulación horizontal de elementos eje X .....                          | 120 |
| Tabla 3.2.3.1-2. Modulación horizontal de elementos eje Y .....                          | 121 |
| Tabla 3.2.3.1-3. Modulación vertical dirección X .....                                   | 122 |
| Tabla 3.2.3.1-4. Modulación vertical dirección X .....                                   | 123 |
| Tabla 3.2.4-1. Clasificación morteros de relleno.....                                    | 125 |
| Tabla 3.2.5.1-1. Valores porcentaje de solidez según nivel .....                         | 127 |
| Tabla 3.2.5.1-2. Numero de celdas primer piso .....                                      | 128 |
| Tabla 3.2.5.1-3. Numero de celdas segundo piso .....                                     | 129 |
| Tabla 3.2.5.1-4. Numero de celdas tercer piso .....                                      | 130 |
| Tabla 3.2.5.1-5. Numero de celdas cuarto piso .....                                      | 131 |
| Tabla 3.2.5.1-6. Numero de celdas cuarto piso .....                                      | 132 |



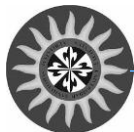
|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 3.2.5.2-1. Valores espesores equivalentes por piso.....                                        | 133 |
| Tabla 3.2.6.1-1. Centro De Masas Muros No Estructurales Y Dinteles.....                              | 136 |
| Tabla 3.2.6.2-1. Centro de masas losa de entrepiso .....                                             | 138 |
| Tabla 3.2.6.3-1. Centro de masa escalera.....                                                        | 139 |
| Tabla 3.2.6.4.1-1. Centro de masa tejas de cubierta .....                                            | 141 |
| Tabla 3.2.6.4.2-1. Centro de masa culatas.....                                                       | 142 |
| Tabla 3.2.6.4.3-1. Centro de masa vigas de amarre .....                                              | 143 |
| Tabla 3.2.6.4.4-1. Dimensiones tanque de almacenamiento .....                                        | 145 |
| Tabla 3.2.6.4.4-2. Centro de masa tanques de almacenamiento.....                                     | 145 |
| Tabla 3.2.6.4.5-1. Centro de masa total de cubierta .....                                            | 146 |
| Tabla 3.2.6.5-1. Cálculo centroides de muros estructurales .....                                     | 146 |
| Tabla 3.2.6.5.1-1. Centro de masa muros estructurales piso 1 .....                                   | 147 |
| Tabla 3.2.6.5.1-2. Centro de masa muros estructurales piso 2 .....                                   | 148 |
| Tabla 3.2.6.5.1-3. Centro de masa muros estructurales piso 3 .....                                   | 149 |
| Tabla 3.2.6.5.1-4. Centro de masa muros estructurales piso 4 .....                                   | 149 |
| Tabla 3.2.6.5.1-5. Centro de masa muros estructurales piso 5 .....                                   | 150 |
| Tabla 3.2.6.6-1. Centro de masa nivel 1 .....                                                        | 151 |
| Tabla 3.2.6.6-2. Centro de masa nivel 2 .....                                                        | 152 |
| Tabla 3.2.6.6-3. Centro de masa nivel 3 .....                                                        | 152 |
| Tabla 3.2.6.6-4. Centro de masa nivel 4 .....                                                        | 153 |
| Tabla 3.2.6.6-5. Centro de masa nivel 5 .....                                                        | 153 |
| Tabla 3.2.7-1. Centro de rigidez muros primer piso .....                                             | 155 |
| Tabla 3.2.7-2. Centro de rigidez muros segundo piso .....                                            | 156 |
| Tabla 3.2.7-3. Centro de rigidez muros tercer piso .....                                             | 156 |
| Tabla 3.2.7-4. Centro de rigidez muros cuarto piso .....                                             | 157 |
| Tabla 3.2.7-5. Centro de rigidez muros quinto piso.....                                              | 157 |
| Tabla 3.2.8.2-1. Cargas muerta verticales entrepiso .....                                            | 159 |
| Tabla 3.2.8.2-2. Cargas muerta verticales entrepiso .....                                            | 159 |
| Tabla 3.2.8.3-1. Cargas muerta verticales entrepiso .....                                            | 160 |
| Tabla 3.2.8.4.3-1. Valores de $\alpha$ según NSR.10 .....                                            | 163 |
| Tabla 3.2.8.4.4-1. Peso total del edificio .....                                                     | 164 |
| Tabla 3.2.8.4.6-1. Distribución del cortante basal por niveles .....                                 | 166 |
| Tabla 3.2.9.1-1. Cortante de piso por niveles.....                                                   | 167 |
| Tabla 3.2.9.2-1. Momentos de volcamiento por piso .....                                              | 168 |
| Tabla 3.2.9.4-1. Calculo de las coordenadas en X del punto C.....                                    | 169 |
| Tabla 3.2.9.4-2. Calculo de las coordenadas en Y del punto C.....                                    | 169 |
| Tabla 3.2.9.5-1. Calculo de la excentricidad debido a la no coincidencia del Centro de Rigidez ..... | 170 |



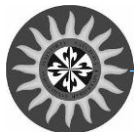
|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 3.2.9.6-1. Calculo de la excentricidad debido a la no coincidencia del Centro de Rigidez ..... | 170 |
| Tabla 3.2.9.7-1. Calculo de los momentos torsionales en cada dirección .....                         | 171 |
| Tabla 3.2.10.2-1. Áreas tributarias de planta y cubierta .....                                       | 175 |
| Tabla 3.2.10.2-2. Cargas axiales por muros quinto piso .....                                         | 175 |
| Tabla 3.2.10.2-3. Cargas axiales por muros cuarto piso .....                                         | 176 |
| Tabla 3.2.10.2-4. Cargas axiales por muros tercer piso .....                                         | 176 |
| Tabla 3.2.10.2-5. Cargas axiales por muros segundo piso .....                                        | 177 |
| Tabla 3.2.10.2-6. Cargas axiales por muros primer piso .....                                         | 178 |
| Tabla 3.2.10.3-1. Solicitaciones horizontales 5 piso .....                                           | 179 |
| Tabla 3.2.10.3-2. Solicitaciones horizontales 5 piso .....                                           | 180 |
| Tabla 3.2.10.3-3. Solicitaciones horizontales 4 piso .....                                           | 181 |
| Tabla 3.2.10.3-4. Solicitaciones horizontales 4 piso .....                                           | 182 |
| Tabla 3.2.10.3-5. Solicitaciones horizontales 3 piso .....                                           | 183 |
| Tabla 3.2.10.3-6. Solicitaciones horizontales 3 piso .....                                           | 184 |
| Tabla 3.2.10.3-7. Solicitaciones horizontales 2 piso .....                                           | 185 |
| Tabla 3.2.10.3-8. Solicitaciones horizontales 2 piso .....                                           | 186 |
| Tabla 3.2.10.3-9. Solicitaciones horizontales 1 piso .....                                           | 187 |
| Tabla 3.2.10.3-10. Solicitaciones horizontales 1 piso .....                                          | 188 |
| Tabla 3.2.11.1-1. Cálculo de las derivas por cortante directo .....                                  | 189 |
| Tabla 3.2.11.2-1. Derivas por torsión actuando en X.....                                             | 191 |
| Tabla 3.2.11.2-2. Derivas por torsión actuando en X.....                                             | 192 |
| Tabla 3.2.11.3-1. Cálculo del índice de estabilidad por piso.....                                    | 193 |
| Tabla 3.2.11.4-1. Calculo de derivas totales X.....                                                  | 193 |
| Tabla 3.2.11.4-2. Calculo de derivas totales Y.....                                                  | 194 |
| Tabla 3.3-1. Irregularidad torsional en X.....                                                       | 196 |
| Tabla 3.3-2. Irregularidad torsional en Y.....                                                       | 197 |
| Tabla 3.3.2-1. Fuerzas sísmicas reducidas quinto piso .....                                          | 198 |
| Tabla 3.3.2-2. Fuerzas sísmicas reducidas cuarto piso.....                                           | 198 |
| Tabla 3.3.2-3. Fuerzas sísmicas reducidas tercer piso.....                                           | 199 |
| Tabla 3.3.2-4. Fuerzas sísmicas reducidas segundo piso.....                                          | 200 |
| Tabla 3.3.2-5. Fuerzas sísmicas reducidas primer piso .....                                          | 200 |
| Tabla 3.3.3-1. Mayoración de cargas quinto piso .....                                                | 201 |
| Tabla 3.3.3-2. Mayoración de cargas cuarto piso .....                                                | 202 |
| Tabla 3.3.3-3. Mayoración de cargas tercer piso.....                                                 | 202 |
| Tabla 3.3.3-4. Mayoración de cargas segundo piso.....                                                | 203 |
| Tabla 3.3.3-5. Mayoración de cargas segundo piso.....                                                | 204 |
| Tabla 3.3.4-1. Área del acero inicial piso 1.....                                                    | 205 |



|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 3.3.4-2. Refuerzo tentativo piso 1 .....                                        | 206 |
| Tabla 3.3.4-3. Capacidad axial muros piso 1 .....                                     | 207 |
| Tabla 3.3.4-4. Localización barras muros piso 1 .....                                 | 208 |
| Tabla 3.3.4-5. Iteración valores de C piso 1 .....                                    | 210 |
| Tabla 3.3.4-6. Esfuerzos en las barras piso 1 .....                                   | 211 |
| Tabla 3.3.4-7. Capacidad a flexión muros piso 1 .....                                 | 212 |
| Tabla 3.3.4-8. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas piso 1 .....       | 213 |
| Tabla 3.3.4-9. Condiciones balanceadas muros piso 1 .....                             | 214 |
| Tabla 3.3.4-10. Compilación de parámetros de diseño muros piso 1 .....                | 215 |
| Tabla 3.3.4-11. Verificación de los elementos de borde piso 1 .....                   | 216 |
| Tabla 3.3.4-12. Área del acero inicial piso 2 .....                                   | 218 |
| Tabla 3.3.4-13. Refuerzo tentativo piso 2 .....                                       | 219 |
| Tabla 3.3.4-14. Capacidad axial muros piso 2 .....                                    | 220 |
| Tabla 3.3.4-15. Localización barras muros piso 2 .....                                | 221 |
| Tabla 3.3.4-16. Iteración valor de C muros piso 2 .....                               | 222 |
| Tabla 3.3.4-17. Esfuerzos en las barras piso 2 .....                                  | 223 |
| Tabla 3.3.4-18. Capacidad a flexión muros piso 2 .....                                | 224 |
| Tabla 3.3.4-19. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas piso 2 .....      | 225 |
| Tabla 3.3.4-20. Condiciones balanceadas piso 2 .....                                  | 226 |
| Tabla 3.3.4-21. Parámetros para el diagrama de interacción muros segundo piso .....   | 227 |
| Tabla 3.3.4-22. Verificación de los elementos de borde piso 2 .....                   | 228 |
| Tabla 3.3.4-23. Área de acero inicial muros tercer piso .....                         | 229 |
| Tabla 3.3.4-24. Refuerzo tentativo muros tercer piso .....                            | 230 |
| Tabla 3.3.4-25. Capacidad axial muros tercer piso .....                               | 231 |
| Tabla 3.3.4-26. Localización barras muros tercer piso .....                           | 232 |
| Tabla 3.3.4-27. Esfuerzos en la barras muros tercer piso .....                        | 233 |
| Tabla 3.3.4-28. Iteración valores de C muros tercer piso .....                        | 234 |
| Tabla 3.3.4-29. Capacidad axial muros tercer piso .....                               | 235 |
| Tabla 3.3.4-30. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas tercer piso ..... | 236 |
| Tabla 3.3.4-31. Parámetros de carga balanceados muros tercer piso .....               | 237 |
| Tabla 3.3.4-32. Parámetros diagrama de interacción muros tercer piso .....            | 238 |
| Tabla 3.3.4-33. Verificación elementos de borde muros tercer piso .....               | 239 |
| Tabla 3.3.4-34. Cálculo área inicial muros cuarto piso .....                          | 240 |
| Tabla 3.3.4-35. Refuerzo tentativo muros cuarto piso .....                            | 241 |
| Tabla 3.3.4-36. Capacidad axial muros cuarto piso .....                               | 242 |
| Tabla 3.3.4-37. Localización barras muros cuarto piso .....                           | 243 |
| Tabla 3.3.4-38. Iteración de C para muros cuarto piso .....                           | 244 |
| Tabla 3.3.4-39. Esfuerzos en las barras muros cuarto piso .....                       | 245 |



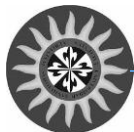
|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 3.3.4-40. Capacidad axial muros cuarto piso .....                                     | 246 |
| Tabla 3.3.4-41. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas cuarto piso .....       | 247 |
| Tabla 3.3.4-42. Condiciones de carga balanceadas muros cuarto piso .....                    | 248 |
| Tabla 3.3.4-43. Parámetros diagrama de interacción muros cuarto piso .....                  | 249 |
| Tabla 3.3.4-44. Verificación elementos de borde cuarto piso .....                           | 250 |
| Tabla 3.3.4-45. Área inicial de acero muros quinto piso .....                               | 251 |
| Tabla 3.3.4-46. Refuerzo tentativo muros quinto piso .....                                  | 252 |
| Tabla 3.3.4-47. Capacidad axial muros quinto piso .....                                     | 253 |
| Tabla 3.3.4-48. Localización de barras muros quinto piso .....                              | 254 |
| Tabla 3.3.4-49. Iteración valores de C muros quinto piso .....                              | 255 |
| Tabla 3.3.4-50. Capacidad a flexión muros quinto piso .....                                 | 256 |
| Tabla 3.3.4-51. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas muros quinto piso ..... | 257 |
| Tabla 3.3.4-52. Condiciones de carga balanceadas muros quinto piso .....                    | 258 |
| Tabla 3.3.4-53. Parámetros diagrama de interacción muros quinto piso .....                  | 259 |
| Tabla 3.3.4-54. Verificación elementos de borde quinto piso .....                           | 260 |
| Tabla 3.3.5-1. Requerimiento de refuerzo a cortante muros primer piso .....                 | 261 |
| Tabla 3.3.5-2. Diseño a cortante muros primer piso .....                                    | 262 |
| Tabla 3.3.5-3. Requerimiento de refuerzo a cortante muros segundo piso .....                | 264 |
| Tabla 3.3.5-4. Diseño a cortante muros segundo piso .....                                   | 265 |
| Tabla 3.3.5-5. Requerimiento de refuerzo a cortante muros tercer piso .....                 | 266 |
| Tabla 3.3.5-6. Diseño a cortante muros tercer piso .....                                    | 267 |
| Tabla 3.3.5-7. Requerimiento de refuerzo a cortante muros cuarto piso .....                 | 268 |
| Tabla 3.3.5-8. Diseño a cortante muros cuarto piso .....                                    | 269 |
| Tabla 3.3.5-9. Requerimiento de refuerzo a cortante muros quinto piso .....                 | 270 |
| Tabla 3.3.5-10. Diseño a cortante muros quinto piso .....                                   | 271 |
| Tabla 3.3.6-1. Verificación cuantías mínima muros primer piso .....                         | 272 |
| Tabla 3.3.6-2. Verificación cuantías mínimas muros segundo piso .....                       | 273 |
| Tabla 3.3.6-3. Verificación cuantía mínima tercer piso .....                                | 274 |
| Tabla 3.3.6-4. –verificación cuantía mínima cuarto piso .....                               | 275 |
| Tabla 3.3.6-5. Verificación cuantía mínima quinto piso .....                                | 276 |
| Tabla 3.3.7-1. Refuerzo estructural definitivo muros primer piso .....                      | 277 |
| Tabla 3.3.7-2. Refuerzo estructural definitivo muros segundo piso .....                     | 278 |
| Tabla 3.3.7-3. Refuerzo estructural definitivo tercer piso .....                            | 279 |
| Tabla 3.3.7-4. Refuerzo estructural definitivo cuarto piso .....                            | 280 |
| Tabla 3.3.7-5. Refuerzo estructural definitivo quinto piso .....                            | 281 |
| Tabla 3.3.8-1. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación primer piso .....     | 282 |



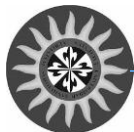
|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 3.3.8-2. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación segundo piso ..... | 283 |
| Tabla 3.3.8-3. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación tercer piso.....   | 284 |
| Tabla 3.3.8-4. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación cuarto piso...     | 285 |
| Tabla 3.3.8-5. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación quinto piso ...    | 286 |
| Tabla 3.4-1. Grados de desempeño de los elementos no estructurales .....                 | 287 |
| Tabla 3.4-2. Grado de desempeño mínimo requerido .....                                   | 287 |
| Tabla 3.4-3. Aceleraciones de piso.....                                                  | 288 |
| Tabla 3.4.1-1. Fuerzas actuantes sobre los antepechos .....                              | 289 |
| Tabla 3.4.1-2. Momento en la base de antepechos .....                                    | 289 |
| Tabla 3.4.1-3. Cálculo del refuerzo para antepechos, sillares y culatas .....            | 290 |
| Tabla 3.4.2-1. Fuerzas sobre los muros no estructurales .....                            | 290 |
| Tabla 3.4.2-2. Momento en los extremos muros no estructurales .....                      | 290 |
| Tabla 3.4.2-3. Cálculo refuerzo muros no estructurales .....                             | 291 |
| Tabla 3.5-1. Verificación unión placa-muro primer piso.....                              | 292 |
| Tabla 3.5-2. Verificación unión placa-muro segundo piso.....                             | 293 |
| Tabla 3.5-3. Verificación unión placa-muro tercer piso.....                              | 294 |
| Tabla 3.5-4. Verificación unión placa-muro cuarto piso .....                             | 295 |
| Tabla 3.5-5. Verificación unión placa-muro quinto piso .....                             | 296 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.3-1. Mampostería de Cavidad Reforzada.....      | 36 |
| Figura 1.3-2. Mampostería Reforzada.....                 | 37 |
| Figura 1.3-3. Mampostería parcialmente Reforzada .....   | 37 |
| Figura 1.3-4 Mampostería no Reforzada .....              | 38 |
| Figura 1.3-5. Mampostería de Muros Confinados .....      | 39 |
| Figura 1.3-6. Mampostería de Muros Diafragma .....       | 40 |
| Figura 1.3-7. Mampostería reforzada Externamente.....    | 40 |
| Figura 1.4.3.3-1. Tipos de unidades según material ..... | 44 |
| Figura 1.4.4-1. Unidades de perforación vertical .....   | 45 |
| Figura 1.4.4-2. Unidad de perforación horizontal.....    | 45 |
| Figura 1.4.4-3. Unidad maciza .....                      | 46 |
| Figura 1.7.1.3-1. Textura y Color .....                  | 54 |
| Figura 2.1.1-1. Figuras geométricas en altura .....      | 62 |
| Figura 2.1.1-2. Figuras geométricas en planta.....       | 62 |



|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 2.1.2-1. Parámetros de irregularidad en planta .....                                                      | 63  |
| Figura 2.1.3-1 Irregularidades en altura .....                                                                   | 65  |
| Figura 2.2-1 Modelos para determinar las masas de los pisos .....                                                | 68  |
| Figura 2.2-2 Elementos que conforman cada nivel .....                                                            | 69  |
| Figura 2.3-1 Centros de cortante .....                                                                           | 71  |
| Figura 2.5-1 Fuerzas en el piso actuando en el centro de masa y su efecto de desplazamiento.....                 | 74  |
| Figura 2.5-2 Deflexiones iguales en las paredes.....                                                             | 75  |
| Figura 2.5-3 Deflexiones debido a la torsión .....                                                               | 75  |
| Figura 2.6.7.4-1. Coeficiente de amplificación $F_a$ del suelo para la zona de períodos cortos del espectro..... | 84  |
| Figura 2.6.7.4-2. Coeficiente de amplificación $F_v$ del suelo para la zona de períodos cortos del espectro..... | 84  |
| Figura 2.6.7.6-1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño .....                                             | 88  |
| Figura 2.7.3-1. Curva representativa del espectro elástico de aceleraciones .....                                | 93  |
| Figura 2.8.4-1 Viga de mampostería sometida a flexión .....                                                      | 100 |
| Figura 2.8.5-1. Elementos de borde .....                                                                         | 105 |
| Figura 3.2.1.2-1. Irregularidad del diafragma .....                                                              | 111 |
| Figura 3.2.1.2-2. Planta tipo del edificio .....                                                                 | 111 |
| Figura 3.2.1.2-3. Desplazamientos de los planos.....                                                             | 112 |
| Figura 3.2.3-1. Esquema Escalera Tipo.....                                                                       | 118 |
| Figura 3.2.3.1-1. Espesor de la unidad como modulo.....                                                          | 119 |
| Figura 3.2.3.1-2. Longitud de la unidad como módulo .....                                                        | 119 |
| Figura 3.2.4-1. Dimensiones bloque de ladrillo estructural .....                                                 | 124 |
| Figura 3.2.4-2. Geometría bloque de ladrillo estructural.....                                                    | 124 |
| Figura 3.2.6-1. Modelo para cálculo del centro de masas.....                                                     | 134 |
| Figura 3.2.6.2-1. División áreas de la losa de entrepiso.....                                                    | 137 |
| Figura 3.2.6.3-1. Planta de escalera tipo .....                                                                  | 138 |
| Figura 3.2.6.3-2. Perfil tramos inclinados.....                                                                  | 139 |
| Figura 3.2.6.4.1-1. Elementos estructurales de cubierta .....                                                    | 140 |
| Figura 3.2.6.4.1-2. Planta de cubierta tipo.....                                                                 | 141 |
| Figura 3.2.6.4.4-1. Geometría tanque de almacenamiento .....                                                     | 144 |
| Figura 3.2.7-1. Modelo para centros de rigidez de los elementos.....                                             | 154 |
| Figura 3.2.8.4.3-1. Espectro elástico de aceleraciones .....                                                     | 163 |
| Figura 3.2.8.4.6-1. Sismo en la dirección X.....                                                                 | 166 |
| Figura 3.2.8.4.6-2. Sismo en la dirección Y.....                                                                 | 167 |
| Figura 3.2.10.1.1-1. Distribución de áreas aferentes .....                                                       | 172 |
| Figura 3.2.10.2-1. Planta de áreas tributarias .....                                                             | 173 |



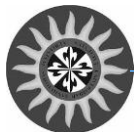
|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3.2.10.2-2. Planta de áreas tributarias cubierta .....  | 174 |
| Figura 3.2.11.2-1. Acción del sismo en la dirección Y .....    | 190 |
| Figura 3.2.11.2-2. Acción del sismo en la dirección Y .....    | 190 |
| Figura 3.3-1. Evaluación Irregularidad torsional en X .....    | 195 |
| Figura 3.3-2. Evaluación Irregularidad torsional en Y .....    | 196 |
| Figura 3.3.4-1. Localización de las barras de refuerzo di..... | 209 |
| Figura 3.3.5-1. Refuerzo Horizontal muro F (1-4).....          | 263 |
| Figura 3.3.5-2. Refuerzo Vertical muro F (1-4) .....           | 263 |
| Figura 3.5-1. Acción del cortante en la unión placa muro ..... | 291 |

## LISTA DE ILUSTRACIONES

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1.1.1-1. Pirámide de Keops-Egipto .....                       | 31 |
| Ilustración 1.1.2-1 Acueducto Romano .....                                | 32 |
| Ilustración 1.1.3-1 Pirámide azteca.....                                  | 32 |
| Ilustración 1.4.2-1. Proceso de prensado de unidades de mampostería ..... | 43 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1. Planta Arquitectónica .....                                        | 303 |
| Anexo 2. Planta de muros estructurales .....                                | 304 |
| Anexo 3. Planta de muros culata .....                                       | 305 |
| Anexo 4. Planta de cubierta.....                                            | 306 |
| Anexo 5. Planta vigas de amarre .....                                       | 307 |
| Anexo 6. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales primer piso.....  | 308 |
| Anexo 7. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales segundo piso..... | 309 |
| Anexo 8. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales tercer piso.....  | 310 |
| Anexo 9. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales cuarto piso.....  | 311 |
| Anexo 10. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales quinto piso..... | 312 |



## NOMENCLATURA

Con el ánimo de situar al lector, es necesario definir la nomenclatura necesaria acorde con la NSR-10 y que se tendrá en cuenta como referencia para aclarar y definir las variables presentes en este documento.

**A** = Área transversal de la sección del muro.

**a** = Profundidad del bloque equivalente a compresión

**ab**= Profundidad del bloque equivalente a compresión para condiciones balanceadas.

**Ac** = Área de una celda.

**Ac** = Suma de las áreas efectivas de los muros estructurales en el primer nivel de la estructura en la dirección en estudio.

**Ae** = Área mínima de cortante en la sección de un muro estructural, medida en un plano horizontal, en el primer nivel de la estructura en la dirección en estudio.

**Ae** = Área efectiva del muro (ver D.5.4.1 NSR-10).

**Amv**= Área efectiva de cortante (ver D.5.4.5.NSR-10).

**As** = Área de acero de la sección.

**Asi** = Área de la barra de acero i.

**Asmax** = Área de acero máxima a tensión.

**A's**= Área de acero a compresión.

**b** = Ancho de la sección.

**b** = Ancho efectivo del muro (espesor sólido equivalente).

**Beq**=Espesor sólido equivalente del muro.

**C** = Fuerza de compresión.

**cb**= Profundidad de la zona a compresión.

**Cm**= Fuerza de compresión en la mampostería.

**Cp** =Coeficiente de presión que depende de forma del edificio.

**Csi** = Fuerza de compresión en la barra de acero i.

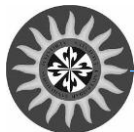
**Cvi**= Coeficiente que se utiliza para distribuir el cortante basal en los pisos.

**D** = Carga muerta.

**d** = peralte del refuerzo.

**De** = Longitud horizontal de un muro estructural, en el primer nivel de la estructura.

**di** = Peralte de la barra de acero i.



**$D_{xi}$**  = Distancia en la dirección X entre el centroide del muro i y el centro de rigidez del nivel.

**$D_{yi}$**  = Distancia en la dirección Y entre el centroide del muro i y el centro de rigidez del nivel.

**$d'$**  = Peralte del refuerzo a compresión.

**$D_e$**  = Longitud horizontal de un muro estructural, en el primer nivel de la estructura.

**$d_i$**  = Peralte de la barra de acero i.

**$D_{xi}$**  = Distancia en la dirección X entre el centroide del muro i y el centro de rigidez del nivel.

**$D_{yi}$**  = Distancia en la dirección Y entre el centroide del muro i y el centro de rigidez del nivel.

**$d'$**  = Peralte del refuerzo a compresión.

**$E$**  = Fuerza sísmica de diseño.

**$e$**  = Espesor nominal del muro.

**$e_j$**  = Capacidad de compresibilidad o elongación del material sellante.

**$E_m$**  = Modulo de elasticidad de la mampostería.

**$e_q$**  = Espesor solido equivalente de la unidad de mampostería.

**$E_s$**  = Modulo de elasticidad del acero.

**$E_v$**  = Modulo a cortante de la mampostería.

**$e_{x \text{ Accidental}}$**  = Excentricidad accidental en X.

**$e_x$  ( $c_r \neq c$ )** = Excentricidad en X debido a la no coincidencia del centro de masas y el centro de rigidez.

**$e_{x \text{ Total}}$**  = Excentricidad total en X.

**$e_{y \text{ Accidental}}$**  = Excentricidad accidental en Y.

**$e_y$  ( $c_r \neq c$ )** = Excentricidad en Y debido a la no coincidencia del centro de masas y el centro de rigidez.

**$e_{y \text{ Total}}$**  = Excentricidad total en Y.

**$F$**  = Es la fuerza cortante aplicada al muro.

**$F_i$**  = Fuerza horizontal equivalente en el nivel i.

**$FME$**  = Fundamentos de la Mampostería Estructural (El presente trabajo).

**$f_m$**  = Esfuerzo de compresión en la fibra ultima de mampostería.

**$f_r$**  = Modulo de ruptura de la mampostería.

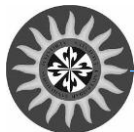
**$F_{si}$**  = Fuerza en la barra de acero i.

**$f_{si}$**  = Esfuerzo de la barra de acero i.

**$F_{sismica}$**  = Fuerzas que se obtienen del análisis sísmico

**$F_x, F_y$**  = Fuerza de piso en la dirección X y Y respectivamente.

**$F_{xi}$**  = Fuerza distribuida del muro i en X.



$F_{yi}$  = Fuerza distribuida del muro  $i$  en  $Y$ .

$f_y$  = Esfuerzo de fluencia en el acero.

$f'_{c'p}$  = Resistencia a la compresión del mortero de pega.

$f'_{c'p}$  = Resistencia a la compresión del mortero de pega.

$f'_{c'r}$  = Resistencia a la compresión del mortero de relleno.

$f'_{c'u}$  = Resistencia a la compresión de la unidad de mampostería.

$f'_m$  = Resistencia a la compresión de la mampostería.

$f_s'$  = Esfuerzo del refuerzo a compresión.

$G$  = Modulo de cortante.

$g$  = Gravedad.

$H$  = Carga debido a presión de tierras.

$h$  = Altura del muro

$h$  = Altura de la unidad de mampostería en mm

$h_i$  = Altura del nivel  $i$ .

$h_n$  = Altura total del edificio.

$h_{pi}$  = Altura de piso.

$h'$  = Altura efectiva del muro.

$I$  = Momento de inercia de la sección transversal.

$K$  = Coeficiente relacionado con el periodo fundamental del edificio.

$K$  = Rigidez lateral de un muro.

$K_e$  = Coeficiente de expansión del mortero.

$K_p$  = Factor de corrección por la absorción de la unidad.

$K_t$  = Coeficiente de expansión térmica.

$L$  = Carga viva

$L_w$  = Longitud total del muro.

$l_w$  = Longitud del muro en mm o m

$L_x$  = Máxima dimensión del edificio en  $X$ .

$L_y$  = Máxima dimensión del edificio en  $Y$ .

$M$  = Masa total del edificio.

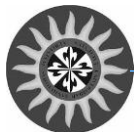
$M_b$  = Momento balanceado.

$M_{bu}$  = Momento balanceado reducido.

$M_{cr}$  = Momento crítico.

$m_i$  = Masa del nivel  $i$ .

$M_n$  = Momento nominal.



**$M_T$**  = Momento torsional.

**$M_{Tx}$**  = Momento torsional debido a la acción del sismo en X.

**$M_{Ty}$**  = Momento torsional debido a la acción del sismo en Y.

**$M_u$**  = Momento ultimo requerido.

**$M_{vol}$**  = Momento de volcamiento.

**$P$**  = Carga unitaria horizontal aplicada en el extremo superior del muro.

**$P_b$**  = Carga axial balanceada.

**$P_{bu}$**  = Carga balanceada reducida.

**$P_i$**  = Carga vertical total de servicio del piso.

**$P_n$**  = Carga axial nominal.

**$P_o$**  = Carga axial máxima teórica.

**$P_u$**  = Carga axial ultima.

**$Q_i$**  = Índice de estabilidad del piso i.

**$r$**  = Relación entre el área neta y el área bruta de las unidades.

**$R_m$**  = factor para hallar la resistencia a la compresión de la mampostería.

**$R_o$**  = Coeficiente básico de disipación de energía

**$R_{xi}$**  = Rigidez del muro i en X.

**$R_{yi}$**  = Rigidez del muro i en Y.

**$S_a$**  = Espectro de aceleraciones de diseño.

**$T$**  = Fuerza de tensión.

**$t$**  = Espesor efectivo del muro.

**$T_c$**  = Periodo corto de oscilación.

**$T_L$**  = Periodo largo de oscilación.

**$T_{si}$**  = Fuerza de tensión en la barra de acero i.

**$V_i$**  = Fuerza cortante en el piso i.

**$V_n$**  = Cortante nominal.

**$V_s$**  = Cortante en la base de la edificación

**$V_s$**  = Velocidad del viento

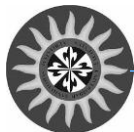
**$V_s$**  = Esfuerzo cortante en el acero.

**$V_u$**  = Fuerza cortante ultima.

**$V_x$**  = Fuerza cortante en X.

**$V_y$**  = Fuerza cortante en Y.

**$W$**  = Carga de viento.



$W_i$  = Peso del elemento en estudio.

$W_J$  = Ancho de la junta de expansión.

$X_{CM}$  = Coordenada X del centro de masas del conjunto de elementos.

$X_{CR}$  = Coordenada X del centro de rigidez del conjunto de muros.

$X_i$  = Centroides en X del muro i.

$X_o$  = Distancia en X hasta el centroide de cada muro.

$X_i$  = Distancia en X del centroide del elemento.

$Y_{CM}$  = Coordenada Y del centro de masas del conjunto de elementos.

$Y_{CR}$  = Coordenada Y del centro de rigidez del conjunto de muros.

$Y_i$  = Centroides en Y del muro i.

$Y_o$  = Distancia en Y hasta el centroide de cada muro.

$Y_i$  = Distancia en Y del centroide del elemento.

$\alpha$  = Coeficiente de forma.

$\Delta$  = Desplazamiento del muro debido a la carga F.

$\Delta_F$  = Desplazamiento por flexión en un muro.

$\Delta_{MAX}$  = Deriva máxima.

$\Delta T$  = Cambio de temperatura que experimenta la mampostería.

$\Delta_T$  = Desplazamiento total en un muro.

$\Delta_v$  = Desplazamiento por cortante en un muro.

$\delta_i$  = Desplazamiento horizontal en el nivel i debido a las fuerzas  $f_i$ .

$\delta_{pd}$  = Desplazamiento debido a los efectos p-delta.

$\delta_{ROT X}$  = Desplazamiento por rotación en X.

$\delta_{ROT Y}$  = Desplazamiento por rotación en Y.

$\delta_{TOT}$  = Desplazamiento total.

$\delta = \delta_{TRLX}$  Desplazamiento por traslación en X.

$\delta = \delta_{TRLY}$  Desplazamiento por traslación en Y.

$\epsilon_{mu}$  = Deformación axial última de la mampostería.

$\epsilon_{si}$  = Deformación de la barra de acero i.

$\phi_a$  = Coeficiente que tiene en cuenta irregularidades en altura

$\phi_P$  = Coeficiente que tiene en cuenta irregularidades en planta

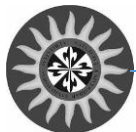
$\theta$  = Ángulo de rotación del piso.

$\rho$  = Cuantía de acero de refuerzo.

$\rho_b$  = Cuantía de acero para condiciones balanceadas.

$\rho_n$  = Cuantía de refuerzo horizontal para cortante medida sobre una sección perpendicular al área efectiva de cortante  $A_{mv}$ .

#  $CL_{llenas}$  = Número de celdas llenas en el muro.

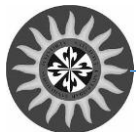


# **C Totales** = Numero de celdas totales en el muro.

# **C vacías** = Numero de celdas vacías en el muro.

$\sum R_x$  = Suma de las rigideces en X, de los muros orientados paralelamente al eje X.

$\sum R_y$  = Suma de las rigideces en Y, de los muros orientados paralelamente al eje Y.



## 1. GENERALIDADES DE LA MAMPOSTERÍA

La mampostería estructural pretende ser un elemento de funcionamiento estructural monolítico<sup>1</sup>, que dada la disposición adecuada de los mampuestos unidos a través de mortero, básicamente conforma un sistema de elementos ensamblados con las funciones básicas de cualquier otro elemento estructural que tenga las propiedades de recibir y transmitir los esfuerzos mecánicos solicitados por los otros elementos estructurales sin presentar fallas en su estructura o deformaciones considerables.

En un principio, la mampostería estructural utilizó roca labrada unida con mortero hecho de cal que a veces adoptaba las características pétreas de la arcilla endurecida, unida con mortero o aún con la misma arcilla. Aprovechando las características pétreas del hormigón, la utilización de bloques de hormigón unidos con mortero es un procedimiento utilizado comúnmente en la construcción de edificaciones, lo que acorde a las propiedades de los agregados y materiales que forman el hormigón (mortero), mejora las características mecánicas de la mampostería según el tipo de bloque utilizado.

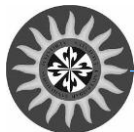
La mampostería puede ser de piedras naturales (areniscas, basaltos, mármol, etc.) o artificiales (arcillas, concreto, silicio calcáreo, etc.) y su presentación es diversa, por ejemplo al natural, en el caso de piedras, o en formas de tabiques y bloques, tanto macizos como huecos, en el caso de la arcilla y el concreto.

Desde el punto de vista estructural, la mampostería puede utilizarse fundamentalmente para dos cosas: como sistema de construcción, cuando el elemento estructural que forma, debe soportar su propio peso, las cargas horizontales y las verticales actuantes sobre sus planos; y como elemento no estructural, cuando su función es servir como elemento arquitectónico, es decir, en divisiones de espacios o como elemento decorativo.

La palabra mampostería proviene del vocablo “MAMPUESTO” que significa colocado con las manos, lo que define en esencia el mecanismo de fabricación del sistema, de ahí que este sistema constructivo haya sido utilizado desde tiempos primitivos, ya que no necesita de herramientas y maquinas sofisticadas, sino del

---

<sup>1</sup> Uriel Gallego Andrés. Mampostería Estructural. Universidad Nacional, Medellín 1989.



adecuado trabajo de la mano de obra, por lo cual se cree que posiblemente fue el primer “sistema con fines estructurales” utilizado en la antigüedad<sup>2</sup>.

## **1.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA**

Las evidencias históricas de la mampostería constan y datan del año 1513 a.C. el libro del Génesis, hace mención a la utilización de este material para la construcción de las estructuras que los antiguos utilizaban en sus ciudades y pueblos. En un principio se utilizó la piedra labrada y tallada con el fin de acomodarla con algún propósito, como la construcción de refugios característicos de la edad de piedra (4000 a 3000 años a.C).

Con el pasar del tiempo y la invención y utilización de materiales aglomerantes, los constructores lograron la mejor colocación y disposición de los bloques de piedra con el fin de lograr mayor estabilidad y dimensión en sus estructuras.

Hay evidencia de la fabricación de piezas de mampostería elaboradas con barro en la India antigua, el Oriente Medio, Africa del norte, y América del norte y central. Pero quizás las primeras unidades secadas al sol fueron formadas hace casi 10.000 años en lo que ahora es Irak.

La invención del molde es atribuida a los sumerios, en el cuarto milenio antes de Cristo, a partir de aquí se facilitó la producción de piezas lográndose obtener tamaños y formas prácticamente iguales y a gusto del fabricante de manera rápida<sup>3</sup>.

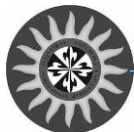
A través de los siglos, las muestras del desarrollo de las civilizaciones son evidentes a partir del uso de la mampostería, destacándose de éstas las siguientes:

### **1.1.1. Civilización Egipcia**

---

<sup>2</sup> Fundamentos y Aplicación de la Mampostería Estructural, Mendoza-Martínez Universidad de Sucre, 2007.

<sup>3</sup> Mampostería estructural, Oscar Javier Gutiérrez Junco, Uniandes 2003



La majestuosidad de sus construcciones es evidente con sólo observar las pirámides de Keops, Kefren y Micerino; Las mayores construcciones realizadas por el hombre, con la extracción, tallado y transporte de bloques de piedra con un peso aproximado de 2,5 a 60 toneladas y que su número equivale a 2'300.000 bloques de piedra, fijados con mortero y revestidos de yeso y cal, conformando una base cuadrada y 143.5 m de altura.

Ilustración 1.1.1-1. Pirámide de Keops-Egipto



Fuente: Página web Wikipedia

### 1.1.2. Civilización Romana

Quizás el auge del uso de la mampostería en las construcciones se vió reflejado con los Romanos. Éstos alcanzaron un gran desarrollo técnico en la utilización de la mampostería reflejado en monumentos y obras públicas que perduran en la actualidad, como el Acueducto de Segovia, el Coliseo Romano y el Puente de Gard en Francia. Además crearon diferentes sistemas constructivos de muros e inventaron el mortero de cemento.

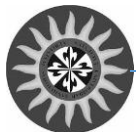


Ilustración 1.1.2-1 Acueducto Romano



Fuente: [www.thehouseofblogs.com](http://www.thehouseofblogs.com)

### 1.1.3. América

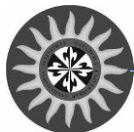
En las antiguas civilizaciones Americanas como los Incas, Aztecas y Mayas se tienen también extraordinarias obras en mampostería de piedra como Machu Pichu, Copan, Tikal y Tenochtitlán.

Ilustración 1.1.3-1 Pirámide azteca



Fuente: [mitocurro.blogspot.com](http://mitocurro.blogspot.com)

Durante la década de los 80, la ausencia total de normas y reglamentos tanto de fabricación, como de construcción de elementos de mampostería, hacían anárquico y riesgoso su empleo como elemento de construcción. Esta situación, dio paso a la elaboración de manuales en donde se incluyó a la mampostería como sistema de construcción, como por ejemplo, el manual de construcción en mampostería, elaborado por el Instituto Colombiano de Productores de Cemento.



El 7 de junio de 1984 se expidió por medio del Decreto 1400 de 1984 la primera normativa colombiana de construcciones sismoresistentes. Este documento fue una respuesta a la tragedia en víctimas y daños materiales que constituyó el sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983. Dado que se trataba de un decreto de facultades extraordinarias autorizado por la Ley 11 de 1983, su actualización tecnológica no era posible sin una nueva ley que la autorizara.

A raíz de los desastres naturales ocurridos durante la década, se entendió la necesidad de realizar investigaciones sobre el comportamiento de la mampostería en eventos sísmicos, que se concretaron con el apoyo académico de universidades colombianas con facultades de ingeniería, la Sociedad Colombiana de Ingenieros (SCI), la AIS, el Fondo Nacional de Atención de Desastres (FONADE), Planeación Nacional y en general todas las entidades relacionadas con la industria de la construcción.

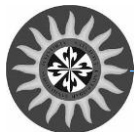
El diseño y construcción de estructuras de mampostería reforzada era nuevo en el país cuando se expidió el Reglamento de 1984. En el momento existían algunos documentos de cómo utilizar el ladrillo de arcilla producido en el país con fines estructurales. El Reglamento de 1984 incluyó un Título de diseño y construcción de mampostería de bloque de perforación vertical de inspiración norteamericana y requisitos para el diseño y construcción de mampostería confinada inspirados por la experiencia nacional en este tipo de mampostería y resultados de ensayos experimentales nacionales y extranjeros, principalmente mexicanos.

Para el tema de diseño sismo resistente de estructuras de mampostería reforzada, este se reafirma con el tratado de Englekirk y Hart<sup>4</sup>. Estos principios son llevados al documento ACI 530. Lo contenido actualmente en el ACI 530-08 corresponde a los requisitos más modernos y efectivos en el tema a nivel mundial.

A mediados de la década de 1990 se emprendieron las gestiones ante el legislativo para crear una Ley marco que regulara los temas afines con las construcciones sismoresistentes y permitiera realizar actualizaciones periódicas sin tener que recurrir al Congreso cada vez que hubiese necesidad de actualizar la reglamentación. En el año 1997 se expidió por parte del Congreso de la República

---

<sup>4</sup> Englekirk, R. E., y G. C. Hart, 1982, *Earthquake Design of Concrete Masonry Buildings*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs NJ., USA.



la Ley 400 por medio de la cual se reguló el tema de sismo resistencia de las edificaciones colombianas<sup>5</sup>.

La ley 400 de 1997, procurando poner fin a la anarquía que existía en las mencionadas décadas, reglamentó los siguientes aspectos fundamentales para que el país disponga de una reglamentación de construcción sismo resistente moderna y actualizada en todo momento:

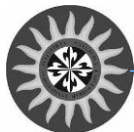
- Fija el objeto, alcance, excepciones, definiciones, responsabilidades profesionales y otros temas afines. (Título I a V – Artículos 1 a 22).
- Define los profesionales que pueden realizar las labores de diseño, revisión de los diseños, construcción y supervisión técnica, sus cualidades y calidades. (Título VI – Artículos 23 a 38).
- Crea la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, define su conformación y funciones. (Título VII – Artículos 39 a 44).
- Define en detalle el temario técnico y científico del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y autoriza al presidente a expedir por medio de decretos actualizaciones periódicas previo visto favorable de la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. (Título VIII – Artículos 45 a 49).
- Define las responsabilidades y sanciones, fija unos plazos para realizar los análisis de vulnerabilidad sísmica y la actualización de edificaciones indispensables y de atención a la comunidad, (Títulos IX y X – Artículos 50 a 56). Con la utilización de este sistema en numerosas construcciones.

## **1.2. USOS DE LA MAMPOSTERÍA EN LA ACTUALIDAD**

En la actualidad el uso de la mampostería se ve reflejado en construcciones de tipo residencial, comercial, edificios de oficinas, entre otras. En cuanto a las

---

<sup>5</sup> NSR-10



construcciones de tipo residencial, se ha observado un aumento significativo del uso de la mampostería en viviendas de interés social de nivel bajo, medio y alto por las ventajas que el sistema presenta en cuanto a economía y rapidez en la construcción<sup>6</sup>.

En edificaciones destinadas a oficinas y apartamentos, su uso se está incrementando, ya que en este tipo de construcciones se conservan inmodificables los espacios arquitectónicos, permitiendo el óptimo comportamiento estructural de estas edificaciones.

### 1.3. TIPOS DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (7)

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10), en su título D denominado **MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL**, reconoce y define los siguientes tipos de mampostería:

**1.3.1. MAMPOSTERÍA DE CAVIDAD REFORZADA** Es la construcción realizada con dos paredes de piezas de mampostería de caras paralelas reforzadas o no, separadas por un espacio continuo de concreto reforzado, con funcionamiento compuesto y que cumple los requisitos mínimos de diseño. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sísmico resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico o especial (*DES*).

---

<sup>6</sup> Fundamentos y Aplicación de la Mampostería Estructural, Mendoza-Martínez Universidad de Sucre, 2007.

<sup>7</sup> Tomado y adaptado del título D de la norma NSR-10

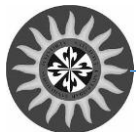
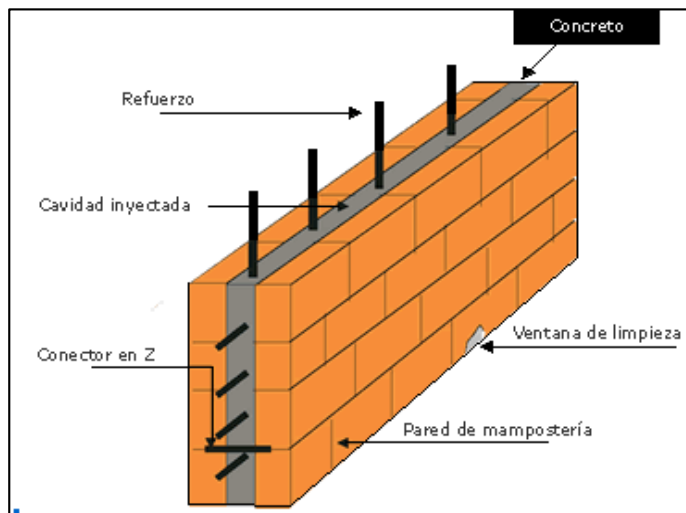


Figura 1.3-1. Mampostería de Cavity Reinforced



Fuente: Revista Construdata, ISSN 2322-6552, 2001

**1.3.2. MAMPOSTERÍA REFORZADA** Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple los requisitos mínimos de diseño.

Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico (*DES*) cuando todas sus celdas se inyectan con mortero de relleno o cuando se cumpla con los requisitos mínimos de refuerzo y área mínima del mismo, y como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (*DMO*) cuando sólo se inyectan con mortero de relleno las celdas verticales que llevan refuerzo.

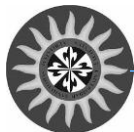
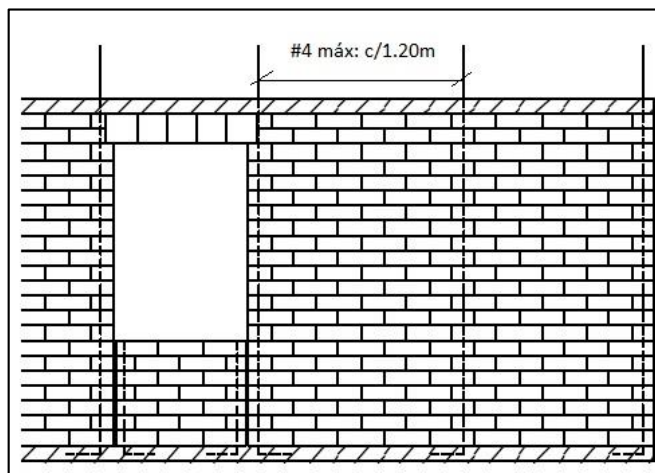


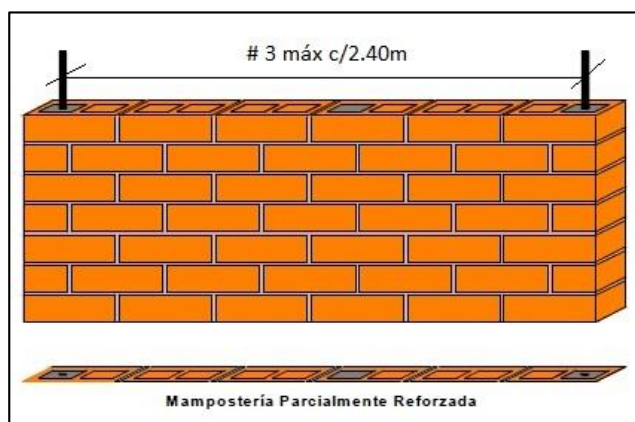
Figura 1.3-2. Mampostería Reforzada



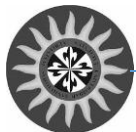
Fuente: Mampostería Estructural, Oscar Gutiérrez – Uniandes 2003

**1.3.3. MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE REFORZADA** Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple los requisitos del capítulo D.8. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (*DMO*).

Figura 1.3-3. Mampostería parcialmente Reforzada

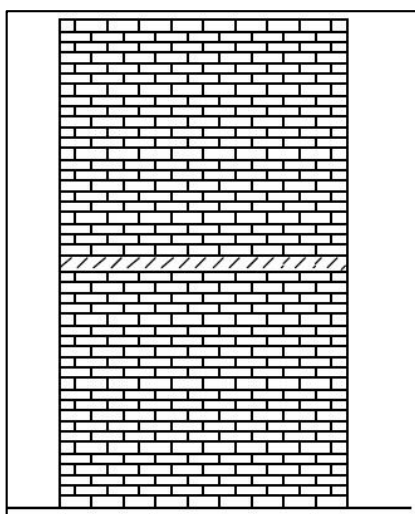


Fuente: Metodologías de diseño de mampostería estructural basadas en la NSR-98, Sánchez Cantillo- UIS 2004



**1.3.4. MAMPOSTERÍA NO REFORZADA** Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero que no cumple las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada. Debe cumplir los requisitos del capítulo D.9. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (*DMI*).

Figura 1.3-4 Mampostería no Reforzada



Fuente: Mampostería Estructural, Oscar Gutiérrez – Uniandes 2003

**1.3.5. MAMPOSTERÍA DE MUROS CONFINADOS** Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado contruidos alrededor del muro, confinándolo y que cumple los requisitos del capítulo D.10. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (*DMO*).

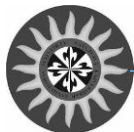
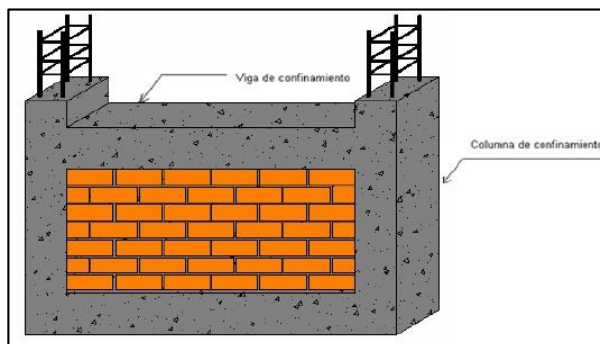


Figura 1.3-5. Mampostería de Muros Confinados



Fuente: Metodologías de diseño de mampostería estructural basadas en la NSR-98, Sánchez Cantillo- UIS 2004

**1.3.6. MAMPOSTERÍA DE MUROS DIAFRAGMA** Se llaman muros diafragma de mampostería a aquellos muros colocados dentro de una estructura de pórticos, los cuales restringen su desplazamiento libre bajo cargas laterales. Los muros diafragma deben cumplir los requisitos del capítulo D.11.

Este tipo de construcción no se permite para edificaciones nuevas, y su empleo sólo se permite dentro del alcance del Capítulo A.10, aplicable a la adición, modificación o remodelación del sistema estructural de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento, o de la evaluación de su vulnerabilidad sísmica.

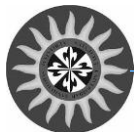
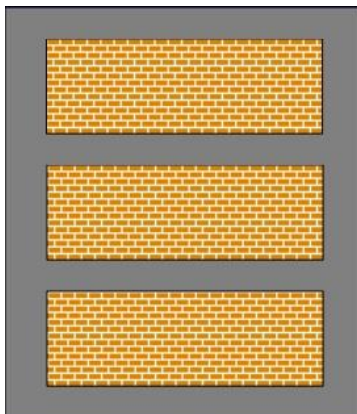


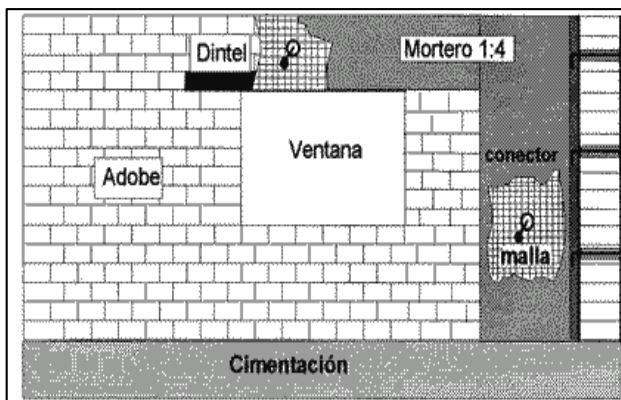
Figura 1.3-6. Mampostería de Muros Diafragma



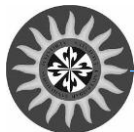
Fuente: Mampostería estructural, División Educacional Ingeniería del Concreto LTDA

**1.3.7. MAMPOSTERÍA REFORZADA EXTERNAMENTE** Es la construcción de mampostería en donde el refuerzo se coloca dentro de una capa de revoque (pañete) fijándolo al muro de mampostería mediante conectores y/o clavos y cumple con los requisitos descritos en D.12. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (*DMI*).

Figura 1.3-7. Mampostería reforzada Externamente



Fuente: <http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1KMYDRJ4D-1G47RGD-1R1C/refrozado%20externamente.gif>



## 1.4. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

Las unidades de mampostería que se utilizan en la construcción de muros de mampostería estructural son piezas de forma paralelepípeda, elaboradas principalmente en arcilla cocida, concreto, sílice-cal y piedra que cumplen requisitos dimensionales y de resistencia.

Debido a sus propiedades individuales y en conjunto, el comportamiento de la mampostería estructural es muy variable, lo que hace necesario realizar ensayos a las piezas individuales, morteros, muretes y prismas elaborados con mampostería. Los requisitos con los que deben cumplir estos elementos, se encuentran descritos en el capítulo D.3 (Calidad de los materiales en la mampostería estructural) de la NSR-10.

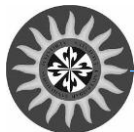
### 1.4.1. Materia prima

La materia prima para la fabricación de unidades de mampostería, no es la arcilla misma, sino una mezcla de ésta con otros componentes. Estos componentes se usan en cantidades menores, con el objeto de controlar las contracciones y los agrietamientos de la mezcla durante el proceso de secado y cocción.

Los tipos más comunes de arcilla para la elaboración de unidades de mampostería son: arcillas calcáreas que tienen un 15% de carbonatos de calcio y que en el proceso de cocido adquieren un color amarillo, y las arcillas no calcáreas (las de silicato de alúmina) que presentan del 2 al 10 % de óxido de hierro y feldespatos, éstas adquieren un color rojo cuando se cocinan (son las más conocidas en nuestro medio).

La arcilla representa por lo general el 67% de la mezcla, y el otro 33% es arena, limos y otros materiales. Estos componentes adicionales son conocidos con el nombre de desgrasantes y algunas granulometrías de éstos son:

- Arena o arenisca, la granulometría para este material se encuentra en el rango de 50 a 500 micras.



- “Chamote” material desechado después de la cocción y triturado para reutilizarse. La granulometría oscila entre 80 y 800 micras. Su comportamiento es inerte en el secado.
- Otros materiales usados son serrín de madera y cenizas volcánicas.

#### **1.4.2. Fabricación**

Para la fabricación de unidades, es necesario contar con un estudio geológico que permita determinar la estratificación, calidad y tipos de arcillas en el terreno. Cuando se ha extraído la arcilla, ésta se debe humectar por lo menos seis meses, para que se ablande y se estabilice química y físicamente, al eliminar mediante procesos de oxidación la mayor cantidad de sustancias solubles, mejorando la trabajabilidad de la arcilla.

La materia prima según 2.1.1, cuando es macerada y mezclada, se reduce de tamaño mediante el uso de molinos y trituradores. Realizado este proceso la materia prima se moldea. Existen dos métodos de moldeo, que comúnmente se usan:

- Método de barro plástico: en éste el contenido de agua utilizado para la arcilla oscila entre un 15 y 20%. Una vez que la pasta ha alcanzado estos valores se pasa por la extrusora.
- Método del moldeo en seco: el contenido de agua en este método oscila entre un 4 y 7%, y debe tenerse cuidado de triturar finamente las arcillas y de someterlas a un secado previo. Una vez la pasta ha obtenido la consistencia adecuada esta es prensada.

En el proceso de prensado, las unidades quedan listas para ser secadas, por el contrario si fueran extruidas necesitarían antes ser cortadas. El proceso es por medio de prensas, o sea por medio de compactación. La prensa es una máquina giratoria que tiene un molde completamente vacío. A medida que la prensa gira se va llenando el molde de arcilla hasta hacerlo quedar completamente lleno al nivel de su parte superior con ayuda de un raspador. Por medio de unas válvulas se le ejerce presión del orden de 100 bar al molde lleno para generar la compactación.

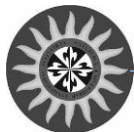


Ilustración 1.4.2-1. Proceso de prensado de unidades de mampostería



Fuente: Página de Internet [www. Anfalit.org](http://www.Anfalit.org).

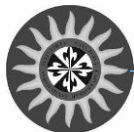
El secado es una de las fases más delicadas y trascendentales en la fabricación de la unidad. Es una operación compleja, ya que en ella convergen muchos factores como son: naturaleza de la arcilla, grado de preparación y homogenización, esfuerzos ocurridos durante el moldeo, diseño y formato de la unidad, aire y temperatura.

El secador funciona con aire extraído del horno el cual por medio de unos ventiladores es recirculado con presión por el secador hasta saturarlo de humedad, momento en el cual es enviado al medio ambiente. El material en esta etapa ingresa con 30-40 °C de temperatura, la máxima temperatura es 150-180 °C y desciende al final del proceso a unos 90 °C, temperatura con la que sale del secador.

### 1.4.3. Tipos de unidades de mampostería

Las unidades de mampostería utilizadas en las construcciones generalmente son elaboradas de cerámica (arcilla cocida), concreto, sílico-calcáreas o de piedra. Según su tamaño, las unidades son denominadas **Ladrillos y Bloques**. Los ladrillos son aquellos que pueden ser manipulados y asentados con una sola mano; y los bloques, cuando por su peso y dimensiones, tienen que ser manipulados con ambas manos.

#### 1.4.3.1. Unidades de arcilla cocida



Las unidades de arcilla, son aquellas piezas que se obtienen a partir de la extracción, mezclado, moldeado, quemado y posterior secado de las materias primas y minerales que conforman la arcilla, como lo son las arcillas calcáreas<sup>8</sup>. Las unidades de arcilla que se utilizan en el diseño y construcción de mampostería, deben cumplir con lo establecido en el numeral D.3.6.2.2 de la NSR-10.

#### 1.4.3.2. Unidades de concreto

Las unidades de concreto son aquellas fabricadas a partir de la mezcla de cemento, arena, agua y agregados; que luego se vierte en moldes según disponga su uso y el fabricante. El moldeado de la mezcla luego es curado con calor en cámaras especiales, lo que le otorga al bloque las características requeridas para su uso.

#### 1.4.3.3. Unidades sílico-calcáreas

Las unidades sílico-calcáreas son aquellas que su materia prima consiste en un 10% de cal hidratada y arena con un 75% de sílice. Igual que las piezas de concreto, La mezcla de las materias primas es vertida en moldes especiales, para su respectivo secado y curado. El proceso de moldeo de estas unidades se realiza con prensas mecánicas o hidráulicas.

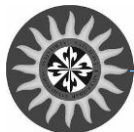
Las unidades sílico-calcáreas deben cumplir con las normas y especificaciones dispuestas en D.3.6.2.3 de la NSR-10.

Figura 1.4.3.3-1. Tipos de unidades según material



Fuente: Mampostería Estructural, Oscar Gutiérrez – Uniandes 2003

<sup>8</sup> Las arcillas calcáreas utilizadas en la fabricación de unidades de arcilla cocida se clasifican en dos: Calcáreas y no calcáreas. La primera contiene un 15% de carbonato de calcio, lo que le da el color amarillento a la pieza; en la segunda predomina el silicato de alúmina con un 5% de óxido de hierro, lo que le otorga el color rojizo.



#### 1.4.4. Clasificación física

Las unidades de mampostería se clasifican en tres grupos: unidad bloque (con perforaciones horizontales y verticales) y unidad tolete (maciza o con perforaciones menores del 25% del volumen de la pieza).

Según la NTC 4205, existen tres tipos de unidades de mampostería que son:

- Unidades de mampostería de perforación vertical (UPV), llamadas ladrillos: son aquéllas que tienen celdas o perforaciones perpendiculares a la cara o superficie que se asienta en el muro. Debe tener un área neta de celdas medida en cualquier dirección a sus ejes no mayor del 65% de área bruta en esa misma sección.

Figura 1.4.4-1. Unidades de perforación vertical



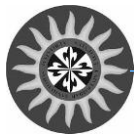
Fuente: materiales constitutivos de la mampostería, UniMinuto

- Unidades de mampostería de perforación horizontal (UPH), llamadas bloques: son aquéllas con celdas paralelas a la cara que se asienta en el muro.

Figura 1.4.4-2. Unidad de perforación horizontal

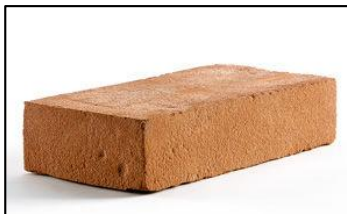


Fuente: materiales constitutivos de la mampostería, UniMinuto



- Unidades de mampostería macizas (UM), llamadas ladrillos: son aquellas mampuestos aligerados con pequeñas perforaciones menores del 25% del volumen, o que no tengan ninguna perforación.

Figura 1.4.4-3. Unidad maciza



Fuente: página web: <http://marzua.blogspot.com/>

Es necesario aclarar que las fábricas de estas unidades tienen diferentes productos de diferentes características tanto de producción como de propiedades físicas (color, textura, espesor, absorción expansión, contracción, aislamiento térmico y acústico) y mecánicas (Resistencia a la compresión, flexión, corte).

En general, cada empresa tipifica sus productos con diferentes referencias, en consecuencia los nombres de las unidades varían según el fabricante.

## 1.5. MORTEROS

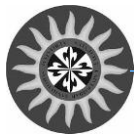
### 1.5.1. Mortero de pega

La definición más adecuada de un mortero de pega es la siguiente: “Mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland y/o otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y es ampliamente utilizado para pegar unidades de mampostería en la construcción de muros”<sup>9</sup>.

El mortero es un elemento esencial de la mampostería estructural, que consiste en una mezcla fluida de agregados y material cementante, capaz de penetrar en todas las cavidades del muro sin sufrir segregación; este se adhiere a las

---

<sup>9</sup> SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero, 3ª Edición, Bhandar Editores LTDA, Colombia, 1996.



unidades de mampostería y a las barras de refuerzo para que conjuntamente soporten las cargas a las cuales va a estar sometido el muro.

### **1.5.1.1. Componentes**

#### **1.5.1.1.1. Cemento y cal**

Cualquier sustancia que aglutine materiales puede considerarse como cemento. Hay muchos tipos de cementos, pero en construcción el término “cementos” se refiere a agentes que se mezclan con agua u otro líquido, o con ambos, para obtener una pasta aglutinante. Inicialmente, una masa de partículas cubierta con la pasta está en estado plástico y puede conformarse, o modelarse, en varias formas. Esta mezcla puede tenerse por material cementoso porque puede aglutinar otros materiales.

El cemento utilizado en la elaboración del mortero de pega debe estar en condiciones apropiadas y debe corresponder en su tipo y clase a aquel sobre el cual se basan las dosificaciones. Si se usa cal en la preparación del mortero, ésta debe ser cal hidratada y debe verificarse que no sea perjudicial a ninguna de las propiedades específicas del mortero.

Las normas que deben cumplir tanto la cal como el cemento son las siguientes:

Cemento Pórtland: NTC 121 y NTC 321 (ASTM C150).

Cemento para Albañilería: NTC 4050 (ASTM C91).

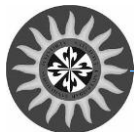
Cal Viva: NTC 4046 (ASTM C5).

Cal Hidratada: NTC 4019 (ASTM C270).

#### **1.5.1.1.2. Agregados**

La arena utilizada en el mortero de pega deber estar limpia y bien gradada. Su selección depende de la disponibilidad de ella en la zona (depósitos aluviales, cantera, etc.).

Como al mortero de pega se le exige que tenga la propiedad de retener el agua, se necesita una arena con una granulometría especial. Esta granulometría está



basada según el tipo de arena, natural o de trituración. Por lo general las arenas naturales (depósitos sedimentarios o aluviales) producen morteros de resistencias más altas que las arenas de trituración (de peña o cantera). Esto se debe principalmente a que las arenas de peña tienen un alto contenido de arcilla.

La arcilla le da a la arena la capacidad de retener agua y cohesión, y es por esta razón que su uso es bastante apreciado por los mamposteros. Sin embargo, la arcilla es inconveniente para el buen comportamiento del cemento, ya que por el tamaño de sus partículas puede bloquear la acción entre dos partículas de cemento, con lo cual la pasta pierde resistencia. Por otro lado la arcilla puede sufrir grandes cambios volumétricos con la variación en su contenido de humedad, lo cual perjudica el mortero.

Tabla 1.5.1.1.2-1. Granulometría arena

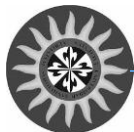
| Tamiz N° | Porcentaje que Pasa |                      |
|----------|---------------------|----------------------|
|          | Arena Natural       | Arena de Trituración |
| No. 4    | 100                 | 100                  |
| No. 8    | 95 a 100            | 95 a 100             |
| No. 16   | 70 a 100            | 70 a 100             |
| No. 30   | 40 a 75             | 40 a 75              |
| No. 50   | 10 a 35             | 20 a 40              |
| No. 100  | 2 a 15              | 10 a 25              |
| No. 200  | 0                   | 0 a 10               |

Fuente: Tecnología del Concreto y del Mortero

La arena para mortero de pega debe cumplir con la norma NTC 2240 o en su defecto con la norma ASTM 144. Debe estar libre de materiales contaminantes o deleznales que puedan deteriorar las propiedades del mortero.

### 1.5.1.1.3. Agua

El agua en su definición básica, es una sustancia líquida inodora e incolora que se encuentra generalmente en los cuerpos de agua superficiales terrestres. El agua que se utiliza para la mezcla de mortero de pega o relleno debe ser limpia y libre de material particulado que afecte desfavorablemente las propiedades físicas y



mecánicas de los morteros, incluso su color. El agua utilizada debe cumplir con los requisitos establecidos en la NTC 3459.

#### **1.5.1.1.4. Aditivos**

Los aditivos son sustancias químicas fabricadas especialmente y cuyo fin es mejorar las propiedades físicas o mecánicas de las mezclas de concreto o morteros. Se recomienda que se utilicen aditivos que mejoren propiedades como la retención de humedad ya que como se ha descrito con anterioridad en las propiedades físicas, el agua infiltrada puede afectar las propiedades de los bloques de mampostería y por consiguiente la integridad física del muro podría verse afectada.

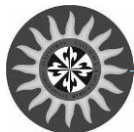
Aunque no es frecuente, los aditivos se pueden utilizar aditivos convencionales, como los fabricados a partir de productos naturales como la celulosa. Los aditivos deben desempeñar su función sin alterar ninguna otra de las características y propiedades del mortero ni afectar desfavorablemente otros elementos del sistema como el refuerzo, que en algunos casos puede causarle corrosión.

#### **1.5.2. Mortero de relleno**

Es un elemento esencial de la mampostería estructural, que consiste en una mezcla fluida de agregados y material cementante, capaz de penetrar en todas las cavidades del muro sin sufrir segregación, la cual se adhiere a las unidades de mampostería y a las barras de refuerzo para que actúen juntas para soportar las cargas.

Es un elemento esencial de la mampostería estructural, que consiste en una mezcla fluida de agregados y material cementante, capaz de penetrar en todas las cavidades del muro sin sufrir segregación; este se adhiere a las unidades de mampostería y a las barras de refuerzo para que conjuntamente soporten las cargas a las cuales va a estar sometido el muro.

El mortero de relleno tiene como fin el aumento de la resistencia del muro y la transmisión de los esfuerzos del acero. También permite mejorar otras propiedades tales como el aislamiento térmico, acústico y la resistencia al fuego



del muro. Debe ser de buena consistencia y con la fluidez suficiente para penetrar celdas de inyección sin sufrir segregación.

### 1.5.2.1. Componentes

#### 1.5.2.1.1. Cemento y cal

Al igual que para los mortero de pega los cementos utilizados para el mortero de inyección pueden ser Pórtland Tipo I, II, ó III (siempre que cumplan con las normas NTC 121 y NTC 321). La cal debe cumplir con la NTC 4019 (ASTM C 270) y corresponder el Tipo S.

#### 1.5.2.1.2. Agregados

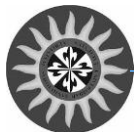
Granulometrías para los agregados para los morteros de pega y de inyección según la NTC 174, NTC 2020.

Tabla 1.5.2.1.2-1. Granulometría de agregados para mortero de relleno

| Tamiz<br>(NTC 33) |         | % Acumulado que pasa por el tamiz correspondiente |                                         |           |                 |             |
|-------------------|---------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|-----------------|-------------|
|                   |         | Agregado fino                                     |                                         |           | Agregado grueso |             |
|                   |         | Arena para<br>concreto<br>NTC 174                 | Arena para morteros de<br>pega NTC 2240 |           | Gradación 1     | Gradación 2 |
|                   |         |                                                   | Natural                                 | Triturada |                 |             |
| 12.5 mm           | 1/2"    | -                                                 | -                                       | -         | 100             | 100         |
| 9.5 mm            | 3/8"    | 100                                               | 100                                     | 100       | 85 a 100        | 90 a 100    |
| 4.75 mm           | No. 4   | 95 a 100                                          | 100                                     | 100       | 10 a 30         | 20 a 55     |
| 2.36 mm           | No. 8   | 80 a 100                                          | 95 a 100                                | 95 a 100  | 0 a 10          | 5 a 30      |
| 1.18 mm           | No. 16  | 50 a 85                                           | 70 a 100                                | 70 a 100  | 0 a 5           | 0 a 10      |
| 600 µm            | No. 30  | 25 a 60                                           | 40 a 75                                 | 40 a 75   | 0               | 0 a 5       |
| 300 µm            | No. 50  | 10 a 30                                           | 10 a 35                                 | 20 a 40   | -               | -           |
| 150 µm            | No. 100 | 2 a 10                                            | 2 a 15                                  | 10 a 25   | -               | -           |
| 75 µm             | No. 200 | 0 a 3                                             | 0                                       | 0 a 10    | -               | -           |
| Módulo de finura  |         | 3.38-2.15                                         | 2.83-1.75                               | 2.65-1.60 | -               | -           |

Fuente: NTC 4020

Los morteros de inyección pueden tener un amplio rango de composición de acuerdo con las resistencias y las características que se le exijan y con el sistema de colocación empleado. Sus agregados deben cumplir con la NTC 4020 y su



granulometría debe estar de acuerdo con la Tabla 1 de dicha norma, la cual se presenta en la tabla anterior. En otras palabras, dichos agregados pueden ser: arena para concreto, que cumpla con la NTC 174; arena para mortero de pega; o arena para mortero de pega combinada con agregado grueso.

## 1.6. ACERO DE REFUERZO

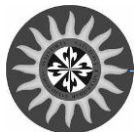
El refuerzo más corriente en la mampostería estructural es el de barras de acero, las cuales deben cumplir con la normativa técnica exigida. Al ser la mampostería estructural desde el punto de vista geométrico uno de sus elementos, el refuerzo que se haya de utilizar estará colocado en las dos direcciones principales de los planos, vertical y horizontal.

El refuerzo forma parte importante de la mampostería y se requiere en múltiples casos y para diversidad de condiciones, por lo cual debe ser definido por el diseñador, tanto en el tipo como en la cantidad. Por lo general, se colocan dos tipos de refuerzo: de funcionamiento y sollicitación. El primero hace posible el funcionamiento del sistema como tal (conexiones entre muros o en los elementos de bloque sin traba, etc.); el segundo tiene la función estructural de absorber los esfuerzos de tracción, compresión y cortante, entre otras<sup>10</sup>.

El refuerzo más corriente en la mampostería estructural es el de barras de acero, las cuales deben cumplir con las siguientes NTC: 161, 248, 423, 1907, 2289, 4004, 4013; o con la normas ASTM A 884 ó A 934. En la NSR-9, numeral C.3.5.3.1 (b), se prohíbe el uso de barras de acero que cumplan con la NTC 245; y en el numeral C.3.5.3.2 se imponen restricciones para las barras de acero que cumplen con la NTC 248.

---

<sup>10</sup> Manual de construcción en mampostería de concreto. Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC)



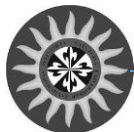
### **1.7. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA**

Es de gran importancia conocer las propiedades y características de los materiales estructurales. Desde luego, hay que aclarar lo que se entiende por material estructural y, en este sentido, al acero, concreto, piedras, tabiques, madera, etc., se les conoce como materiales estructurales, que son utilizados en la construcción para soportar las cargas y proporcionar resistencia y estabilidad requeridas, por ejemplo en los edificios con estructura de acero o concreto. La resistencia es la propiedad más importante del material estructural, porque es la que define la fuerza que será capaz de soportar un elemento estructural antes de que falle.

La mampostería estructural brinda grandes ventajas a la construcción de edificios dada la posibilidad de lograr excelentes acabados de muros interiores y exteriores, preservando la función estructural sin tener que usar materiales para su revestimiento. Como sistema estructural y constructivo se puede emplear desde viviendas de bajo costo hasta edificios de gran altura y costo. También su uso es apto para las áreas industriales, comerciales, hospitalarias, educativas, etc., ya que siempre presenta grandes beneficios económicos a los proyectos.

Por ser un sistema de muros portantes, facilita el diseño y construcción de estructuras regulares y repetitivas. Cuando se combinan sus características estructurales y arquitectónicas, el producto son estructuras duraderas de bajo mantenimiento y buena apariencia. Su empleo como sistema estructural no solo tiene como fin brindar soluciones técnico-económicas accesibles, sino reflejar una imagen de innovación seguridad y solidez según el manejo en los diseños de ingeniería y arquitectura. Su potencial como sistema adaptable a las condiciones de producción y construcción con uso de tecnología sencilla en lugares de difícil acceso, hacen que sea un impulsor en pro del beneficio social y económico sin sacrificar aspectos básicos como la seguridad y la durabilidad. De estos aspectos de hará claridad más adelante

Los muros reforzados externamente se deben diseñar siguiendo los requisitos del reglamento, teniendo en cuenta las propiedades mecánicas de los materiales especificados y las características dimensionales de la sección compuesta, siguiendo los procedimientos apropiados para el estudio de la distribución de esfuerzos en elementos compuestos de varios materiales.



### 1.7.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Las **propiedades físicas** son aquellas que logran cambiar la materia sin alterar su composición. A continuación se describirán las principales características físicas de la mampostería:

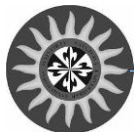
#### 1.7.1.1. Absorción

La absorción es la característica que mide la cantidad de agua que una pieza seca de mampostería es capaz de absorber bajo ciertas condiciones, con lo cual se obtiene un parámetro indicador de su durabilidad y resistencia a las condiciones meteorológicas, además de su capacidad para formar una buena adherencia con el mortero ya que se da una referencia de la avidez con que las piezas de mampostería absorben el agua del mortero de pega y de su capacidad para retener la humedad al estar sometidas a las condiciones atmosféricas, por lo tanto esta se convierte en una medida indirecta para evaluar la calidad de la pieza.

#### 1.7.1.2. Espesor de paredes

Debido a los múltiples usos y a los diferentes procesos de fabricación de las piezas de mampostería, existe una gran variabilidad de formas y tamaños; dicha variabilidad dimensional implica a nivel constructivo, la elaboración de enrase que llevan a definir alturas de hiladas mayores, producto de incrementar los espesores de junta de mortero. En otros casos, los espesores de junta son insuficientes, situación que resulta de emparejar las dimensiones de las piezas conllevando a que propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión se vean alteradas.

No obstante, el proceso de racionalización del diseño de mampostería estructural, ha intentado tipificar las unidades de tal forma que los requisitos mínimos de diseño se cumplan; esto se hace en pro de mejorar las propiedades mecánicas de las piezas, lograr mayor precisión en la construcción con mejores acabados, y particularmente, mejor alineación en las juntas de dovelas, en general, todas las piezas deben redundar para la mejora de las cualidades estructurales.



Dado que las dimensiones de las celdas y las paredes varían según el fabricante, pero tienen que ajustarse a las normas específicas de dimensiones mínimas establecidas en el numeral D.3.6 de la norma NSR-10.

#### **1.7.1.3. Textura y color**

Las regularidades de la superficie conforman la textura de una pieza y junto con el color, son características de gran variabilidad en la fabricación de las unidades de mampostería.

Figura 1.7.1.3-1. Textura y Color



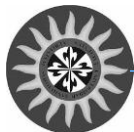
Fuente: Mampostería Estructural, Oscar Gutiérrez – Uniandes 2003

El proceso de fabricación junto con la dosificación de las materias primas, determina la textura del mampuesto; hoy con las mejoras en las técnicas y tecnologías en la industria, se puede obtener cualquier clase de textura dependiendo de la elección del constructor en cuanto a los parámetros arquitectónicos se refiere.

Las modificaciones en la textura se realizan, por recomendación, en el producto recién elaborado, por lo que los grabados no deben disminuir el espesor de la pared en más de 5mm.

El color de los mampuestos está condicionado por el tipo de arcilla y el proceso de fabricación, siendo las propiedades químicas de los materiales y el tiempo e intensidad del calor de secado, lo que determinan el color final del bloque.

#### **1.7.1.4. Expansión y contracción por cambios de humedad y temperatura**



Los cambios de temperatura en las piezas de mampostería generan variabilidad de dimensiones que cambian con la dirección en observación, siendo muy sobresaliente la influencia del proceso de fabricación de la pieza.

Las piezas de mampostería tienden a cambiar su tamaño y forma producto de los cambios en la temperatura del medio ambiente. Las piezas de arcilla tienden expandirse levemente cuando a humedad hace contacto con estas. La magnitud de la expansión depende de la temperatura con la cual se haya quemado la pieza de arcilla, lo que se produce particularmente cuando la cocción no fue la adecuada.

Los ciclos de congelación y deshielo (caso que se presenta cuando la construcción se encuentre en pisos térmicos donde la temperatura desciende bruscamente) pueden producir daños irreversibles en las piezas de mampostería debido a que la humedad presente dentro de los poros de las piezas se expande al congelarse, lo que ocasiona deformaciones permanentes en el material. En consecuencia, este fenómeno afecta directamente la vida útil del material y la construcción.

#### **1.7.1.5. Aislamiento térmico y acústico**

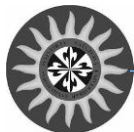
Las propiedades térmicas y acústicas son muy deseadas en los muros de mampostería porque al ser las personas quienes habitan la gran variedad de las edificaciones hechas con este material, el confort y la mitigación de las condiciones atmosféricas son esenciales para garantizar la satisfacción y la calidad de vida.

La densidad, contenido de humedad y la temperatura son características que influyen directamente en la conductividad térmica de las piezas de mampostería; la cual no es exactamente igual a la de un muro, debido a la influencia de los morteros de pega, relleno y en general todos los acabados<sup>11</sup>.

#### **1.7.2. PROPIEDADES MECÁNICAS**

---

<sup>11</sup> Mampostería Estructural, Oscar Gutiérrez – Uniandes 2003



Al igual que los elementos básicos de cualquier estructura (vigas, columnas, placas, muros de concreto reforzado) y en general todos los elementos que son solicitados con cargas, de naturaleza estáticas (verticales y horizontales) y dinámicas (cargas de viento y sísmicas), los muros de mampostería básicamente manejan las mismas propiedades mecánicas significativas que afectan de manera directa el diseño y comportamiento del sistema. Para el caso de las unidades de mampostería, se manejan los mismos criterios de las unidades de concreto en cuanto a propiedades mecánicas se refiere. A continuación se hará una descripción breve de estas propiedades:

#### 1.7.2.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es el valor máximo del esfuerzo al que se puede someter una unidad de mampuesto bajo carga de compresión aplicada en dirección perpendicular y de manera gradual. Esta es medida de acuerdo a métodos estandarizados y condiciones determinadas en el laboratorio<sup>12</sup>. Esta propiedad es un indicativo de la calidad de la pieza; lo que se relaciona directamente con la materia prima que la conforma y su proceso de manufactura

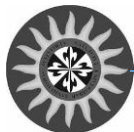
En la normativa técnica colombiana (NTC) se establecen para unidad de mampostería, los requisitos que deben cumplir los bloques utilizados en la construcción de mampostería

Tabla 1.7.2.1-1. Resistencia a la compresión de los mampuestos de arcilla

| TIPO                             | Resistencia mínima a la compresión<br>Mpa (kgf/cm <sup>2</sup> ) |            |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------|
|                                  | Prom 5 U                                                         | Unidad     |
| Unidad de perforación horizontal | 5,0 (50)                                                         | 3,5 (35)   |
| Unidad de perforación vertical   | 18,0 (180)                                                       | 15,0 (150) |
| Unidad maciza                    | 20,0 (200)                                                       | 15,0 (150) |

Fuente: NTC 4025

<sup>12</sup> Los procedimientos y referencias experimentales se encuentran establecidos en la normativa técnica NTC 4025, 4017, 682 e internacional como ASTM C 67-93<sup>a</sup>.

Tabla 1.7.2.1-2. Resistencia a la compresión de los mampuestos de concreto<sup>13</sup>

| Resistencia mínima a la compresión<br>a los 28 días evaluada sobre el área<br>neta promedio (Mpa) |                        |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|
| Case                                                                                              | Promedio<br>3 unidades | Individual |
| Alta                                                                                              | 13                     | 11         |
| Baja                                                                                              | 8                      | 7          |

Fuente: NTC 4026

- Las unidades de resistencia alta se usan en edificios y estructuras que requieran que su diseño sea para una demanda de resistencia alta, las de resistencia baja son usadas comúnmente en edificaciones de uno o dos pisos.

Tabla 1.7.2.1-3. Resistencia a la compresión de piezas silico-calcáreas según tipo

| Tipo | Resistencia mínima a la compresión en $10^5$ Pa (kgf/cm <sup>2</sup> ) |           |       |            |           |       |
|------|------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------|-----------|-------|
|      | Promedio de 5 unidades                                                 |           |       | Individual |           |       |
|      | Macizo                                                                 | Perforado | Hueco | Macizo     | Perforado | Hueco |
| I    | 200                                                                    | 120       | 50    | 160        | 96        | 40    |
| II   | 100                                                                    | 60        | 25    | 80         | 48        | 20    |

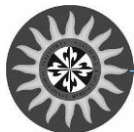
Fuente: NTC 922

### Determinación de $f_m'$ por medio de ensayos sobre materiales individuales

La NSR-10 permite la determinación de  $f_m'$  cuando no se cuente con registros históricos de ensayos sobre muretes de mampostería, pero sí con resultados de ensayos sobre sus materiales constituyentes ( $f_{c'u}$ ,  $f_{c'r}$  y  $f_{c'p}$ ) Resistencia al corte, por medio de las siguientes ecuaciones:

Sin celdas rellenas:

<sup>13</sup> La normativa técnica establece que, aunque la resistencia a la compresión sea evaluada a los 28 días, las piezas de concreto pueden ser utilizadas a edades menores cuando estas tengan una historial de evolución donde se indique que estas han alcanzado la resistencia requerida. Esto no exime al constructor de verificar directamente la calidad de las unidades que se van a utilizar.



$$R_m = \left[ \frac{2 \cdot h}{75 + 3h} \right] * f'_{cu} + \left[ \frac{50 \cdot Kp}{75 + 3h} \right] * f'_{cp} \leq 0.8 f'_{cu} \quad 1.7.2.1-1$$

Con celdas rellenas:

$$f'_m = 0.75 [r R_m + 0.9(1 - r) f'_{cr}] \leq 0.94 R_m \quad 1.7.2.1-2$$

La resistencia al corte es la propiedad que poseen los bloques de mampostería y los muros de resistir los esfuerzos cortantes a los que son sometidos. Para efectos de diseño, la resistencia al corte teóricamente se define como la relación de carga máxima entre el área de la diagonal del muro.

Los ensayos de resistencia al corte realizados en bloques de mampuesto se proponen estudiar el comportamiento de las juntas y determinar los esfuerzos de resistencia al corte en la mampostería mediante la aplicación de cargas hasta lograr la falla.

### 1.7.2.2. Resistencia a la flexión

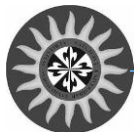
La resistencia a la flexión se define como el máximo esfuerzo a tensión que puede soportar una unidad de mampostería apoyada en sus dos extremos bajo carga perpendicular a la superficie superior del espécimen colocada en la línea central entre los dos apoyos hasta la falla<sup>14</sup>.

La resistencia a la flexión transversal de una pieza de mampostería es un referente de la calidad de la misma, donde de manera indirecta se mide la resistencia a la tensión. Sin embargo, los esfuerzos generados no son representativos en comparación con los que se generan en situaciones reales, por lo que su utilidad es funcional a la hora de establecer los requisitos para la clasificación de las piezas.

### 1.7.2.3. Resistencia de anclaje por adherencia

---

<sup>14</sup> Mampostería Estructural, Oscar Gutiérrez – Uniandes 2003



Es la resistencia de la adherencia de los materiales cementantes (o armadura de acero si así los diseños lo requieren) por unidad de superficie entre el bloque de mampostería y la junta de mortero, cuando éste está sometido a esfuerzos de tracción o compresión.

#### 1.7.2.4. Absorción

La absorción, como se ha mencionado anteriormente, es la propiedad que mide la cantidad de agua que en su totalidad un pieza seca de mampostería es capaz de absorber bajo circunstancias determinadas. Para cada unidad de mampostería existen ciertas características para evaluar el contenido de humedad máximo recomendado

Tabla 1.7.2.4-1. Absorción en bloques de arcilla

| Tasa inicial de absorción<br>(g/cm <sup>2</sup> /min) | Tiempo recomendado<br>de prehumedecimiento |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| > 0.10                                                | 5 min                                      |
| > 0.15                                                | 1 h                                        |
| > 0.25                                                | 24 h                                       |

Fuente: NTC 4025

Tabla 1.7.2.4-2. Absorción en bloque de concreto

| Tipo de<br>unidad según<br>resistencia | Absorción de agua (%) según el<br>peso (densidad) del concreto<br>secado en horno (kg/m <sup>3</sup> ) |                                                                                        |                                                 |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                        | Promedio de 3 unidades, máximo, %                                                                      |                                                                                        |                                                 |
|                                        | Peso liviano,<br>menos de<br>1680 kg/m <sup>3</sup>                                                    | Peso mediano,<br>de 1680 kg/m <sup>3</sup><br>hasta menos<br>de 2000 kg/m <sup>3</sup> | Peso normal,<br>2000 kg/m <sup>3</sup> o<br>más |
| Alta                                   | 15%                                                                                                    | 12%                                                                                    | 9%                                              |
| Baja                                   | 18%                                                                                                    | 15%                                                                                    | 12%                                             |

Fuente: NTC 4026

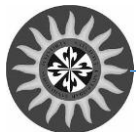
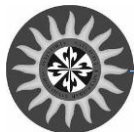


Tabla 1.7.2.4-3. Absorción en piezas silico calcáreas

| Tipo | % Absorción máxima     |
|------|------------------------|
|      | Promedio de 5 unidades |
| I    | 16%                    |
| II   | 20%                    |

Fuente: NTC 922



## 2. REQUISITOS GENERALES DE ANÁLISIS Y DISEÑO<sup>15</sup>

En este capítulo profundizaremos en aquellos elementos o conceptos empleados en el análisis y diseño de edificios de mampostería estructural, explicando los fundamentos teóricos en los que se basan dichos conceptos y así poder entender con mayor facilidad la metodología de diseño a seguir, la cual se basa en el método de *análisis por cálculo de esfuerzos admisibles*, y el método de *diseño por resistencia última*.

### 2.1. CONFIGURACIÓN ARQUITECTÓNICA Y ESTRUCTURACIÓN

Es bien conocido desde hace mucho tiempo que el diseño estructural empieza con el concepto arquitectónico, ya que es la configuración arquitectónica la que determina en primera instancia las características estructurales de un proyecto; es más, en el caso de los edificios de muros de carga el concepto arquitectónico determina en gran medida la ubicación, tamaño y disposición de los muros estructurales teniendo en cuenta que estos a su vez son elementos arquitectónicos determinantes.

#### 2.1.1. Simetría

Para una edificación cabe distinguir entre la simetría en planta y la simetría en altura, de las cuales tiene mayor influencia estructural la simetría en planta, cuya importancia radica en que formas simétricas en planta ayudan a reducir en gran parte la excentricidad entre el centro de masas y el centro de rigidez y además ayudan a distribuir mejor las masas en la estructura.

Sin embargo el hecho de que un edificio sea simétrico en planta o en altura no implica que este exento de los efectos torsionales, ya que esto también depende de la distribución y concentración de los elementos estructurales y no estructurales dentro de la geometría arquitectónica.

---

<sup>15</sup> Tomado y Adaptado de: Fundamentos y Aplicación de la Mampostería Estructural, Mendoza-Martínez Universidad de Sucre, 2007.

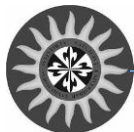
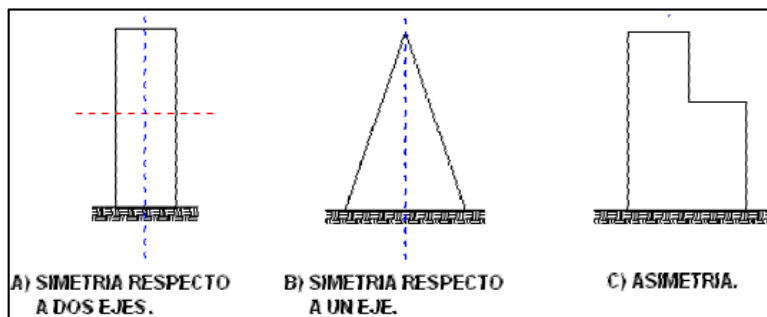
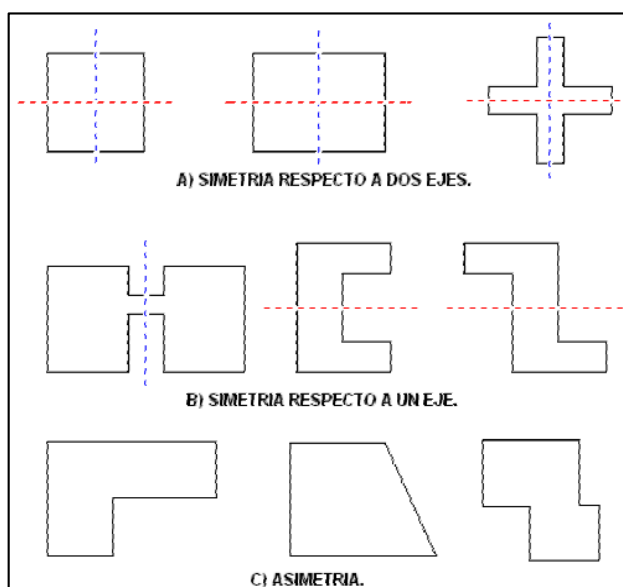


Figura 2.1.1-1. Figuras geométricas en altura



Fuente: Fundamentos y Aplicación de la Mampostería Estructural, Mendoza-Martínez.

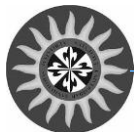
Figura 2.1.1-2. Figuras geométricas en planta



Fuente: Fundamentos y Aplicación de la Mampostería Estructural, Mendoza-Martínez.

### 2.1.2. Tamaño Y Configuración En Planta

El tamaño del área de planta de un edificio puede significar un problema sísmico cuando es muy grande aun cuando hay simetría y regularidad geométrica, ya que la estructura puede tener problemas para responder como una unidad ante la acción sísmica, esto debe tenerse en cuenta en edificaciones de un solo nivel

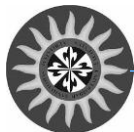


como los grandes almacenes y centros comerciales que utilizan grandes superficies libres.

Figura 2.1.2-1. Parámetros de irregularidad en planta

|                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Tipo 1aP — Irregularidad torsional</b><br/> <math>\phi_p = 0.9</math><br/> <math>1.4 \left( \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 &gt; 1.2 \left( \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)</math></p> | <p><b>Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema</b><br/> <math>\phi_p = 0.8</math><br/> <math>\Delta_1 &gt; 1.4 \left( \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)</math></p> |
|                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                          |
| <p><b>Tipo 2P — Retrocesos en las esquinas —</b> <math>\phi_p = 0.9</math><br/> <math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math></p>                                                                              |                                                                                                                                                                          |
| <p><b>Tipo 3P — Irregularidad del diafragma —</b> <math>\phi_p = 0.9</math></p> <p>1) <math>C \times D &gt; 0.5 A \times B</math>      2) <math>(C \times D + C \times E) &gt; 0.5 A \times B</math></p>               |                                                                                                                                                                          |
| <p><b>Tipo 4P — Desplazamiento de los planos de Acción —</b> <math>\phi_p = 0.8</math></p>                                                                                                                             |                                                                                                                                                                          |
| <p><b>Tipo 5P — Sistemas no paralelos —</b> <math>\phi_p = 0.9</math></p>                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                          |

Fuente: NSR-10



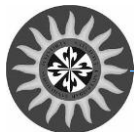
La configuración en planta de un edificio es uno de los factores que más influye en el comportamiento sísmico, ya que una configuración de forma irregular puede comprometer la respuesta como unidad de la estructura, tiende a concentrar esfuerzos y favorece el incremento de la torsión; por lo cual los reglamentos de construcción sismo resistente le dan un gran cuidado respecto a otras variables de la configuración arquitectónica y tienen en cuenta los efectos de configuraciones irregulares reduciendo la capacidad de disipación de energía del sistema estructural dependiendo del tipo de irregularidad, para lo cual la norma colombiana (NSR-10) clasifica los tipos de irregularidades, y de acuerdo a esto suministra un coeficiente de reducción ( $\phi_P$ ) del coeficiente básico de disipación de energía ( $R$ ) en su figura A.3-1, la cual presentamos en la figura 15 del presente trabajo.

### 2.1.3. Tamaño y configuración en altura.

En cuanto a la altura de un edificio parece razonable tomar como analogía una viga en voladizo en la cual un aumento en su luz (altura) deriva en una condición más desfavorable ante la acción de fuerzas laterales, pero en el caso de un edificio a medida que se hace más alto manteniendo el resto de variables constantes el periodo del mismo aumenta lo cual significa variaciones (crecientes o decrecientes) en el nivel de respuesta y en la consecuente magnitud de las fuerzas.

Teniendo en cuenta esto podemos explicar que los edificios altos y flexibles experimentan aceleraciones pico efectivas menores que edificios de altura media, esto se evidencia en los reglamentos de construcción, en donde la altura no es considerada individualmente como una variable determinante que deba ser restringida para disminuir los problemas sísmicos. Pero por otro lado lo que sí es claro es que a mayor altura, hay mayor riesgo de volcamiento, por lo cual la cimentación debe estar en capacidad de contrarrestar esto.

Por otra parte el aumento de la altura trae consigo el aumento de las cargas gravitacionales que se van acumulando piso a piso y en consecuencia los esfuerzos axiales de compresión llegan a ser muy grandes en los pisos inferiores, lo cual sumado a otros factores, puede significar una limitación a la altura.



En el caso de la norma colombiana existen algunas restricciones de altura para las estructuras de mampostería estructural según la zona de amenaza sísmica, consignadas en la tabla A.3-1 de la NSR-10,

Figura 2.1.3-1 Irregularidades en altura

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p><b>Tipo 1aA — Piso flexible</b><br/> <math>\phi_a = 0.9</math><br/> <math>0.60 \text{ Rigidez } K_D \leq \text{Rigidez } K_C &lt; 0.70 \text{ Rigidez } K_D</math><br/> <math>0.70 (K_D + K_C + K_F) / 3 \leq \text{Rigidez } K_C &lt; 0.80 (K_D + K_C + K_F) / 3</math></p> |  |
| <p><b>Tipo 1bA — Piso flexible extremo</b><br/> <math>\phi_a = 0.8</math><br/> <math>\text{Rigidez } K_C &lt; 0.60 \text{ Rigidez } K_D</math><br/> <math>\text{Rigidez } K_C &lt; 0.70 (K_D + K_C + K_F) / 3</math></p>                                                        |  |
| <p><b>Tipo 2A — Distribución masa — <math>\phi_a = 0.9</math></b><br/> <math>m_D &gt; 1.50 m_E</math><br/> <math>m_D &gt; 1.50 m_C</math></p>                                                                                                                                   |  |
| <p><b>Tipo 3A — Geométrica — <math>\phi_a = 0.9</math></b><br/> <math>a &gt; 1.30 b</math></p>                                                                                                                                                                                  |  |
| <p><b>Tipo 4A — Desplazamiento dentro del plano de acción — <math>\phi_a = 0.8</math></b><br/> <math>b &gt; a</math></p>                                                                                                                                                        |  |
| <p><b>Tipo 5aA — Piso débil</b><br/> <math>\phi_a = 0.9</math><br/> <math>0.65 \text{ Resist. Piso C} \leq \text{Resist. Piso B} &lt; 0.80 \text{ Resist. Piso C}</math></p>                                                                                                    |  |
| <p><b>Tipo 5bA — Piso débil extremo</b><br/> <math>\phi_a = 0.8</math><br/> <math>\text{Resistencia Piso B} &lt; 0.65 \text{ Resistencia Piso C}</math></p>                                                                                                                     |  |

Fuente: NSR-10

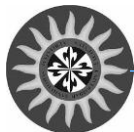
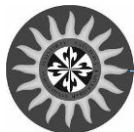


Tabla 2.1.3-1. Restricciones en altura para sistemas de mampostería

| A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA                                                                            |                                               | Valor<br>$R_0$<br>(Nota 2) | Valor<br>$\Omega_0$<br>(Nota 4) | zonas de amenaza sísmica |                |               |                |                  |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|----------------|------------------|----------------|
| Sistema resistencia sísmica<br>(fuerzas horizontales)                                                   | Sistema resistencia para<br>cargas verticales |                            |                                 | alta                     |                | intermedia    |                | Baja             |                |
|                                                                                                         |                                               |                            |                                 | uso<br>permit            | altura<br>máx. | uso<br>permit | altura<br>máx. | uso<br>permit    | Altura<br>máx. |
| 1. Paneles de cortante de madera                                                                        | muros ligeros de madera laminada              | 3.0                        | 2.5                             | si                       | 6 m            | si            | 9 m            | si               | 12 m           |
| 2. Muros estructurales                                                                                  |                                               |                            |                                 |                          |                |               |                |                  |                |
| a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)                              | el mismo                                      | 5.0                        | 2.5                             | si                       | 50 m           | si            | sin límite     | si               | Sin límite     |
| b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)                              | el mismo                                      | 4.0                        | 2.5                             | no se permite            |                | si            | 50 m           | si               | Sin límite     |
| c. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)                                | el mismo                                      | 2.5                        | 2.5                             | no se permite            |                | no se permite |                | si               | 50 m           |
| d. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas | el mismo                                      | 3.5                        | 2.5                             | si                       | 50 m           | si            | sin límite     | si               | Sin límite     |
| e. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)                               | el mismo                                      | 2.5                        | 2.5                             | si                       | 30 m           | si            | 50 m           | si               | Sin límite     |
| f. Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical                        | el mismo                                      | 2.0                        | 2.5                             | Grupo I                  | 2 pisos        | si            | 12 m           | si               | 18 m           |
| g. Muros de mampostería confinada                                                                       | el mismo                                      | 2.0                        | 2.5                             | Grupo I                  | 2 pisos        | Grupo I       | 12 m           | Grupo I          | 18 m           |
| h. Muros de mampostería de cavidad reforzada                                                            | el mismo                                      | 4.0                        | 2.5                             | si                       | 45 m           | si            | 60 m           | si               | Sin límite     |
| i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)                      | el mismo                                      | 1.0                        | 2.5                             | no se permite            |                | no se permite |                | Grupo I (Nota 3) | 2 pisos        |
| 3. Pórticos con diagonales (las diagonales llevan fuerza vertical)                                      |                                               |                            |                                 |                          |                |               |                |                  |                |
| a. Pórticos de acero estructural con diagonales concéntricas (DES)                                      | el mismo                                      | 5.0                        | 2.5                             | si                       | 24 m           | si            | 30 m           | si               | Sin límite     |
| b. Pórticos con diagonales de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)            | el mismo                                      | 3.5                        | 2.5                             | no se permite            |                | si            | 30 m           | si               | 30 m           |
| c. Pórticos de madera con diagonales                                                                    | el mismo                                      | 2.0                        | 2.5                             | si                       | 12 m           | si            | 15 m           | si               | 18 m           |

Fuente: NSR-10

Por otra parte la configuración en altura tiene gran influencia en el comportamiento sísmico del edificio, ya que cambios en el alzado pueden significar cambios de rigidez, lo cual genera una serie de irregularidades como discontinuidad en las rutas de transmisión de las cargas y los llamados pisos débiles. Estas irregularidades en altura son tenidas en cuenta para el diseño sísmico de manera análoga a las irregularidades en planta, es decir para el caso de la norma colombiana reduciendo el coeficiente básico de disipación de energía (R).



## 2.2. CENTROS DE MASA

El centro de masa de un cuerpo es el punto en donde se concentra toda la masa del mismo y que puede coincidir con el centro de gravedad siempre y cuando el cuerpo se encuentre en un campo gravitatorio constante.

El cálculo del centro de masa se realiza descomponiendo la masa total del cuerpo en pequeñas masas de los elementos que lo conforman, lo que se representa con las siguientes ecuaciones según su origen:

$$X_{CM} = \frac{\sum W_i \cdot \bar{X}_i}{\sum W_i} \quad (2.2-1) \qquad Y_{CM} = \frac{\sum W_i \cdot \bar{Y}_i}{\sum W_i} \quad (2.2-2)$$

Donde:

$W_i$  = Peso del elemento en estudio.

$X_i$  = Distancia en X del centroide del elemento, en m.

$Y_i$  = Distancia en Y del centroide del elemento, en m.

Dado que el centro de masas se obtiene a partir de la descomposición de la masa total, en las masas de los elementos que conforman el cuerpo, es importante traer a consideración la forma de obtener dicho centro de los muros estructurales, lo cual se puede realizar a partir de las siguientes expresiones:

$$X_{CM} = \frac{\sum (L \cdot eq \cdot X_0)}{\sum (L \cdot eq)} \quad 2.2-3 \qquad Y_{CM} = \frac{\sum (L \cdot eq \cdot Y_0)}{\sum (L \cdot eq)} \quad 2.2-4$$

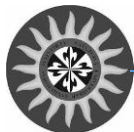
Donde:

$L$  = Longitud total del muro, en m.

$eq$  = Espesor sólido equivalente o espesor efectivo del muro.

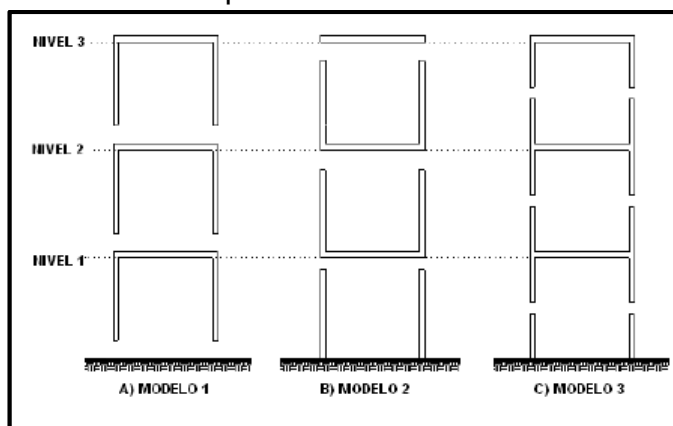
$X_0$  = Distancia en X del centroide del muro, en m.

$Y_0$  = Distancia en Y del centroide del muro, en m.



Dada la naturaleza inercial de las fuerzas sísmicas, los centros de masas son de gran importancia, ya que se considera que las fuerzas sísmicas son aplicadas en los centros de masa de los entrepisos, teniendo en cuenta que todo el peso del edificio se concentra en estos puntos, por lo tanto, se debe utilizar un modelo matemático adecuado el cual es elegido a criterio del diseñador. A continuación se muestran los tres modelos más empleados para tal fin:

Figura 2.2-1 Modelos para determinar las masas de los pisos



Fuente: Fundamentos y aplicación de la mampostería estructural: Mendoza-Martínez, Universidad de Sucre, 2004

En el anterior esquema se puede apreciar, que en cualquiera de los niveles se encuentra concentrada la masa de todos los cuerpos que gravitan sobre él y en algunos casos por debajo del nivel mencionado, por lo que es esencial determinar la masa de cada uno de los elementos de manera conjunta.

Para mejor entendimiento en cuanto a la aplicación de los métodos descritos anteriormente, se explicará cómo calcular los centros de masa considerando el modelo 2, en donde únicamente gravitan los elementos como los muros, losa, escalera y cubierta.

Para facilitar de manejar los datos, es conveniente utilizar una tabla de datos por nivel mediante un formato gráfico como el siguiente:

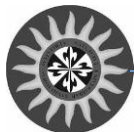
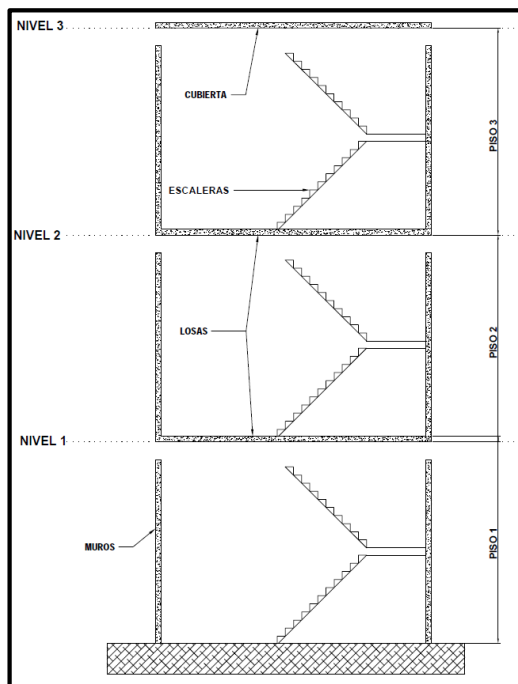


Figura 2.2-2 Elementos que conforman cada nivel



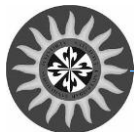
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.2-1 Ejemplo centros de masa por niveles

| CALCULO DE CENTROS DE MASAS POR NIVELES |       |      |      |         |         |
|-----------------------------------------|-------|------|------|---------|---------|
| ELEMENTO                                | W(KN) | X(m) | Y(m) | W*X     | W*Y     |
| LOSA                                    | 4.5   | 4.5  | 4.5  | 20.25   | 20.25   |
| MURO SEGUNDO PISO                       | 320   | 5.5  | 5.4  | 1760    | 1728    |
| ESCALERA                                | 20    | 8.48 | 5.05 | 169.6   | 101     |
| $\Sigma$                                | 344.5 |      |      | 1949.85 | 1849.25 |

Fuente: Elaboración Propia

- Nota: Los valores consignados en el cuadro anterior fueron escogidos de manera tentativa con el ánimo de explicar con más facilidad el método de cálculo de los centros de masa de los elementos.



Una vez obtenidos y calculados los datos necesarios, procedemos a aplicar las formulas 2.1.4-1 y 2.4.1-2, correspondientes a los centros de masa en las posiciones X y Y, obteniendo los siguientes resultados:

$$X_{CM} = \frac{1949.85}{344.5} = 5.66m$$

$$X_{CM} = \frac{1849.25}{344.5} = 5.368 m$$

Para los otros niveles, el cálculo se hace de la misma manera.

### 2.3. CENTRO DE CORTE

El centro de corte o centro de cortante, es el punto en donde las fuerzas que actúan sobre la estructura adquieren un punto de equilibrio. Su principio fundamental se basa en la sumatoria de momentos respecto a un origen arbitrario, en donde las fuerzas que actúan sobre los pórticos corresponden a la rigidez de entre piso calculada en cada uno de estos.

La rigidez de entrepiso se define como la relación entre la fuerza cortante absorbida por los muros y el desplazamiento horizontal relativo entre los dos niveles que lo limitan (deriva de piso). Por lo tanto, el centro de cortante depende del sistema de fuerzas laterales.

La figura a continuación muestra el esquema de las fuerzas que deben ser consideradas para la determinación del centro de corte de una estructura, en donde las coordenadas para la determinación del cortante que actúa sobre cada piso están dadas de la siguiente manera:

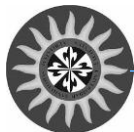
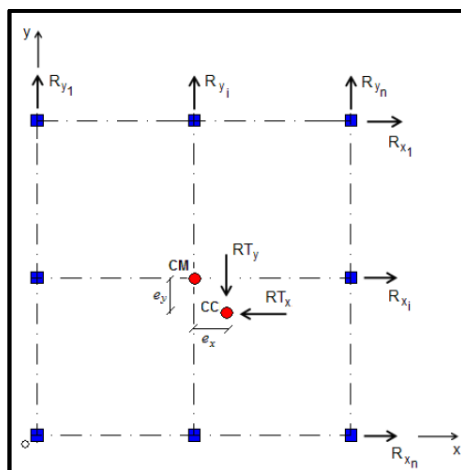


Figura 2.3-1 Centros de cortante



Fuente: Carrillo Trujillo - 2008

$$X_{cc} = \frac{\sum R_{xi} * X_i}{RT_x} \quad 2.3-1$$

$$Y_{cc} = \frac{\sum R_{yi} * Y_i}{RT_y} \quad 2.3-2$$

Donde:

Donde  $X_i$  e  $Y_i$  representan la distancia en x e y, respectivamente, de cada uno de los muros al origen de coordenadas.

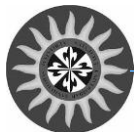
Entonces, conociendo las coordenadas del centro de masas y el centro de cortante, obtenidas con las ecuaciones anteriores, es posible calcular la excentricidad estática en cada uno de los sentidos, en donde el signo es el que determina a qué lado del centro de masas se desplaza el centro de corte.

$$e_x = X_{CM} - X_{CC} \quad 2.3-3$$

$$e_y = Y_{CM} - Y_{CC} \quad 2.3-4$$

### 2.3.1. PUNTO DE APLICACIÓN DE LA FUERZA DE CORTE

Es el punto donde se encuentra aplicada la fuerza resultante de la acción sísmica que actúa en cualquier piso, la cual es la suma de las fuerzas sísmicas que actúan



en cada piso desde los niveles superiores hasta el nivel en estudio. Las coordenadas de este punto se obtienen a partir del equilibrio de la edificación y se determinan con las siguientes ecuaciones:

$$X_C = \frac{\sum F_X * Y_{CM}}{V_X} \quad 2.3.1-1$$

$$X_C = \frac{\sum F_Y * X_{CM}}{V_Y} \quad 2.3.1-2$$

Donde:

**F<sub>X</sub>, F<sub>Y</sub>** = Fuerza de piso en la dirección **X** y **Y** respectivamente.

**X<sub>CM</sub>**= Coordenada X del centro de masas del conjunto de elementos que gravitan en el nivel.

**Y<sub>CM</sub>**= Coordenada Y del centro de masas del conjunto de elementos que gravitan en el nivel.

**V<sub>X</sub>, V<sub>Y</sub>** = Cortante de piso en la dirección **X** y **Y** respectivamente.

## 2.4. CENTROS DE RIGIDEZ

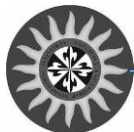
El centro de rigidez se define como el punto en donde, al aplicar una fuerza cortante se produce el efecto de traslación uniforme sin rotación de todos los puntos que hacen parte de él. Además es considerado el punto donde intersecta un eje respecto al cual rota la placa de entrepiso bajo el efecto de la torsión pura. La rigidez de un muro es dependiente de su dimensión, de su módulo de elasticidad  $E_m$ , el módulo de rigidez  $E_v$  o,  $G$  y de las condiciones de resistencia de las paredes arriba y abajo.

También es considerado el punto geométrico en el cual las fuerzas resistentes de los elemento de resistencia lateral son ubicadas.<sup>16</sup> En estructuras de dos o más pisos, el centro de rigidez define el punto donde debe aplicarse la fuerza sísmica para que un nivel no rote con respecto al nivel inferior.

De acuerdo a las siguientes ecuaciones, el centro de rigidez se calcula de la siguiente manera:

---

<sup>16</sup> Fundamentos y Aplicación de la Mampostería Estructural, Remberto Mendoza Ríos, Roger Rodelo Martínez, Universidad de Sucre,



$$X_{CR} = \frac{\sum R_Y \cdot X_0}{\sum R_Y} \quad 2.4-1$$

$$X_{CR} = \frac{\sum R_X \cdot Y_0}{\sum R_X} \quad 2.4-2$$

$\sum R_X$  = Suma de las rigideces en X, de los muros orientados paralelamente al eje X.

$\sum R_Y$  = Suma de las rigideces en Y, de los muros orientados paralelamente al eje Y.

$X_0$  = Distancia en X hasta el centroide de cada muro, en m.

$Y_0$  = Distancia en Y hasta el centroide de cada muro, en m.

## 2.5. RIGIDEZ A TORSIÓN

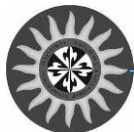
Al aplicar a un edificio fuerzas externas horizontales, este se desplaza condicionado por los diafragmas rígidos<sup>17</sup>. Cuando la distribución de las rigideces laterales del edificio no es simétrica en el plano horizontal, se produce una rotación del diafragma alrededor del eje vertical a lo que también se le conoce como torsión.

Los efectos de la torsión han sido la causa de los daños importantes en los edificios de muros estructurales cuando ocurren sismos intensos, que van desde la distorsión a veces visible de la estructura, hasta el colapso estructural. La torsión se produce por la excentricidad existente entre el centro de masa y el centro de rigidez. Puede considerarse que cuando la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez supera el 10% de la dimensión en planta, cuantitativamente es grande.

Como todos los problemas que surgen a partir de la configuración, la torsión debe ser asumida desde la etapa de diseño espacial y de la forma de la edificación. Es inevitable despreciar la torsión debido a su naturaleza y a las características de la estructura, razón por la cual se debe lograr mayor simetría entre la rigidez y la masa de la estructura.

---

<sup>17</sup>Un diafragma rígido es el que se considera que solo se desplaza en dos direcciones que son las de sus dimensiones grandes en el caso de diafragmas horizontales y tiene una rotación sobre la otra dirección.

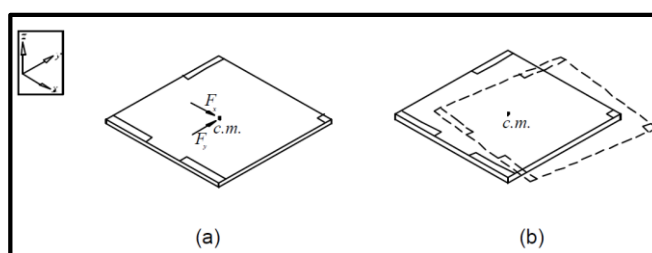


La rigidez a la torsión es más fácil de explicar mediante la utilización de la rigidez de entre piso de los muros. La utilidad de este proceso es importante entenderla debido a que dará al interesado una nueva visión acerca del análisis tridimensional de un edificio, además de que constituye una herramienta importante para la elaboración del análisis.

Utilizando la explicación de los efectos de la torsión, se parte para el análisis de los muros individuales. Lo que se busca lograr con el análisis teórico es encontrar un procedimiento para calcular y distribuir la fuerza cortante de un piso, además de encontrar el desplazamiento y la rotación de la placa y los desplazamientos totales de cada elemento.

Para el análisis mencionado se puede utilizar edificios de varios pisos, ya que este se realiza piso por piso, además se puede considerar cualquier distribución de los muros que esté repartida sobre ejes ortogonales.

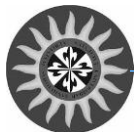
Figura 2.5-1 Fuerzas en el piso actuando en el centro de masa y su efecto de desplazamiento



Fuente: Oscar Gutiérrez Junco, Mampostería Estructural

Como se puede apreciar en la figura, dicho piso se encuentra sometido a cargas laterales  $F_x$  y  $F_y$  que como se explicó en las definiciones de centros de masa y rigidez, están aplicadas en el centro de masa  $C_m$ . La ilustración muestra de igual manera, los desplazamientos relativos a los que se ve sometido el piso por acción de las fuerzas aplicadas.

A pesar del esfuerzo que se haga por reducir la excentricidad al mínimo en el diseño de una edificación, generalmente se puede producir una torsión o excentricidad accidental generada por variaciones imponderables en los valores considerados para el cálculo de los momentos torsionales y a la incertidumbre en la localización de las masas dentro del piso. Estas variaciones se pueden producir por defectos en la construcción, concentración de equipos pesados o mobiliarios,

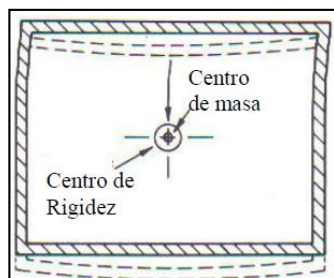


remodelaciones arquitectónicas y otros factores que no fueron considerados en el análisis inicial y los cuales se escapan de la mano del diseñador estructural.

La NSR-10, especifica en A.3.6.7.1. Que deben considerarse unas torsiones accidentales, equivalentes al 5% de la distancia calculada transversalmente hasta el centro de masa calculado de cada piso. El efecto de la torsión que se genera debe tenerse en cuenta en la distribución del cortante del piso a los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica.

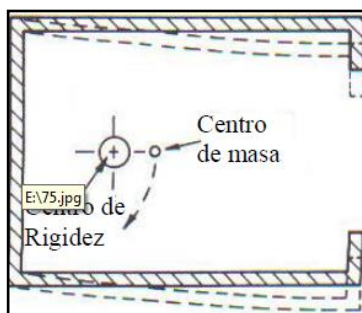
En un edificio de paredes de corte, con diafragma rígido en el piso y en el techo, las fuerzas sísmicas son resistidas por las paredes de cortante, en proporción a sus rigideces. Si todos los elementos resistentes a las fuerzas laterales son del mismo tamaño y están localizados simétricamente entre ellos, serán cargados por una fuerza lateral igual. En estas condiciones el centro de masa no coincide con el centro de rigidez, como se muestran en las siguientes figuras:

Figura 2.5-2 Deflexiones iguales en las paredes

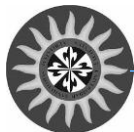


Fuente: Portillo-Romano, Universidad de El Salvador, 2008

Figura 2.5-3 Deflexiones debido a la torsión



Fuente: Fuente: Portillo-Romano, Universidad de El Salvador, 2008



Todos los edificios que tienen un diafragma rígido deben ser diseñados considerando al menos un 5% de excentricidad torsional para tomar en cuenta las variaciones en los materiales y en las ubicaciones de las paredes, por cuestiones de seguridad.

## 2.6. TIPOS DE CARGA

Las cargas son aquellas fuerzas que debe soportar una estructura y para las cuales deben diseñarse los elementos estructurales. La NSR-10 dedica su título B a regular la forma como deben evaluarse las cargas a cuales debe someterse una estructura y las define de la siguiente manera:

*“Son fuerzas u otras solicitaciones que actúan sobre el sistema estructural y provienen del peso de todos los elementos permanentes en la construcción, los ocupantes y sus pertenencias, efectos ambientales, asentamientos diferenciales y restricción de cambios dimensionales. Las cargas permanentes son cargas que varían muy poco en el tiempo y cuyas variaciones son pequeñas en magnitud. Todas las otras cargas son cargas variables.”<sup>18</sup>*

### 2.6.1. Definiciones

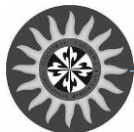
Una manera simple de clasificar las cargas es agruparlas según su naturaleza y la manera en que interactúan con la estructura. Para su regulación la NSR-10 dedica los capítulos B3, B4, B5 y B6.

### 2.6.2. Cargas Muertas (D)

Las cargas muertas incluyen el peso propio de la estructura y el peso de cualquier material permanente sobre ella, tales como muros, pisos, cubiertas, cielos rasos, escaleras, equipos fijos y todas aquellas cargas que no son causadas por la ocupación y uso de la edificación. Cuando se habla de cargas muertas debe hacerse la precisión de que su naturaleza proviene de la masa y el peso de los

---

<sup>18</sup> B.2.1. NSR-10, Definiciones y limitaciones



materiales que la componen. Para su cálculo se determinan con el peso específico del material y el volumen del elemento

#### **2.6.2.1. Masas y Pesos de los Materiales**

Estos parámetros pueden ser evaluados con relativa precisión a partir de las dimensiones de los elementos y la masa unitaria de los materiales. El numeral B.3.2. Indica que para calcular las cargas muertas deben utilizarse las densidades de masa reales en ( $\text{Kg/m}^3$ ) de los materiales las cuales se deben multiplicar por la aceleración gravitacional,  $9,8 \text{ m/s}^2$  para así obtener los valores en unidades consistentes ( $\text{N/m}^3$ ).

#### **2.6.2.2. Cargas muertas mínimas**

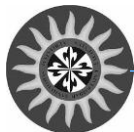
Estas cargas deben ser evaluadas utilizando las masas reales de los materiales como los establece el numeral B.3.3. Para la determinación de las masas representativas de los materiales, es recomendable utilizar el peso especificado por el fabricante o en su defecto puede evaluarse analítica o experimentalmente.

#### **2.6.2.3. Elementos No estructurales Horizontales**

Según La NSR-10, los elementos no estructurales horizontales son aquellos que no hacen parte integral de la estructura y están aplicados, soportados, fijados o anclados a las losas o a la cubierta de la edificación. Estos elementos pueden ser entre otros: formaletería, morteros, rellenos de piso, acabados de piso, rellenos en cubiertas inclinadas, elementos de cubiertas, tejas, membranas impermeables, aislamientos térmicos, claraboyas, cielo raso, alistados, y ductos para mantenimiento.

#### **2.6.2.4. Elementos No estructurales Verticales**

La NSR-10 define los elementos no estructurales verticales como que se encuentran erguidos libremente y que están soportados por los elementos



estructurales ya sea fijados a ellos o anclados solamente a elementos como las losas de entrepiso.

Tales elementos incluyen, entre otros los que serán descritos en las siguientes tablas, y como una guía para efectos de diseño, se sugieren utilizar los valores mínimos dados. (Los valores allí dados deben multiplicarse por  $g$ , por el espesor correspondiente en m, y por la altura del elemento en m, con el fin de obtener cargas muertas uniformes distribuidas en N/m).

### 2.6.3. Cargas Vivas

La NSR-10 define las cargas vivas de la siguiente manera:

*“Aquellas que son producidas por el uso y ocupación de la edificación y son aquellas causadas por los materiales, equipos y trabajadores utilizados en el mantenimiento de la cubierta, las causadas por objetos móviles, tales como materas u otros objetos decorativos, y por las personas que tengan acceso a ellas.”<sup>19</sup>*

Este tipo de cargas no son permanentes, varían con el tiempo tanto en magnitud como en localización, pueden ser horizontales o verticales. Las variaciones de las cargas vivas en el espacio y en el tiempo, suelen tener dos características; la primera suele simplificar el análisis, suponiendo que la carga está concentrada o distribuida uniformemente.

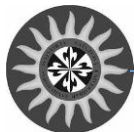
En cuanto al segundo tipo de variación, conviene diferenciar entre la carga sostenida y la transeúnte o extraordinaria. La primera se define como aquella parte de la carga viva que está presente normalmente en la estructura como consecuencia de la actividad diaria que se desenvuelve en ella. La transeúnte o extraordinaria, en cambio, ocurre infrecuentemente y tiene alta intensidad y poca duración<sup>20</sup>.

Para propósitos de diseño, las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser las máximas cargas que se espera ocurran en la edificación debido al uso que ésta va a tener.

---

<sup>19</sup> B.4 NSR-10, Cargas vivas.

<sup>20</sup> Análisis de estructuras, Jairo Uribe Escamilla.



#### **2.6.4. Cargas de empozamiento del agua (Le) y de granizo (G)**

El empozamiento de agua puede ser producido por la obstrucción de los sistemas de drenaje de la cubierta, el cual puede ocurrir por debido a residuos, hojas de árboles, o granizo, entre otras fuentes de obstrucción; en algunos casos, el empozamiento de agua puede ser ocasionado por las irregularidades de la construcción de cubiertas y sus elementos, lo que da paso a que espejos de agua se produzcan cuando llueve. La determinación de las cargas por empozamiento de agua y granizo se realiza de la siguiente manera siguiendo lo descrito en B.4.8.1:

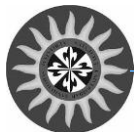
- (a) Toda cubierta debe disponer de sistema auxiliar de evacuación del exceso de agua cuando se presenta una obstrucción de las bajantes normales. Este sistema puede consistir en gárgolas, rebosaderos u otros implementos que eviten la acumulación de agua y la evacuen de forma confiable ante la obstrucción de las bajantes del sistema de drenaje.
- (b) La carga de empozamiento de agua se determina con base en el volumen de agua que es posible contener hasta que se alcance el nivel de los elementos del sistema auxiliar de evacuación del exceso de agua.

#### **2.6.5. Carga de empuje de tierra y presión hidrostática**

Las cargas por el efecto de los empujes de tierra y la presión hidrostática de los suelos, debe ser considerada en el diseño estructural de los elementos que las soportan. En el capítulo B de la norma, se hace las consideraciones necesarias para su cálculo de acuerdo a las características de los suelos donde está fundada la estructura.

#### **2.6.6. Cargas de Viento**

Las fuerzas producidas por el viento sobre una estructura dependen de la velocidad del que actúa sobre ella, que a su vez varía con la altura sobre el piso; del grado de protección que le ofrece la topografía y las edificaciones



circundantes. Al evaluarlas también se tiene en cuenta el uso de la edificación al asignarle el grado de seguridad requerido.

Si el análisis de cargas de vientos actuantes sobre la estructura así lo requiere, la norma brinda un mapa detallado de zonas de amenaza eólica elaborado por la empresa Consultoría Colombiana (referencia B.6.4.1), con base en los registros de 113 estaciones, donde se señalan para un 65% del territorio nacional, las velocidades máximas de vientos con un período de retorno de 50 años, que es el parámetro básico utilizado comúnmente en los códigos modernos.

Las cargas de diseño para edificios y otras estructuras, incluyendo el SPRFV (Sistema Principal de Resistencia de Fuerzas del Viento) y todos los componentes y elementos de revestimiento de estos, se determinarán usando uno de los siguientes procedimientos:

**Método 1** — Procedimiento Simplificado, para edificios que cumplan los requisitos especificados en la sección B.6.4

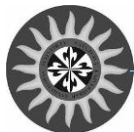
**Método 2** — Procedimiento Analítico, para edificios que cumplan los requisitos especificados en la sección B.6.5.

**Método 3** — Procedimiento de Túnel de Viento como se especifica en la sección B.6.6.

### 2.6.7. Cargas de sismo

El movimiento sísmico del suelo se transmite a los edificios que se apoyan sobre éste. La base del edificio tiende a seguir el movimiento del suelo, mientras que, por inercia, la masa del edificio se opone a ser desplazada dinámicamente a seguir el movimiento de su base.

Para evaluar las fuerzas que en caso de sismo actuarán sobre una edificación, es necesario tener en cuenta la amenaza sísmica propia de la región donde está localizada la edificación, los efectos locales asociados con las características del perfil del suelo sobre el cual está cimentada, la importancia de la edificación según su uso, el espectro elástico de diseño que da la máxima aceleración horizontal, expresada como un porcentaje de la gravedad a que se ve sometido un sistema de un grado de libertad con un período de vibración determinado, y la naturaleza



del sistema o sistemas empleados para resistir tanto las cargas gravitacionales como las horizontales.

#### **2.6.7.1. Movimientos Sísmicos De Diseño**

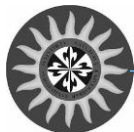
Se define como movimientos sísmico de diseño aquel que tenga, por lo menos, un 10% de probabilidad de ser excedido en un lapso de 50 años. Para efectos del diseño sísmico de la estructura, ésta debe localizarse dentro de una de las zonas de amenaza sísmica, baja, intermedia o alta, y además deben utilizarse los movimientos sísmicos de diseño definidos de los que se hará mención más adelante, los cuales se pueden expresar por medio del espectro elástico de diseño o por medio de familias de acelerogramas que cumplan los requisitos establecidos en el título A de la NSR-10.

Los movimientos sísmicos de diseño se definen en función de la aceleración pico efectivo representado por el parámetro  $A_a$ , y de la velocidad pico efectiva, representada por el parámetro  $A_v$ , para una probabilidad del diez por ciento de ser excedidos en un lapso de cincuenta años.

#### **2.6.7.2. Zonas de amenaza sísmica**

Para los propósitos de diseño esenciales se debe hacer la siguiente distinción sobre las zonas de amenaza sísmica.

- (a) Zonas de amenaza sísmica baja o nula:** son aquellas donde los coeficientes  $A_a$  y  $A_v$  son menores o iguales a 0.10
- (b) Zonas de amenaza sísmica intermedia:** son aquellas donde los coeficientes  $A_a$  y  $A_v$  son mayores a 0.10 y no exceden 0.20.
- (c) Zonas de amenaza sísmica alta:** son aquellas donde los coeficientes  $A_a$  y  $A_v$  son mayores a 0.20.



### 2.6.7.3. Efectos locales

Los tipos de perfil del suelo y los valores de los coeficientes del sitio se consideran en A.2.4. El ingeniero geotecnista debe determinar el tipo de perfil de acuerdo a los estudios geotécnicos debidamente elaborados.

Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación se tienen en cuenta con un coeficiente **S**, llamado coeficiente de sitio, evaluado con base en los perfiles de suelo dados a continuación<sup>21</sup>:

**S = 1** para perfiles con las siguientes propiedades:

- (a) compuesto hasta la superficie por roca de cualquier característica, que tiene una velocidad de la onda de cortante mayor o igual a 750 m/seg, o
- (b) conformados entre la roca y la superficie por suelos duros o densos, con un espesor menor de 60 m, compuestos por depósitos estables de arenas, gravas o arcillas duras, con una velocidad de la onda de cortante mayor o igual a 400 m/seg.

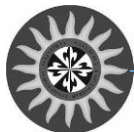
**S =1.2** para perfiles con estas características:

- (a) cuando entre la roca y la superficie existen más de 60 m de depósitos estables de suelos duros o densos, compuestos por arcillas duras o suelos no cohesivos, con una velocidad de la onda de cortante mayor o igual a 400 m/seg, o
- (b) ) perfiles en donde entre la roca y la superficie existen menos de 60 m de depósitos estables de suelos de consistencia media, compuestos por materiales con una velocidad de la onda de cortante cuyo valor está entre 270 y 400 m/seg.

**S =1.5** cuando entre la roca y la superficie hay más de 20 m de suelo que contiene depósitos estables de arcillas cuya dureza varía entre mediana y blanda, con una velocidad de la onda de cortante entre 150 y 270 m/seg y que dentro de ellos, en conjunto, hay menos de 12 m de arcillas blandas.

---

<sup>21</sup> Tomado de Análisis de Estructuras, Capítulo 1.11. Jairo Uribe Escamilla.



**S = 2.0** para perfiles en donde, dentro de los depósitos existentes entre la roca y la superficie, hay más de 12 m de arcillas blandas, caracterizadas por una velocidad de onda de cortante menor de 150 m/seg.

#### 2.6.7.4. Determinación de los coeficientes $F_a$ y $F_v$

En las siguientes tablas se dan los valores del coeficiente  $F_a$  y  $F_v$  que amplifica las ordenadas del espectro en roca para tener en cuenta los efectos de sitio en el rango de períodos cortos del orden de  $T_0$ . Para valores intermedios de  $A_a$  se permite interpolar linealmente entre valores del mismo tipo de perfil.

Tabla 2.6.7.4-1. Coeficiente  $F_a$  para zonas de periodo corto de espectro

| Tipo de Perfil | Intensidad de los movimientos sísmicos |             |             |             |                |
|----------------|----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|                | $A_a \leq 0.1$                         | $A_a = 0.2$ | $A_a = 0.3$ | $A_a = 0.4$ | $A_a \geq 0.5$ |
| A              | 0.8                                    | 0.8         | 0.8         | 0.8         | 0.8            |
| B              | 1.0                                    | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0            |
| C              | 1.2                                    | 1.2         | 1.1         | 1.0         | 1.0            |
| D              | 1.6                                    | 1.4         | 1.2         | 1.1         | 1.0            |
| E              | 2.5                                    | 1.7         | 1.2         | 0.9         | 0.9            |
| F              | véase nota                             | véase nota  | véase nota  | Véase nota  | véase nota     |

**Nota:** Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

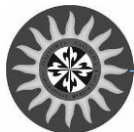
Fuente: NSR 10

Tabla 2.6.7.4-2. Coeficiente  $F_a$  para zonas de periodo corto de espectro

| Tipo de Perfil | Intensidad de los movimientos sísmicos |             |             |             |                |
|----------------|----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|                | $A_v \leq 0.1$                         | $A_v = 0.2$ | $A_v = 0.3$ | $A_v = 0.4$ | $A_v \geq 0.5$ |
| A              | 0.8                                    | 0.8         | 0.8         | 0.8         | 0.8            |
| B              | 1.0                                    | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0            |
| C              | 1.7                                    | 1.6         | 1.5         | 1.4         | 1.3            |
| D              | 2.4                                    | 2.0         | 1.8         | 1.6         | 1.5            |
| E              | 3.5                                    | 3.2         | 2.8         | 2.4         | 2.4            |
| F              | véase nota                             | véase nota  | véase nota  | Véase nota  | véase nota     |

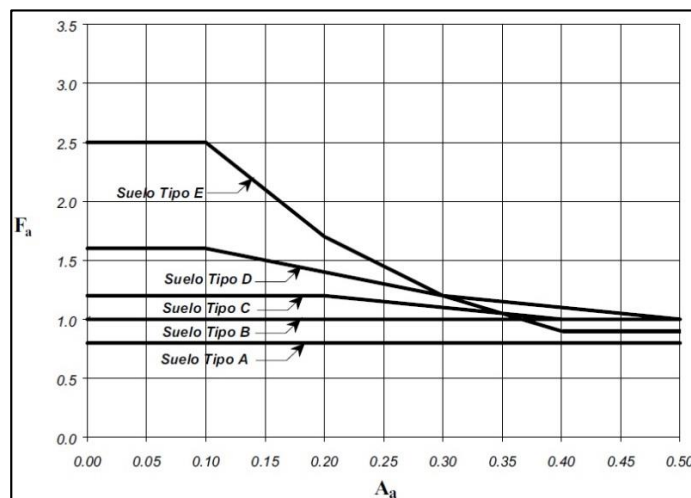
**Nota:** Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Fuente: NSR-10



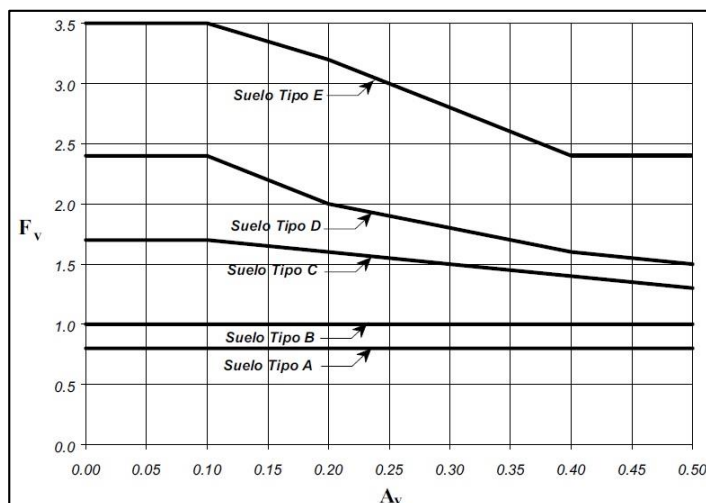
Para la determinación de los coeficientes descritos anteriormente es usual el uso de interpolación de los valores de  $A_a$  y  $A_v$  para encontrar su valor aproximado real como se describe en las siguientes figuras.

Figura 2.6.7.4-1. Coeficiente de amplificación  $F_a$  del suelo para la zona de períodos cortos del espectro

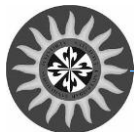


Fuente: NSR-10

Figura 2.6.7.4-2. Coeficiente de amplificación  $F_v$  del suelo para la zona de períodos cortos del espectro



Fuente: NSR-10



### 2.6.7.5. Coeficiente de importancia

#### 2.6.7.5.1. Grupo de uso

Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes Grupos de Uso:

**Grupo IV: Edificaciones indispensables** — Son aquellas edificaciones de atención y prevención de emergencias para la comunidad, que deben funcionar durante y después de un sismo. Este grupo incluye hospitales, clínicas, centros de salud, estructuras que forman parte de los sistemas contra incendio de dichas instalaciones, así como las plantas de emergencia de las mismas y las edificaciones de las centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión.

**Grupo III: Edificaciones de atención a la comunidad** — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas. En ellas se incluyen las estaciones de bomberos y de policía, los cuarteles y las sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres, lo mismo que los garajes de vehículos de emergencia y los centros de atención de las mismas.

**Grupo II : Estructuras de ocupación especial** — Cubre las construcciones que pueden reunir más de 200 personas en un mismo salón, graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez, guarderías, escuelas, colegios, universidades, almacenes con más de 500 m<sup>2</sup> por piso, las edificaciones donde residan más de 3000 personas, los edificios gubernamentales y todas aquellas edificaciones en donde sus ocupantes estén restringidos en su movimiento o en donde pueda presentarse pánico general.

**Grupo I: Estructuras de ocupación normal** — Todas las edificaciones cubiertas por la norma, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV.

**COEFICIENTE DE IMPORTANCIA (I)** — El Coeficiente de Importancia, **I**, se toma en cuenta para las edificaciones de los grupos II, III y IV. Deben considerarse valores de aceleración con una probabilidad menor de ser excedidos que aquella del diez por ciento en un lapso de cincuenta años considerada en el numeral A.2.2.1. Los valores del coeficiente **I** se presentan en la siguiente tabla:

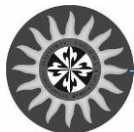


Tabla 2.6.7.5.1-1. Valores coeficiente de importancia I

| Grupo de Uso | Coeficiente de Importancia, I |
|--------------|-------------------------------|
| IV           | 1.50                          |
| III          | 1.25                          |
| II           | 1.10                          |
| I            | 1.00                          |

Fuente: NSR-10

### 2.6.7.6. Espectros de Diseño

**Espectro de aceleraciones ( $S_a$ ):** La forma del espectro elástico de aceleraciones,  $S_a$  expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente de cinco por ciento (5%) del amortiguamiento crítico, que se debe utilizar en el diseño, se definen en la ecuación (2.6.7.6-1) con las limitaciones dadas para los periodos de vibración.

$$S_a = \frac{1.2A_v F_v I}{T} \quad 2.6.7.6-1$$

Donde:

$A_a$ =coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño.

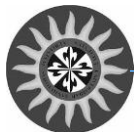
$A_v$  =coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño.

$I$  = coeficiente de importancia.

$T$  = período de vibración del sistema elástico, en segundos.

$T_c$ = período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos cortos, y la parte descendiente del mismo.

Para períodos de vibración menores de  $T_c$ , calculado de acuerdo con la ecuación (2.6.7.6-2), el valor de  $S_a$  puede limitarse al obtenido de la ecuación (2.6.7.6-3).



$$T_c = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a} \quad 2.6.7.6-2$$

$T_c$  = período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos cortos, y la parte descendiente del mismo.

$A_a$  = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño.

$A_v$  = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño.

$F_a$  = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional.

$F_v$  = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.

$$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad 2.6.7.6-3$$

Donde:

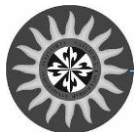
$S_a$  = valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado. Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un período de vibración  $T$ .

Para períodos de vibración mayores que  $T$ , calculado de acuerdo con la ecuación (2.6.7.6-4), el valor de  $S_a$  no puede ser menor que el dado por la ecuación (2.6.7.6-5).

$$T_L = 2.4 F_v \quad 2.6.7.6-4$$

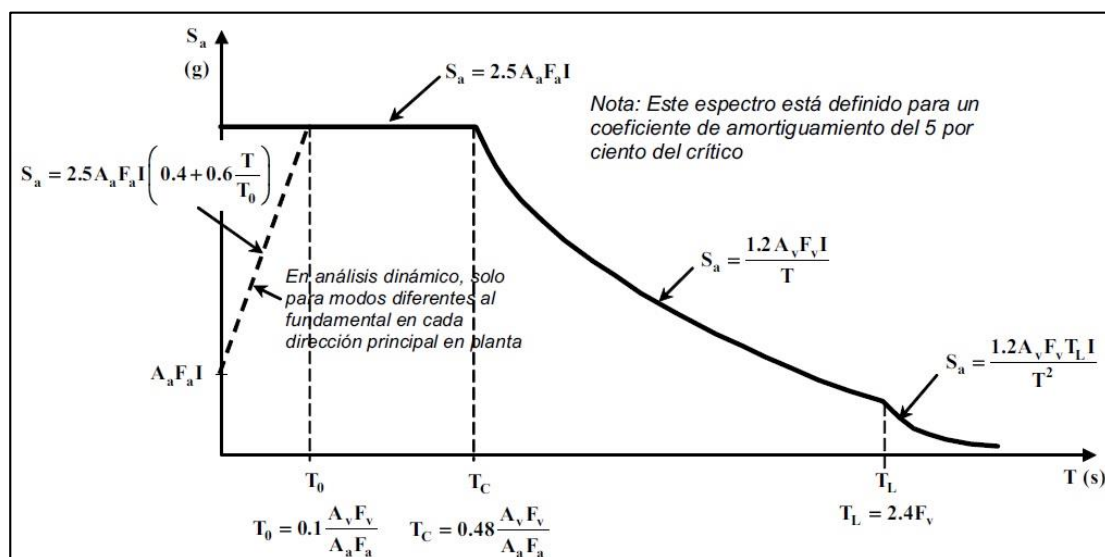
$$S_a = \frac{1.2 A_v F_v I T_L}{T^2} \quad 2.6.7.6-5$$

Donde:



$T_L$  = período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante del espectro de diseño, para períodos largos.

Figura 2.6.7.6-1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño

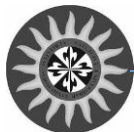


Fuente: NSR-10

Cuando se utilice el análisis dinámico, para períodos de vibración diferentes del fundamental, en la dirección en estudio, menores de  $T_0$  calculado de acuerdo con la ecuación (6), el espectro de diseño puede obtenerse de la ecuación (7).

$$T_0 = 0.1 \frac{A_v F_v}{A_a F_a} \quad 2.6.7.6-6$$

$$S_a = 2.5 A_a F_a I (0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0}) \quad 2.6.7.6-7$$



## **2.7. ANÁLISIS SÍSMICO POR EL MÉTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE**

### **2.7.1. Definición**

El método de la fuerza horizontal equivalente consiste fundamentalmente en reemplazar el efecto del sismo en un edificio por fuerzas horizontales equivalentes, aplicadas en los niveles de las placas. Es un método de Análisis Estático.

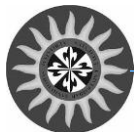
### **2.7.2. Generalidades**

Los requisitos generales que controlan la obtención de las fuerzas sísmicas horizontales de la edificación y el análisis sísmico de la misma, están de acuerdo con los requisitos dados para el diseño sismo resistente y la utilización del método de la fuerza horizontal equivalente.

Para el cálculo de las fuerzas horizontales equivalente para el diseño de los elementos estructurales, es primordial que previamente se haya hecho una evaluación y revisión detallada de las cargas involucradas en la estructura acorde con lo requerido en el numeral A.3 de la NSR-10. De igual manera es recomendable para el diseñador, que siga la metodología descrita a continuación para la obtención de las fuerzas de diseño. Las cargas que se consideran para el cálculo son las cargas muertas

### **2.7.3. Metodología para el cálculo de las fuerzas horizontales equivalentes**

**1. Pre-dimensionamiento de la estructura:** Determinar las dimensiones tentativas para evaluar preliminarmente las diferentes sollicitaciones tales como: la masa de la estructura, las cargas muertas, las cargas vivas, los efectos sísmicos, y las fuerzas de viento. Estas dimensiones preliminares se coordinan con los otros profesionales que participan en el diseño.



## **2. Localización del proyecto y determinación del nivel de amenaza sísmica:**

La localización de la estructura geográficamente nos define de manera precisa el riesgo sísmico y los parámetros que deben emplearse para la determinación de las fuerzas horizontales actuantes.

Para determinar los parámetros de amenaza sísmica, debe localizarse la edificación en los mapas A.1.1 y A.1.2 de la norma y luego remitirse a las tablas A.2.2-1 y A.2.3-2 para la obtención de los coeficientes de aceleración pico efectiva **Aa** y **Av**.

Los valores de **Fa** y **Fv** se obtienen el tipo de suelo y con los valores de **Aa** y **Av** ingresando a las gráficas mostradas en A.2.4-1 y A.2.4-2 de la NSR 10.

Dentro de este paso debe incluirse la determinación del coeficiente de importancia de la edificación **I** según su grupo de uso, utilizando la tabla A.2.5-1.

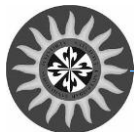
**3. Definición del sistema estructural:** Un aspecto fundamental en la obtención de una respuesta apropiada de la estructura al verse sometida a los efectos de un sismo es su capacidad de disipación de energía en el estado inelástico. Las *Norma NSR-10* contemplan tres niveles: especial (*DES*), moderada (*DMO*) y mínima (*DMI*). Para cada uno de los materiales estructurales se prescriben los requisitos de detallado de los miembros, en función de estas tres capacidades. La posibilidad de emplear miembros y sistemas estructurales depende entonces de la zona de amenaza sísmica y de la capacidad escogida de disipación de energía en el rango inelástico, así:

Tabla 2.7.3-1. Capacidad de disipación de energía según amenaza sísmica

| Capacidad de disipación de energía | Zona de amenaza sísmica |            |           |
|------------------------------------|-------------------------|------------|-----------|
|                                    | Baja                    | Intermedia | Alta      |
| Mínima (DMI)                       | Permitido               | No         | No        |
| Moderada (DMO)                     | Permitido               | Permitido  | No        |
| Especial (DES)                     | Permitido               | Permitido  | Permitido |

Fuente: Uribe Escamilla, Análisis de Estructuras

Se hace la determinación del grado de disipación de energía de la estructura, dependiendo del tipo de material estructural y de las características del sistema de resistencia sísmica se establecen los grados de capacidad de disipación de



energía mínimos (*DES*, *DMO*, o *DMI*) que debe cumplir el material estructural en las diferentes zonas de amenaza sísmica definidas.

**4. Grado de irregularidad torsional:** Corresponde analizar el grado de irregularidad de la edificación, tanto en planta como en alzado, para determinar los correspondientes coeficientes de reducción de capacidad de disipación de energía,  $\phi_p$  y  $\phi_a$ . Estos coeficientes afectan el valor del coeficiente básico de modificación de respuesta  $R_0$ , obtenido de las tablas A.3.1 a la A.3.4 según el sistema estructural empleado. Para obtener el coeficiente de modificación de respuesta que se utiliza en el diseño,  $R$ , mediante la ecuación:

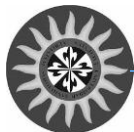
$$R = \phi_p * \phi_a * R_0 \quad 2.7.3-1$$

Las tablas de la norma NSR-10 que especifican los valores de  $R_0$  indican además las zonas de amenaza sísmica donde se permite cada tipo de sistema estructural y las alturas máximas permitidas en cada caso. Los valores de  $R_0$  varían entre 1.0 y 8.0.

**5. Avalúo de cargas:** La determinación de las fuerzas verticales debe realizarse de acuerdo a la práctica común para este tipo de trabajo, teniendo en cuenta todas las cargas que actúan sobre la estructura de acuerdo a lo requerido por la norma en el título B.

**6. Combinaciones de carga:** Las combinaciones de carga y factores de carga deben ser usados en todos los materiales estructurales permitidos por el reglamento de diseño del material, con la excepción de aquellos casos en que el Reglamento indique explícitamente que deba realizarse el diseño utilizando el método de los esfuerzos de trabajo. Caso en el cual se deben utilizar las combinaciones de la sección B.2.3.1.

**7. Determinación del período fundamental de la estructura:** El valor del período fundamental de la edificación,  $T$ , debe obtenerse a partir de las propiedades de su sistema de resistencia sísmica, en la dirección bajo consideración, de acuerdo con los principios de la dinámica estructural, utilizando



un modelo matemático linealmente elástico de la estructura. Este requisito puede suplirse por medio del uso de la siguiente ecuación:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)}} \quad 2.7.3-2$$

Donde:

$m_i, m_x$  = parte de la masa total de la edificación que está colocada en el nivel  $i$  o  $x$  respectivamente.

$f_i$  = fuerza sísmica horizontal en el nivel  $i$

$\delta_i$  = desplazamiento horizontal del nivel  $i$  con respecto a la base de la estructura, debido a las fuerzas horizontales  $f_i$ .

- ✓ Alternativamente el valor de  $T$  puede ser igual al período fundamental aproximado,  $T_a$ , que se obtenga por medio de la siguiente ecuación.

$$T_a = C_t h^\alpha \quad 2.7.3-3$$

Donde:

$C_t$  = coeficiente utilizado para calcular el período de la estructura.

$h_n$  = altura en metros, medida desde la base, del piso más alto del edificio.

$\alpha$  = exponente para ser utilizado en el cálculo del período aproximado.

Para obtener los valores de  $\alpha$  y  $C_t$ , se utiliza la tabla A.4.2-1.

**8. Determinación del espectro elástico de aceleraciones:** Una vez establecidos los coeficientes de aceleración pico efectiva ( $A_a$  y  $A_v$ ), los coeficientes según el tipo de suelo ( $F_a$  y  $F_v$ ), el coeficiente de importancia de la edificación  $I$  según su uso y el período fundamental de la estructura, se procede a graficar la curva representativa del espectro elástico de aceleraciones, utilizando las ecuaciones (2.6.7.6-1 a 2.6.7.6-7).

La curva obtenida debe ser similar a la mostrada en la figura 2.7.3-1.

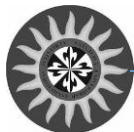
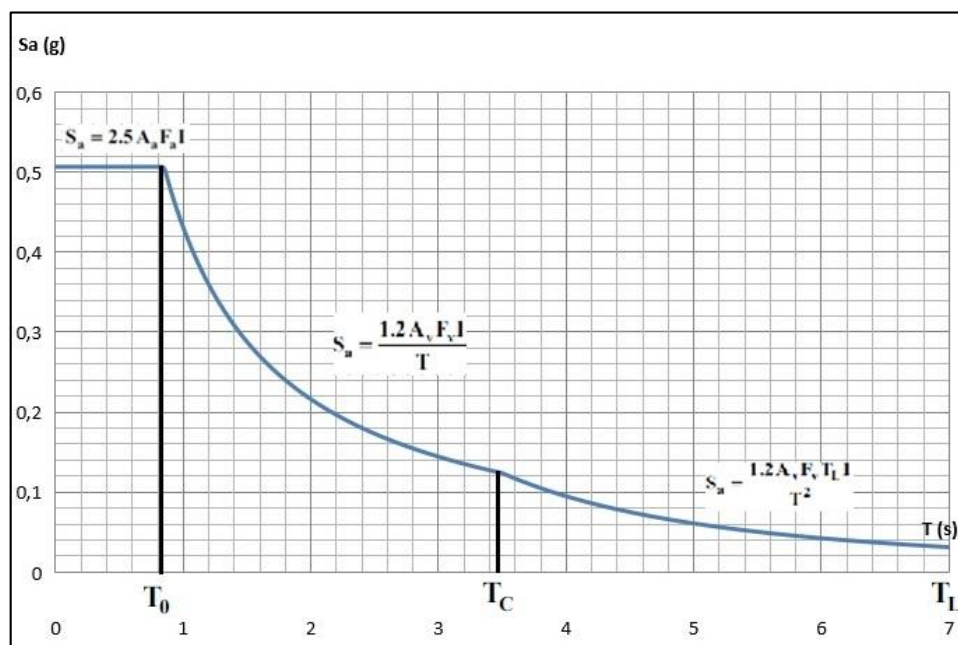


Figura 2.7.3-1. Curva representativa del espectro elástico de aceleraciones



Fuente: Elaboración propia

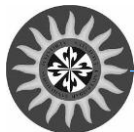
### 2.7.3.1. Pasos para el cálculo de las fuerzas horizontales equivalentes

**Paso 1:** Calculamos el cortante sísmico de la base  $V_s$ , equivalente a la totalidad de los efectos totales inerciales horizontales producidos por los movimientos sísmicos de diseño. Este valor se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$V_s = S_a g M \quad 2.7.3.1-1$$

Donde:

**M**= masa total de la estructura, que es igual a la masa total de la estructura más la masa de aquellos elementos ligados permanentemente a ella, como muros divisorios, particiones, equipos permanentes, tanques y sus contenidos, etc. En depósitos o bodegas debe incluirse además un 25% de la carga viva del piso.



$S_a$  = valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado. Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un período de vibración  $T$ .

$g$  = Valor de la gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>)

**Paso 2:** El valor del cortante anterior está constituido por fuerzas sísmicas horizontales,  $F_x$ , actuando en los niveles de las placas, este valor se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$F_x = C_{vx} V_s \quad 2.7.3.1-2$$

El valor de  $C_{vx}$  lo obtenemos utilizando la siguiente ecuación:

$$C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)} \quad 2.7.3.1-3$$

Donde:

$k$  = exponente relacionado con el período fundamental de la estructura de la siguiente manera:

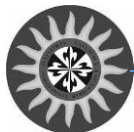
|               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| 1.0           | para $T$ menor o igual a 0.5 segundos |
| 2.0           | para $T$ mayor de 2.5 segundos        |
| $0.75 + 0.5T$ | para $T$ entre 0.5 y 2.5 segundos.    |

$m_i, m_x$  = parte de  $M$  que está colocada en el nivel  $i$  o  $x$  respectivamente.

$h_i, h_x$  = altura, medida desde la base, al nivel  $i$  o  $x$ .

- ✓ Para efectos de cálculo de las fuerzas mencionadas anteriormente, es recomendable organizar la información en una tabla donde el diseñador pueda administrar de manera eficiente la información.

**Paso 3: Cálculo y verificación de los desplazamientos o derivas**



De acuerdo a la NSR-10, la deriva máxima en cualquier punto del piso  $i$ , se obtiene como la diferencia entre los desplazamientos horizontales totales máximos del punto en el piso  $i$  y los desplazamientos horizontales totales máximos de un punto localizado en el mismo eje vertical en el piso  $i-1$ , por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta_{max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 (\delta_{tot,j}^i - \delta_{tot,j}^{i-1})^2} \quad 2.7.3.1-4$$

La deriva máxima evaluada en cualquier punto de la estructura, no puede exceder los límites establecidos en la siguiente tabla, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso:

Tabla 2.7.3.1-1. Límites para derivas

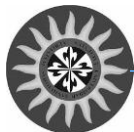
| Estructuras de:                                                                                    | Deriva máxima                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2 | 1.0% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.010 h_{pi}$ ) |
| de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3                                             | 0.5% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.005 h_{pi}$ ) |

Fuente: NSR-10

## 2.8. REQUISITOS DE DISEÑO

Los métodos y principios racionales en los que se basa el diseño de mampostería estructural deben hacerse fundamentados en la buena práctica de la ingeniería en los que se reflejen las características y propiedades de los materiales constitutivos de la mampostería expuestos en la primera parte de este trabajo, basándose en el comportamiento individual y en conjunto del sistema constructivo.

En Colombia el método de los esfuerzos admisibles fue incluido como método de diseño para mampostería estructural, en el código colombiano de construcción



sismo resistente en 1984. Luego en 1997 el método del estado límite de resistencia es presentado como método de diseño para la mampostería estructural en la NSR-98, aunque permitiendo aun el diseño alterno por el método de los esfuerzos admisibles<sup>22</sup>.

La NSR-10 permite diseñar estructuras de mampostería por el método de estados límites o por el método de esfuerzos de trabajo; de cualquier forma, ambos exigen que el diseño debe realizarse completamente por cualquiera de los dos métodos.

Tradicionalmente, el método de los esfuerzos de trabajo ha sido el más utilizado, sin embargo se ha impulsado y utilizando el enfoque semiprobabilístico y la adopción del concepto de estados límites de resistencia el cual se ha ido trasladando a las tradicionales formas de diseño pero dadas sus grandes incertidumbres y variabilidad que tiene en la parte práctica, no ha logrado imponerse sobre el método de esfuerzos admisibles.

El diseño por esfuerzos de trabajo pretende garantizar que en cualquier punto de la estructura, los esfuerzos máximos producto de las cargas de trabajo, no excedan los esfuerzos admisibles establecidos para ese material. La estructura se analiza bajo las cargas de servicio suponiendo que esta se comporta elásticamente se garantiza una resistencia adecuada. Los esfuerzos admisibles se obtienen dividiendo los esfuerzos de falla del material por factores de seguridad, seleccionados según criterio y en algunos casos arbitrariamente.

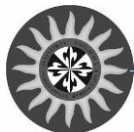
El diseño por estados límites de resistencia, en general es una metodología mediante la cual se pretende reducir la probabilidad de falla de la estructura a valores aceptables teniendo en cuenta las numerosas incertidumbres, tomando como referencia uso estados límites, que son definidos como aquellos sobre los cuales la estructura deja de cumplir su función o la razón para la cual fue proyectada.

El estado límite último se basa en la seguridad y capacidad de carga última de la estructura. El método de la resistencia es un método de diseño para estados límites que considera las solicitaciones últimas de un miembro estructural o de una estructura<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Mendoza- Martínez, Fundamentos y aplicación de la mampostería estructural, Universidad de Sucre, 2004

<sup>23</sup> Oscar Javier Gutiérrez Junco, Mampostería estructural, Universidad de los Andes, 2004



La mampostería se ha distanciado de los otros materiales en la determinación de la resistencia representativa, o del acercamiento al diseño de estados límites; y todavía es prácticamente diseñada por métodos de esfuerzos de trabajo para cargas de servicio.

Hay en efecto, poca evidencia acerca de que el comportamiento de las estructuras de mampostería se puede predecir con mayor precisión en los niveles de carga de servicio y no en los niveles últimos. El comportamiento del sistema en el caso del método de la resistencia última es, sin embargo, poco relacionado con estos aspectos, así que los momentos calculados en los últimos esfuerzos puede ser predicho con igual o mayor exactitud.

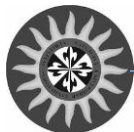
### **2.8.1. HIPÓTESIS DEL MÉTODO**

El método del estado límite de resistencia o método de la resistencia última parte de las siguientes hipótesis para el diseño de mampostería:

- Existe adherencia perfecta entre el acero de refuerzo y la mampostería.
- La resistencia a la tensión de la mampostería es despreciable.
- La máxima deformación en la mampostería es 0.003.
- Los elementos estructurales tienen secciones rectas y uniformes.
- Secciones planas antes de aplicar flexión permanecen planas después de ella, y en consecuencia las deformaciones en la fibra de un elemento sometido a flexión son proporcionales a su distancia hasta el eje neutro.

Las unidades de mampostería se unen para formar miembros estructurales homogéneos e isotrópicos.

### **2.8.2. RESISTENCIA DE DISEÑO**



En esencia la resistencia de diseño de un elemento estructural es igual a su resistencia nominal multiplicada por un factor de reducción ( $\phi$ ).

$$M_{DISEÑO} = \phi M_{NOMINAL} \geq M_{REQUERIDO} = M_U \quad 2.8.2-1$$

$$V_{DISEÑO} = \phi V_{NOMINAL} \geq V_{REQUERIDO} = V_U \quad 2.8.2-2$$

$$P_{DISEÑO} = \phi P_{NOMINAL} \geq P_{REQUERIDO} = P_U \quad 2.8.2-3$$

Los factores de reducción son prescritos por la NSR-10 (ver) y para el caso del diseño de mampostería estructural son:

Tabla 2.8.2-1 Factores de resistencia

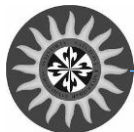
| FACTORES DE REDUCCION DE LA RESISTENCIA ( $\phi$ ) |                                |                                     |                                |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| FUERZAS PERPENDICULARES AL PLANO DEL MURO          |                                | FUERZAS PARALELAS AL PLANO DEL MURO |                                |
| TIPO DE ESFUERZO                                   | FACTOR DE REDUCCION ( $\phi$ ) | TIPO DE ESFUERZO                    | FACTOR DE REDUCCIÓN ( $\phi$ ) |
| Flexión                                            | -                              | Compresión y flexo-compresión       | 0,6                            |
| Compresión y flexo-compresión                      | 0,8                            | Cortante                            | 0,6                            |
| Cortante                                           | 0,6                            | --                                  | --                             |

Fuente: Elaboración propia

Para muros con refuerzo simétrico en los cuales  $f_y$  no excede 420 MPa, el valor de  $\phi$  puede incrementarse linealmente hasta  $\phi = 0.85$  en la medida que  $\phi P_n$  disminuye desde  $0.10f'_m A_e$  ó  $0.25P_b$  hasta cero. Para muros con todas sus celdas inyectadas,  $P_b$  puede calcularse utilizando la ecuación:

$$P_b = 0,85f'_m b a_b \quad 2.8.2-4$$

$$a_b = 0,85d \frac{\epsilon_{mu}}{\epsilon_{mu} + \frac{f_y}{E_s}} \quad 2.8.2-5$$



Las fuerzas para las cuales se debe diseñar son aquellas resultantes de las respectivas combinaciones que en consecuencia estarán afectadas por un coeficiente de mayoración, pero además en el caso de las fuerzas sísmicas estas deben reducirse mediante el coeficiente de disipación de energía (**R**) de lo cual resulta las fuerzas sísmicas de diseño (**E**), para lo cual utilizaremos la ecuación 2.7.3-1, donde,

Donde:

**R** = Coeficiente básico de disipación de energía (ver tabla A.3-1 NSR-10).

$\phi_a$  = Coeficiente que tiene en cuenta irregularidades en altura.

$\phi_P$  = Coeficiente que tiene en cuenta irregularidades en planta.

Luego de calcular el coeficiente de disipación de energía (**R**) procedemos a hallar las fuerzas sísmicas de diseño que no son más que las fuerzas obtenidas del análisis sísmico divididas entre el coeficiente de disipación de energía.

$$E = \frac{F_{ssismica}}{R} \quad 2.8.2-6$$

Donde:

**E** = Fuerza sísmica de diseño.

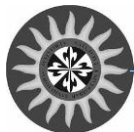
**FSISMICA** = Son las fuerzas que se obtienen del análisis sísmico.

### 2.8.3. MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y CORTANTE DE LOS MATERIALES

Los módulos de elasticidad y cortante de los materiales deben cumplir con lo establecido en D.5.2 NSR-10

Tabla 2.8.3-1. Modulos De Elasticidad Y De Corte Según Nsr-10

| MODULOS DE ELASTICIDAD Y DE CORTE |                                         |                           |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
| Material                          | Módulo de elasticidad<br>E              | Módulo de<br>cortante (G) |
| Mampostería<br>de                 | $900 \text{ fm} \leq 20000 \text{ Mpa}$ | $0.4 \cdot E_m$           |



|                        |                                            |                 |
|------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| concreto               |                                            |                 |
| Mampostería de arcilla | $750 f_m \leq 20000 \text{ Mpa}$           | $0.4 \cdot E_m$ |
| Mortero de relleno     | $E_r = 2500 f_c' r \leq 20000 \text{ Mpa}$ | $0.5 \cdot E_r$ |
| Acero de refuerzo      | $200000 \text{ Mpa}$                       |                 |

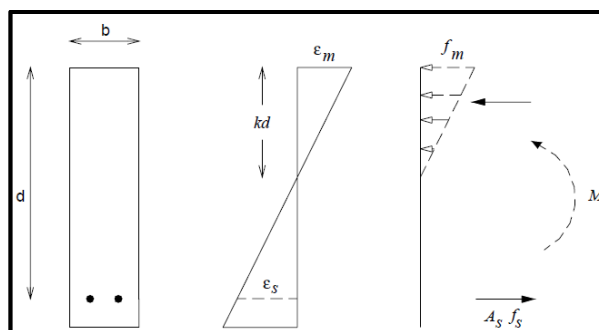
Fuente: NSR-10

#### 2.8.4. DISEÑO A FLEXIÓN

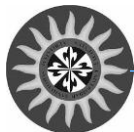
Para entender y aplicar el diseño a flexión, a continuación se utiliza una viga en mampostería y se plantean las siguientes hipótesis fundamentales:

- Comportamiento elástico de los materiales
- Secciones planas permanecen planas en un elemento sometido a flexión antes y después de ser cargado o deformado. Se concluye entonces que las deformaciones de las fibras son proporcionales a su distancia al eje neutro.
- La resistencia a tensión solo es aportada por el acero.

Figura 2.8.4-1 Viga de mampostería sometida a flexión



Fuente: Junco Gutiérrez, Mampostería estructural, Universidad de los Andes



En la Figura 2.8.2.1-1 se ilustra la aplicación de estas hipótesis para la sección rectangular de la viga mediante los diagramas de deformaciones y de esfuerzos.

La flexión es un tipo de esfuerzo muy común en las edificaciones en mampostería generalmente se presenta en vigas y dinteles y su diseño depende básicamente de si se utiliza refuerzo a solo tensión o a tensión y compresión.

### 2.8.5. ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXO-COMPRESIÓN.

La flexo-compresión es el tipo de esfuerzo más común en las estructuras de mampostería y se presenta principalmente en los muros, de allí su importancia ya que los muros componen el sistema de resistencia sísmica de la estructura.

#### 2.8.5.1. Compresión y flexión

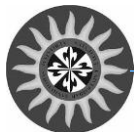
Las prescripciones sobre esta condición de carga están en el numeral D.5.8 de la NSR-10 donde se recomienda el uso del diagrama de interacción y además se recomienda el uso de este procedimiento solo para muros con relaciones de esbeltez menores de 25, es más, con relaciones de esbeltez menores de 25 los efectos de esta son tenidos en cuenta a través de un factor de reducción de resistencia axial por esbeltez (**Re**) que se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$R_e = 1 - \left[ \frac{h'}{42t} \right]^2 \quad \text{Para } h'/t < 30 \quad 2.8.5-1$$

$$R_e = 1 - \left[ \frac{21t}{h'} \right]^2 \quad \text{Para } h'/t < 30 \quad 2.8.5-2$$

#### 2.8.5.2. Suposición del refuerzo tentativo

Para iniciar es necesario partir de un refuerzo tentativo que podemos hallar suponiendo que el muro solo está sometido a flexión, que el refuerzo está distribuido simétricamente en la longitud del muro, que solo se utilizara un solo diámetro que debe ser mayor del diámetro mínimo prescrito por la NSR-10 para el tipo de mampostería y que este no debe estar separado a distancias mayores de



la mínima dada por la NSR-10. Para hallar el área de acero utilizamos la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{M_u}{df_y} \quad 2.8.5-3$$

### 2.8.5.3. Máxima Resistencia Axial Teórica

La máxima resistencia axial teórica del muro sometido a carga axial sin excentricidad, **P<sub>0</sub>**, se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$P_0 = 0.80f'_m(A_e - A_{st}) + A_{st}f_y \leq f'_m A_e \quad 2.8.5-4$$

Dónde: **A<sub>e</sub>** = Área efectiva del muro (D.5.4.1 NSR-10)

### 2.8.5.4. Resistencia Nominal Para Carga Axial

La resistencia nominal para carga axial de compresión **P<sub>n</sub>**, sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, no puede ser mayor que el valor dado a continuación:

$$P_n = 0.80P_0R_e \quad 2.8.5-5$$

Donde **R<sub>e</sub>** = Factor de reducción por esbeltez (ver ecuaciones 2.8.5-1 y 2.8.5-2)

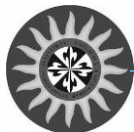
### 2.8.5.5. Máxima Resistencia De Diseño Para Carga Axial

La máxima resistencia de diseño para carga axial de compresión **P<sub>u</sub>**, sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, está dada por la siguiente expresión:

$$P_u \leq \phi P_n = \phi 0.8P_0R_e \quad 2.8.5-6$$

### 2.8.5.6. Momento nominal (M<sub>n</sub>)

Al igual que para la carga axial sola también para el caso de solo flexión es necesario hallar la resistencia nominal a la flexión del muro (**M<sub>n</sub>**). Cuando la sección del muro esta simplemente reforzada, y su cuantía es menor del 75% de



la cuantía para condiciones balanceadas, la resistencia nominal a flexión **M<sub>n</sub>**, se puede obtener por medio de la ecuación:

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad 2.8.5-7$$

Donde:

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0.80 f'_m b} \quad 2.8.5-8$$

#### 2.8.5.7. Revisión para momento de agrietamiento (M<sub>cr</sub>)

Cuando el modo de falla dominante del muro es la flexión, la resistencia nominal a flexión del muro **M<sub>n</sub>**, debe cumplir la siguiente relación:

$$M_n \geq \alpha M_{cr} \quad 2.8.5-9$$

Donde:

$\alpha = 1.8$  para mampostería totalmente inyectada.

$\alpha = 3.0$  para mampostería parcialmente inyectada.

$\alpha = 3.0$  para mampostería de cavidad reforzada.

$$M_{cr} = \frac{b l_w^2}{6} f_r \quad 2.8.5-10$$

El módulo de ruptura de la mampostería, **f<sub>r</sub>**, se obtiene de la tabla D.5.8-1:

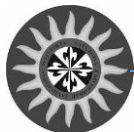


Tabla 2.8.5-1. Módulo de ruptura (MPa)

| Dirección de los esfuerzos de tracción por flexión y tipo de mampostería. | Morteros de cemento portland y cal |      | Morteros de cemento para mampostería |      |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------------|------|
|                                                                           | H, M, ó S                          | N    | H, M, ó S                            | N    |
| <b>Perpendicular a las juntas horizontales</b>                            |                                    |      |                                      |      |
| - Unidades Macizas                                                        | 0.69                               | 0.52 | 0.41                                 | 0.26 |
| - Unidades de perforación vertical <sup>(1)</sup>                         |                                    |      |                                      |      |
| - Sin rellenar                                                            | 0.43                               | 0.33 | 0.26                                 | 0.16 |
| - Rellenas con morteros de inyección                                      | 1.12                               | 1.09 | 1.06                                 | 1.00 |
| <b>Perpendicular a la junta vertical</b>                                  |                                    |      |                                      |      |
| - Unidades Macizas                                                        | 1.38                               | 1.03 | 0.83                                 | 0.52 |
| - Unidades de perforación vertical                                        |                                    |      |                                      |      |
| - Sin rellenar                                                            | 0.86                               | 0.66 | 0.52                                 | 0.33 |
| - Rellenas y parcialmente rellenas con morteros de inyección              | 1.38                               | 1.03 | 0.83                                 | 0.52 |

Fuente: NSR.10

### 2.8.5.8. Carga axial balanceada reducida (Pbu)

La carga axial de diseño balanceada se calcula con la siguiente formula:

$$P_{bu} = \phi P_b \quad 2.8.5-11$$

### 2.8.5.9. Momento balanceado reducido (Mbu)

Con el valor del momento nominal balanceado hallamos el momento de diseño balanceado así:

$$M_{bu} = \phi M_b \quad 2.8.5-12$$

Condiciones de diseño satisfactorias:

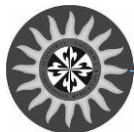
Para  $P_u$  (requerido) >  $P_{bu}$ :

$$M_{u \text{ (suministrado)}} = \left( \frac{\phi P_n - P_{u \text{ (requerido)}}}{\phi P_n - P_{bu}} \right) M_{bu} \quad 2.8.5-13$$

Si  $M_u$  (suministrado) es mayor que  $M_u$  (requerido) el diseño es satisfactorio.

Para  $P_u$  (requerido) <  $P_{bu}$ :

$$M_{u \text{ (suministrado)}} = \phi M_n + \left( \frac{P_{u \text{ (requerido)}}}{P_{bu}} \right) (M_{bu} - \phi M_n) \quad 2.8.5-14$$



Si  $M_{bu}$  es mayor que  $\phi \cdot M_n$ , entonces  $M_u$  (suministrado) debe ser menor que  $M_u$  (requerido) para que el diseño sea satisfactorio.

Si  $M_{bu}$  es menor que  $\phi \cdot M_n$ , entonces  $M_u$  (suministrado) debe ser mayor que  $M_u$  (requerido) para que el diseño sea satisfactorio.

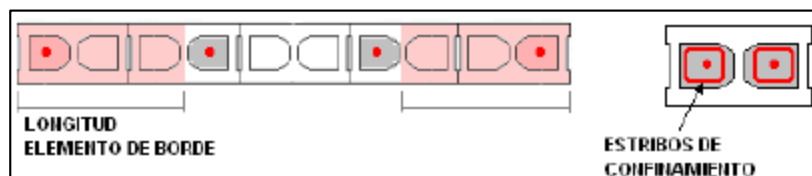
Finalmente si la sección y su refuerzo es satisfactoria aun es necesario verificar si se necesitan elementos de borde (D.5.8.5 NSR-10), que son áreas sólidas en los extremos de los muros que algunas veces tienen estribos de confinamiento dentro de las celdas que están en dichas áreas, se deben utilizar elementos de borde cuando el esfuerzo de compresión en la fibra extrema para las cargas mayoradas es mayor de:

**0.2 ·  $f_m'$** , para mampostería reforzada y de cavidad reforzada.

**0.3 ·  $f_m'$** , para mampostería parcialmente reforzada.

La longitud de los elementos de borde hacia el centro del muro debe ser como mínimo 3 veces el espesor efectivo del muro.

Figura 2.8.5-1. Elementos de borde

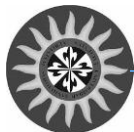


Fuente: Fundamentos y aplicación de la mampostería estructural

### 2.8.6. DISEÑO A CORTANTE

El diseño a cortante de un muro consiste en hallar la resistencia nominal a cortante del muro ( $V_n$ ) y luego compara con el cortante requerido.

Se debe cumplir la siguiente condición con respecto a la fuerza cortante que actúa en la dirección paralela al plano del muro:



$$V_u \leq \phi V_n \quad 2.8.6-1$$

Y

$$V_n = V_m + V_s \quad 2.8.6-2$$

Para cumplir con esta condición es necesario diferenciar entre la dirección perpendicular al plano del muro y la dirección paralela.

En las ecuaciones anteriores, **V<sub>m</sub>** se calcula de acuerdo con lo indicado a continuación:

Tabla 2.8.6-1. Resistencia a cortante en la mampostería

| $\frac{M_u}{V_u d}$               | $V_m$                                                                                             |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\frac{M_u}{V_u d} \leq 0.25$     | $V_m = 0.30 A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25 P_u$                                                        |
| $0.25 < \frac{M_u}{V_u d} < 1.00$ | $V_m = \left[ 0.33 - 0.13 \left( \frac{M_u}{V_u d} \right) \right] A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25 P_u$ |
| $\frac{M_u}{V_u d} \geq 1.00$     | $V_m = 0.20 A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25 P_u$                                                        |

Fuente: NSR-10

Donde:

**M** = Momento ultimo requerido que acompaña al cortante.

**V** = Cortante ultimo requerido.

**A<sub>mv</sub>** = Área efectiva de cortante.

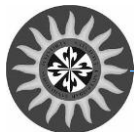
**d** = 0.8 veces la longitud del muro (L<sub>w</sub>).

Si **V<sub>u</sub> ≥ φV<sub>m</sub>**, el refuerzo debe tomar todo el esfuerzo cortante.

**Valor de V<sub>s</sub>** — El cortante nominal resistido por el refuerzo horizontal de cortante, **V<sub>s</sub>**, se calcula utilizando la ecuación:

$$V_s = \rho_n A_{mv} f_y \quad 2.8.6-3$$

$$\rho_n = \frac{V_s}{A_{mv} f_y} \quad 2.8.6-4$$



Donde:

$\rho_n$  = Cuantía de refuerzo horizontal para cortante medida sobre una sección perpendicular al área efectiva de cortante  **$A_{mv}$** .

El área de acero de refuerzo a cortante se calcula así:

$$A_{sv} = \rho_n b h \quad 2.8.6-5$$

Donde:

**b** = espesor del muro; **h** = altura del muro.

#### 2.8.6.1. VERIFICACIÓN DE ARTICULACIÓN PLÁSTICA

Si el cortante nominal del muro,  **$V_n$** , excede el cortante que se produce con la resistencia nominal a flexión del muro,  **$M_n$** , existe la posibilidad de que se desarrolle una articulación plástica en la base del muro y deben adoptarse precauciones especiales dentro de una región que va desde la base del muro hasta una altura igual a  **$l_w$** . Todas las secciones dentro de esta región deben tener una resistencia nominal al cortante igual a:

$$V_n = V_s \quad 2.8.6.1-1$$

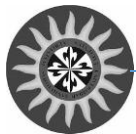
El cortante nominal,  **$V_n$** , no puede exceder los valores dados en la siguiente tabla:

Tabla 2.8.6.1-1. Valores máximos para el cortante nominal  $V_n$

| $\frac{M_u}{V_u d}$               | máximo valor permitido para $V_n$                                                  |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $\frac{M_u}{V_u d} \leq 0.25$     | $0.50 A_{mv} \sqrt{f'_{m}}$                                                        |
| $0.25 < \frac{M_u}{V_u d} < 1.00$ | $\left[ 0.56 - 0.23 \left( \frac{M_u}{V_u d} \right) \right] A_{mv} \sqrt{f'_{m}}$ |
| $\frac{M_u}{V_u d} \geq 1.00$     | $0.33 A_{mv} \sqrt{f'_{m}}$                                                        |

Fuente: NSR-10

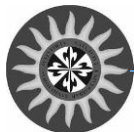
La resistencia a cortante en la Dirección perpendicular al plano del muro: debe estar suministrada por la mampostería para lo cual se utiliza las siguientes formulas:



$$V_u = \phi V_n \quad 2.8.6.1-2$$

Donde:

$$V_n = \frac{1}{6} A_{mv} \sqrt{f'_m} \quad 2.8.6.1-3$$



### 3. EJEMPLO DE APLICACIÓN: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE 5 PISOS EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL

Lo que se pretende hacer entender en este capítulo, es la aplicación teórica y práctica de los elementos de diseño expuestos en el capítulo anterior mediante el diseño completo de un edificio de 5 plantas en mampostería estructural. La organización establecida a continuación se hace con el fin de permitir consolidar los conceptos sobre el análisis y diseño de mampostería estructural expuestos en este documento.

El ejemplo de aplicación consiste en el diseño del proyecto “UNIDAD RESIDENCIAL SANTA CECILIA” el cual fue construido en la ciudad de Bogotá, utilizando en este caso el sistema estructural Muros de Mampostería Reforzada.

#### 3.1. Descripción Del Proyecto

**Nombre del proyecto:** “unidad residencial Santa Cecilia”

**Ubicación:** Bogotá - calle 55# 77b-24

**Uso:** residencial

**Número de pisos:** 5 pisos

**Área de construcción:** 129,91 m<sup>2</sup>

**Altura de la edificación:** 15.00 m

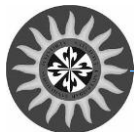
**Método de diseño:** resistencia última

**Método de análisis sísmico:** fuerza horizontal equivalente

**Sistema de resistencia sísmico:** muros de mampostería reforzada (DMO)

**Sistema de entrepiso:** placa maciza en concreto reforzado

#### 3.2. Desarrollo



### **3.2.1. Estructuración**

Para empezar es necesario partir del concepto arquitectónico del proyecto para seleccionar el sistema estructural e iniciar el diseño. Con base en el proyecto arquitectónico descrito en el anexo 1, evaluaremos los conceptos expuestos en el capítulo 2 sobre la configuración.

#### **3.2.1.1. Simetría**

En planta la edificación presenta una simetría respecto a un eje paralelo en la dirección larga de la misma, factor que hace que aumente la excentricidad entre el centro de masas y el centro de rigidez cuando el sismo actúa paralelo a la dirección larga. La altura de la edificación es simétrica, lo cual es favorable para compensar el comportamiento estructural.

#### **3.2.1.2. Tamaño y configuración en planta**

El área de la edificación en planta es de 129,91 m<sup>2</sup>, es decir que es de tamaño pequeño a medio lo cual no compromete la integridad de la estructura. En cuanto a la configuración en planta hay varios tipos de irregularidades que para nuestro caso es perteneciente al grupo de uso I en zona de amenaza sísmica intermedia, se pueden limitar a los tipos 1P, 3P Y 4P (NSR 10- A.3.1)

#### **Irregularidad torsional (1P)**

Para evaluar este tipo de irregularidad es necesario realizar primero el análisis de las fuerzas laterales y hallar las derivas de piso por tanto será evaluada más adelante.

#### **Irregularidad Del Diafragma (3p):**

Este tipo de irregularidad si está presente en la planta de la edificación por lo tanto la evaluaremos a continuación:

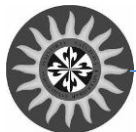
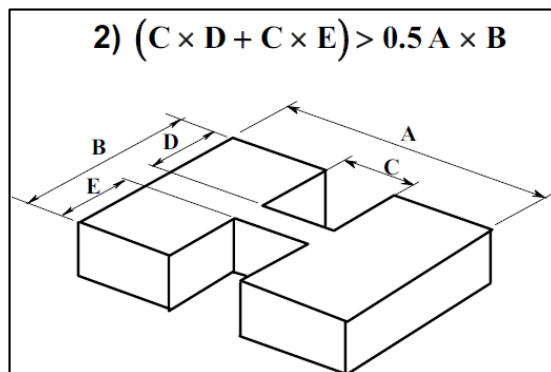
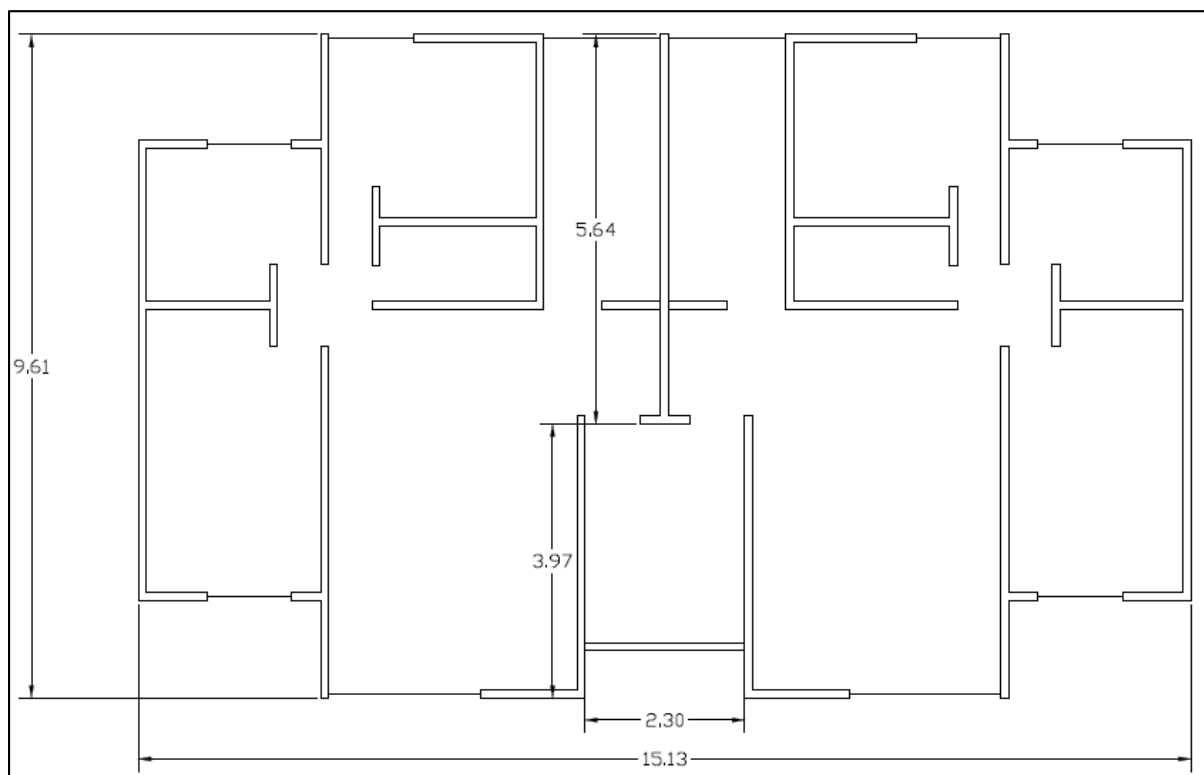


Figura 3.2.1.2-1. Irregularidad del diafragma

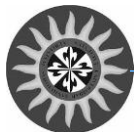


Fuente: NSR-10

Figura 3.2.1.2-2. Planta tipo del edificio



Fuente: Elaboración propia



De la planta tipo del edificio tenemos que:

Tabla 3.2.1.2-1. Dimensiones para irregularidad 3P

| DIMENSIONES (m) |       |
|-----------------|-------|
| A               | 15,13 |
| B               | 9,61  |
| C               | 2,3   |
| D               | 5,64  |
| E               | 3,97  |

Fuente: Elaboración propia

Luego:

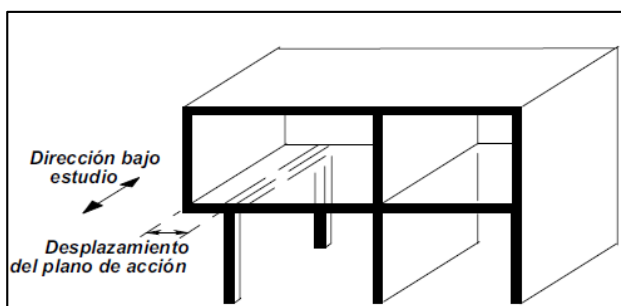
|          |       |
|----------|-------|
| CXD+CXE  | 22,10 |
| 0.5(AXB) | 72,70 |

$$(C \times D + C \times E) = 22,10 < 0.5 \cdot (A \times B) = 72,70$$

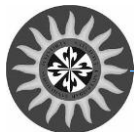
Por lo tanto la estructura no presenta irregularidad tipo 3P.

**Desplazamientos de los planos de acción (4P):** De los planos de planta se puede observar que este tipo de irregularidad no se presenta, teniendo en cuenta que la planta del edificio es igual para cada piso, luego la descripción de que hace la norma, muestra una planta diferente a la siguiente, por tanto se puede inferir que no hay desplazamiento de los planos que contienen los elementos estructurales verticales. Por lo tanto  $\phi_P = 0.8$ .

Figura 3.2.1.2-3. Desplazamientos de los planos



Fuente: Elaboración propia



Finalmente la influencia de las irregularidades será tomada en cuenta a través de los factores de reducción  $\phi_P$ , que para cada evaluación de posible irregularidad tiene un valor de los cuales se tomara el menor pero todavía falta evaluar la irregularidad torsional, la cual será evaluada más adelante.

**Tamaño y configuración en altura:** El sistema de resistencia sísmico seleccionado (Muros de mampostería reforzada con capacidad de disipación de energía moderada DMO) es compatible con la zona de amenaza sísmica. La altura total de la edificación ( $H=15$  m), no presenta grandes irregularidades y su evaluación se limita a los casos 4A y 5A (A.3.3.7 NSR-10).

**Desplazamiento dentro del plano de acción (4A):** Dado que los muros son continuos verticalmente y las plantas de cada piso son iguales, este tipo de irregularidad no se presenta por lo tanto  $\phi_A=0.8$ .

**Piso débil (5A):** teniendo en cuenta que en todos los pisos hay la misma cantidad de muros y que sus dimensiones nominales permanecen iguales se puede inferir que no habrá grandes diferencias entre las rigideces de piso ya que estas dependen básicamente de los muros, por tanto no hay este tipo de irregularidad y  $\phi_A=0.9$ .

Finalmente no hay irregularidades en altura y el  $\phi_A$  que se va utilizar para reducir el coeficiente básico de disipación de energía  $R$  es el menor de los obtenidos de las evaluaciones, es decir que  $\phi_A=0.9$ .

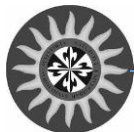
### 3.2.1.3. Relación De Esbeltez Y Relación De Aspecto:

En general las dimensiones de la edificación no presentan grandes diferencias lo que significa que las relaciones de aspecto y esbeltez sean poco significativas, pero para asegurarnos de lo descrito, calcularemos estos aspectos:

Altura de la edificación: 15 m

Dimensión mayor en planta: 15,13 m

Dimensión menor en planta: 9,60 m



$$Relacion\ de\ esbeltez = \frac{15m}{15,13} = 0,99 < 4\ OK$$

$$Relacion\ de\ aspecto = \frac{15m}{9,61} = 1,56 < 3\ OK$$

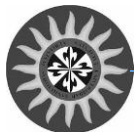
De los resultados obtenidos para la esbeltez y el aspecto, podemos concluir que la edificación no es esbelta ni alargada, lo cual es favorable para el comportamiento sísmico del edificio.

**Distribución y concentración de los elementos constructivos:** En general la distribución de los elementos constructivos que componen el edificio es bastante uniforme. Lo que puede ayudar disminuir la excentricidad entre el centro de masas y el centro de rigidez; por otra parte la distribución de los eventuales elementos estructurales (muros) es también bastante simétrica lo cual es favorable, además de esto evaluaremos los siguientes conceptos:

**Densidad de muros en planta:** Para hallar la densidad de muros en planta es necesario hallar la longitud total de muros en las dos direcciones principales. El área total del edificio es 137,85 m<sup>2</sup>.

Tabla 3.2.1.3-1. Longitud de los muros estructurales tentativos

| MURO<br>DIRECCION X | LONGITUD<br>(cm) | MURO<br>DIRECCION Y | LONGITUD<br>(cm) |
|---------------------|------------------|---------------------|------------------|
| 1 (C-E)             | 218              | A (3-7)             | 667              |
| 1 (D-F)             | 138              | B (4-6)             | 120              |
| 3 (A-B)             | 99               | C (1-5)             | 509              |
| 3 (A-C)             | 121              | C (5-8)             | 332              |
| 3 (B-C)             | 42               | D (5-7)             | 114              |
| 5 (A-B)             | 177              | E (5-8)             | 398              |
| 5 (D-E)             | 235              | F (1-4)             | 409              |
| 5 (F-G)             | 84               | G (4-8)             | 552              |
| 6 (D-E)             | 224              | A' (3-7)            | 667              |
| 7 (A-B)             | 99               | B' (4-6)            | 120              |
| 7 (A-C)             | 121              | C' (1-5)            | 509              |
| 7 (B-C)             | 42               | C' (5-8)            | 332              |

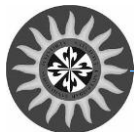


|                  |             |                  |             |
|------------------|-------------|------------------|-------------|
| 8 (C-E)          | 121         | D' (5-7)         | 114         |
| 8 (D-E)          | 176         | E' (5-8)         | 398         |
| 8 (E-G)          | 168         | F' (1-4)         | 409         |
| 2 (F-F')         | 230         |                  |             |
| 4 (F-F')         | 72          |                  |             |
| 1 (C'-E')        | 218         |                  |             |
| 1 (D'-F')        | 138         |                  |             |
| 3 (A'-B')        | 99          |                  |             |
| 3 (A'-C')        | 121         |                  |             |
| 3 (B'-C')        | 42          |                  |             |
| 5 (A'-B')        | 177         |                  |             |
| 5 (D'-E')        | 235         |                  |             |
| 5 (F'-G')        | 84          |                  |             |
| 6 (D'-E')        | 224         |                  |             |
| 7 (A'-B')        | 99          |                  |             |
| 7 (A'-C')        | 121         |                  |             |
| 7 (B'-C')        | 42          |                  |             |
| 8 (C'-E')        | 121         |                  |             |
| 8 (D'-E')        | 176         |                  |             |
| 8 (E'-G)         | 168         |                  |             |
|                  |             |                  |             |
| <b>SUMATORIA</b> | <b>4432</b> | <b>SUMATORIA</b> | <b>5650</b> |

Fuente: Elaboración propia

$$DENSIDAD DE LOS MUROS EN X = \frac{\sum LONGITUD MUROS EN X}{AREA TOTAL DE CONSTRUCCIÓN}$$

$$DENSIDAD DE LOS MUROS EN Y = \frac{\sum LONGITUD MUROS EN Y}{AREA TOTAL DE CONSTRUCCIÓN}$$



|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD DE MUROS EN X | 34,12 cm/m <sup>2</sup> |
| DENSIDAD DE MUROS EN Y | 43,49 cm/m <sup>2</sup> |

Al realizar una comparación de estos valores, con la densidad recomendada de muros que es cercana a 20 cm/m<sup>2</sup>, podemos concluir que las densidades de los muros son favorables para utilizar muros de mampostería estructural dado que en la dirección más débil (X) tenemos un valor de 34,12 cm/m<sup>2</sup> que es cercano al recomendado, y en la dirección fuerte (Y) la densidad corresponde a 43,49 cm/m<sup>2</sup>.

- **Resistencia perimetral:** En la dirección (X) hay muros fuertes ubicados perimetralmente (ejes A y A'; F y F'); por otra parte en la dirección (Y) no hay muchos muros en el perímetro por tratarse de la fachada ya que hay gran cantidad de ventanas en ella; sin embargo, la ubicación en general de los muros es buena, lo que puede ayudar a resistir los posibles efectos de torsión.

#### 3.2.1.4. Selección elementos estructurales

Para la elección de los muros estructurales definitivos se debe tener en cuenta que el sistema de entrepiso es una losa maciza en una dirección, para lo cual tomaremos la dirección (X), es decir que los muros orientados en la dirección (Y) son los muros de carga y además los conceptos de una distribución de muros uniforme y muros en ambas direcciones.

#### 3.2.1.5. Dimensiones tentativas de los muros

Como dimensiones tentativas de los muros estructurales tomaremos un espesor nominal **b**=12cm que es común en edificaciones de 5 pisos; por otra parte las longitudes de los muros se seleccionarán teniendo en cuenta la longitud máxima para juntas de control que según la NSR-10 es de 8m y además los conceptos expuestos en el literal D.4.5.9 de la Norma.

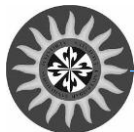


Tabla 3.2.1.5-1. Longitudes de los muros estructurales definitivos

| DISTRIBUCION DE MUROS ESTRUCTURALES DEFINITIVA |               |                  |               |
|------------------------------------------------|---------------|------------------|---------------|
| MURO DIRECCION X                               | LONGITUD (cm) | MURO DIRECCION Y | LONGITUD (cm) |
| 5 (A-B)                                        | 177           | A (3-7)          | 667           |
| 5 (D-E)                                        | 235           | C (1-5)          | 509           |
| 6 (D-E)                                        | 224           | C (5-8)          | 332           |
| 5 (A'-B')                                      | 177           | E (5-8)          | 398           |
| 5 (D'-E')                                      | 235           | F (1-4)          | 409           |
| 6 (D'-E')                                      | 224           | G (4-8)          | 552           |
|                                                |               | A' (3-7)         | 667           |
|                                                |               | C' (1-5)         | 509           |
|                                                |               | C' (5-8)         | 332           |
|                                                |               | E' (5-8)         | 398           |
|                                                |               | F' (1-4)         | 409           |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Sistema de entrepiso

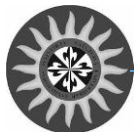
Para la losa de entrepiso se ha optado por una losa maciza de 0.10 m.

ESPESOR DE LA LOSA: 0.10 m

PESO DE LA LOSA:  $\gamma_c * \text{espesor de la losa} = 24 \text{ KN/m}^3 * 0,10\text{m} = 2,4 \text{ KN/m}^2$  (Sin incluir el peso de los acabados).

### 3.2.3. Dimensiones de la escalera

Para la escalera se utilizará concreto reforzado para lo cual es necesario hacer un pre-dimensionamiento.



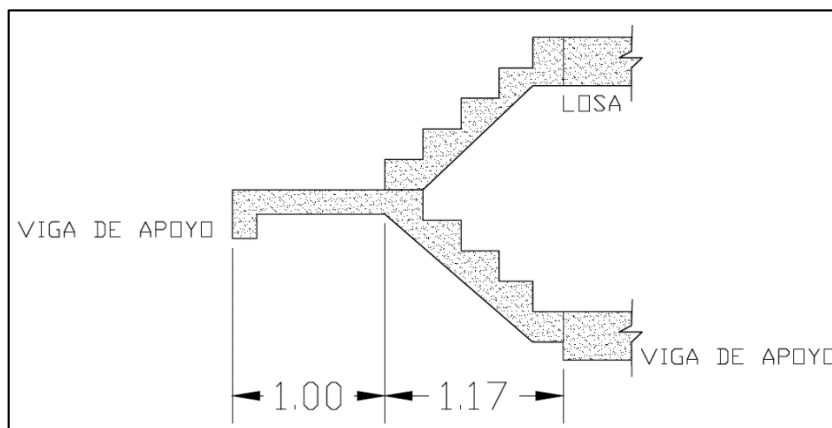
La escalera tiene una luz de 2.17 m de los cuales 1.17 m corresponden al tramo inclinado; La escalera está apoyada sobre dos vigas por lo cual se considera que está simplemente apoyada, la dimensión de la huella es de 0.25m y de la contrahuella es de 0.2m. En base a la información anterior, de acuerdo a C.9.5 (a) NSR-10:

Tabla 3.2.3-1. Alturas o espesores mínimos losas

|                                         | Espesor mínimo, h                                                                                                                     |                         |                          |                   |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|
|                                         | Simplemente apoyados                                                                                                                  | Con un extremo continuo | Ambos extremos continuos | En voladizo       |
| Elementos                               | Elementos que NO soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes. |                         |                          |                   |
| Losas macizas en una dirección          | $\frac{\ell}{20}$                                                                                                                     | $\frac{\ell}{24}$       | $\frac{\ell}{28}$        | $\frac{\ell}{10}$ |
| Vigas o losas nervadas en una dirección | $\frac{\ell}{16}$                                                                                                                     | $\frac{\ell}{18.5}$     | $\frac{\ell}{21}$        | $\frac{\ell}{8}$  |

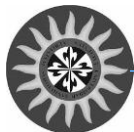
Fuente: NSR-10

Figura 3.2.3-1. Esquema Escalera Tipo



Fuente: Elaboración propia

$$H = L/20 = 2,17/20 = 108\text{mm} = \text{ESPESOR DE LA LOSA ESCALERA}$$

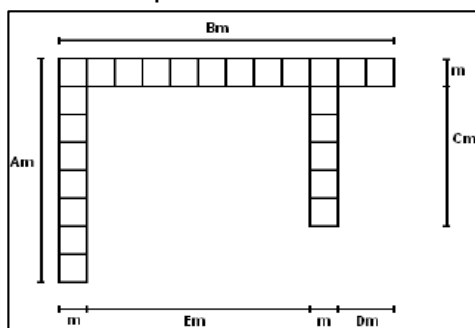


### 3.2.3.1. Modulación De Los Muros Estructurales

El módulo expresa generalmente una forma, una medida o un modelo, que sirve de base fundamental para realizar un conjunto de elementos de iguales proporciones.

En esencia el significado de módulo representa más que una unidad de medida o de proporción, una dimensión ideal que el proyectista adopta en su proyecto como una hipótesis inicial de trabajo y como una elección singular y única, que tiende a racionalizar su obra.

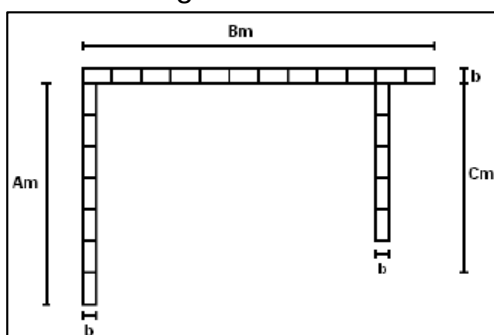
Figura 3.2.3.1-1. Espesor de la unidad como modulo



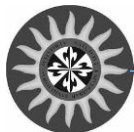
Fuente: Fundamentos y aplicación de la mampostería estructural

Sin embargo lo usual es que la medida modular en planta sea el largo de la unidad de mampostería o su mitad dependiendo de que estos productos sean de fácil adquisición y la medida modular vertical la altura de la unidad de mampostería y su mitad.

Figura 3.2.3.1-2. Longitud de la unidad como módulo



Fuente: Fundamentos y aplicación de la mampostería estructural

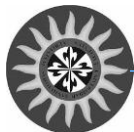


Teniendo en cuenta explicado anteriormente, se obtuvieron las dimensiones definitivas de los muros estructurales, para lo cual se necesita modularlos en base a las dimensiones de las unidades de mampostería (33 cm en horizontal y 11 cm en vertical). Los datos de los números de unidades por muro se calculan a continuación:

$$L_{\text{MURO}} = (N^{\circ} \text{ UNI L: } 33\text{cm}) \cdot 33\text{cm} + (N^{\circ} \text{ UNI L: } 16\text{ cm}) \cdot 16\text{cm} + (N^{\circ} \text{ UNI L: } 8\text{ cm}) \cdot 8\text{cm}$$

Tabla 3.2.3.1-1. Modulación horizontal de elementos eje X

| MODULACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES |               |                                      |                                     |                                    |
|-------------------------------------------|---------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| MURO DIRECCION X                          | LONGITUD (cm) | NUMERO DE UNIDADES ENTERAS (L=33 cm) | NUMERO DE UNIDADES MEDIAS (L=16 cm) | NUMERO DE UNIDADES AJUSTE (L=8 cm) |
| 1 (C-E)                                   | 218           | 4,00                                 | 0,00                                | 8,00                               |
| 1 (D-F)                                   | 138           | 3,00                                 | 0,00                                | 5,00                               |
| 3 (A-B)                                   | 99            | 3,00                                 | 0,00                                | 0,00                               |
| 3 (A-C)                                   | 121           | 2,00                                 | 0,00                                | 7,00                               |
| 3 (B-C)                                   | 42            | 1,00                                 | 0,00                                | 1,00                               |
| 5 (A-B)                                   | 177           | 3,00                                 | 5,00                                | 0,00                               |
| 5 (D-E)                                   | 235           | 7,00                                 | 0,00                                | 0,00                               |
| 5 (F-G)                                   | 84            | 3,00                                 | 0,00                                | 0,00                               |
| 6 (D-E)                                   | 224           | 7,00                                 | 0,00                                | 1,00                               |
| 7 (A-B)                                   | 99            | 3,00                                 | 0,00                                | 0,00                               |
| 7 (A-C)                                   | 121           | 2,00                                 | 0,00                                | 7,00                               |
| 7 (B-C)                                   | 42            | 1,00                                 | 1,00                                | 1,00                               |
| 8 (C-E)                                   | 121           | 2,00                                 | 0,00                                | 7,00                               |
| 8 (D-E)                                   | 176           | 5,33                                 | 0,00                                | 0,00                               |
| 8 (E-G)                                   | 168           | 5,00                                 | 0,00                                | 0,00                               |
| 2 (F-F')                                  | 230           | 6,00                                 | 2,00                                | 0,00                               |
| 4 (F-F')                                  | 72            | 2,00                                 | 0,00                                | 1,00                               |
| 1 (C'-E')                                 | 218           | 4,00                                 | 0,00                                | 8,00                               |
| 1 (D'-F')                                 | 138           | 3,00                                 | 0,00                                | 5,00                               |
| 3 (A'-B')                                 | 99            | 3,00                                 | 0,00                                | 0,00                               |



|             |     |               |           |           |
|-------------|-----|---------------|-----------|-----------|
| 3 (A'-C')   | 121 | 2,00          | 0,00      | 7,00      |
| 3 (B'-C')   | 42  | 1,00          | 0,00      | 1,00      |
| 5 (A'-B')   | 177 | 3,00          | 5,00      | 0,00      |
| 5 (D'-E')   | 235 | 7,00          | 0,00      | 0,00      |
| 5 (F'-G')   | 84  | 3,00          | 0,00      | 0,00      |
| 6 (D'-E')   | 224 | 7,00          | 0,00      | 1,00      |
| 7 (A'-B')   | 99  | 3,00          | 0,00      | 0,00      |
| 7 (A'-C')   | 121 | 2,00          | 0,00      | 7,00      |
| 7 (B'-C')   | 42  | 1,00          | 1,00      | 1,00      |
| 8 (C'-E')   | 121 | 2,00          | 0,00      | 7,00      |
| 8 (D'-E')   | 176 | 5,33          | 0,00      | 0,00      |
| 8 (E'-G)    | 168 | 5,00          | 0,00      | 0,00      |
| <b>SUMA</b> |     | <b>110,66</b> | <b>14</b> | <b>75</b> |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2.3.1-2. Modulación horizontal de elementos eje Y

| <b>MODULACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b> |                      |                                             |                                             |                                            |
|--------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>MURO DIRECCION Y</b>                          | <b>LONGITUD (cm)</b> | <b>NUMERO DE UNIDADES ENTERAS (L=33 cm)</b> | <b>NUMERO DE UNIDADES ENTERAS (L=16 cm)</b> | <b>NUMERO DE UNIDADES ENTERAS (L=8 cm)</b> |
| A (3-7)                                          | 667                  | 20                                          | 0                                           | 1                                          |
| B (4-6)                                          | 120                  | 2                                           | 1                                           | 1                                          |
| C (1-5)                                          | 509                  | 15                                          | 1                                           | 0                                          |
| C (5-8)                                          | 332                  | 10                                          | 0                                           | 0                                          |
| D (5-7)                                          | 114                  | 3                                           | 1                                           | 0                                          |
| E (5-8)                                          | 398                  | 12                                          | 0                                           | 0                                          |
| F (1-4)                                          | 409                  | 12                                          | 1                                           | 0                                          |
| G (4-8)                                          | 552                  | 16                                          | 0                                           | 3                                          |
| A' (3-7)                                         | 667                  | 20                                          | 0                                           | 1                                          |
| B' (4-6)                                         | 120                  | 2                                           | 1                                           | 1                                          |
| C' (1-5)                                         | 509                  | 15                                          | 1                                           | 0                                          |
| C' (5-8)                                         | 332                  | 10                                          | 0                                           | 0                                          |
| D' (5-7)                                         | 114                  | 3                                           | 1                                           | 0                                          |
| E' (5-8)                                         | 398                  | 12                                          | 0                                           | 0                                          |
| F' (1-4)                                         | 409                  | 12                                          | 1                                           | 0                                          |
| <b>SUMA</b>                                      |                      | <b>113</b>                                  | <b>28</b>                                   | <b>53</b>                                  |

Fuente: Elaboración propia

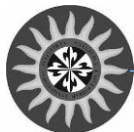


Tabla 3.2.3.1-3. Modulaci3n vertical direcci3n X

| MODULACION VERTICAL |               |                                      |
|---------------------|---------------|--------------------------------------|
| MURO DIRECCION X    | ALTURA (h=cm) | NUMERO DE UNIDADES ENTERAS (h=11 cm) |
| 1 (C-E)             | 230           | 20,9                                 |
| 1 (D-F)             | 230           | 20,9                                 |
| 3 (A-B)             | 230           | 20,9                                 |
| 3 (A-C)             | 230           | 20,9                                 |
| 3 (B-C)             | 230           | 20,9                                 |
| 5 (A-B)             | 230           | 20,9                                 |
| 5 (D-E)             | 230           | 20,9                                 |
| 5 (F-G)             | 230           | 20,9                                 |
| 6 (D-E)             | 230           | 20,9                                 |
| 7 (A-B)             | 230           | 20,9                                 |
| 7 (A-C)             | 230           | 20,9                                 |
| 7 (B-C)             | 230           | 20,9                                 |
| 8 (C-E)             | 230           | 20,9                                 |
| 8 (D-E)             | 230           | 20,9                                 |
| 8 (E-G)             | 230           | 20,9                                 |
| 2 (F-F')            | 230           | 20,9                                 |
| 4 (F-F')            | 230           | 20,9                                 |
| 1 (C'-E')           | 230           | 20,9                                 |
| 1 (D'-F')           | 230           | 20,9                                 |
| 3 (A'-B')           | 230           | 20,9                                 |
| 3 (A'-C')           | 230           | 20,9                                 |
| 3 (B'-C')           | 230           | 20,9                                 |
| 5 (A'-B')           | 230           | 20,9                                 |
| 5 (D'-E')           | 230           | 20,9                                 |
| 5 (F'-G')           | 230           | 20,9                                 |
| 6 (D'-E')           | 230           | 20,9                                 |
| 7 (A'-B')           | 230           | 20,9                                 |
| 7 (A'-C')           | 230           | 20,9                                 |
| 7 (B'-C')           | 230           | 20,9                                 |
| 8 (C'-E')           | 230           | 20,9                                 |
| 8 (D'-E')           | 230           | 20,9                                 |
| 8 (E'-G)            | 230           | 20,9                                 |

Fuente: Elaboraci3n propia

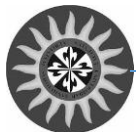


Tabla 3.2.3.1-4. Modulaci3n vertical direcci3n X

| MODULACI3N VERTICAL |               |                                      |
|---------------------|---------------|--------------------------------------|
| MURO DIRECCION Y    | ALTURA (h=cm) | NUMERO DE UNIDADES ENTERAS (h=11 cm) |
| A (3-7)             | 230           | 20,9                                 |
| B (4-6)             | 230           | 20,9                                 |
| C (1-5)             | 230           | 20,9                                 |
| C (5-8)             | 230           | 20,9                                 |
| D (5-7)             | 230           | 20,9                                 |
| E (5-8)             | 230           | 20,9                                 |
| F (1-4)             | 230           | 20,9                                 |
| G (4-8)             | 230           | 20,9                                 |
| A' (3-7)            | 230           | 20,9                                 |
| B' (4-6)            | 230           | 20,9                                 |
| C' (1-5)            | 230           | 20,9                                 |
| C' (5-8)            | 230           | 20,9                                 |
| D' (5-7)            | 230           | 20,9                                 |
| E' (5-8)            | 230           | 20,9                                 |
| F' (1-4)            | 230           | 20,9                                 |

Fuente: Elaboraci3n propia

### 3.2.4. Propiedades De Los Materiales

Antes de realizar el an3lisis estructural y el respectivo dise1o es necesario determinar los materiales de construcci3n a utilizar y sus caracter3sticas.

- A) UNIDADES DE MAMPOSTERIA: Las unidades de mamposter3a a utilizar tienen una resistencia a la compresi3n  $f'_c=40$  Mpa, dos perforaciones verticales y las siguientes dimensiones:

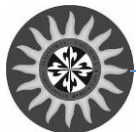
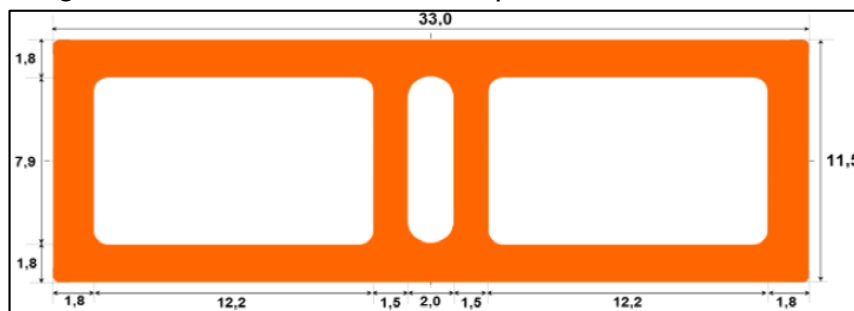
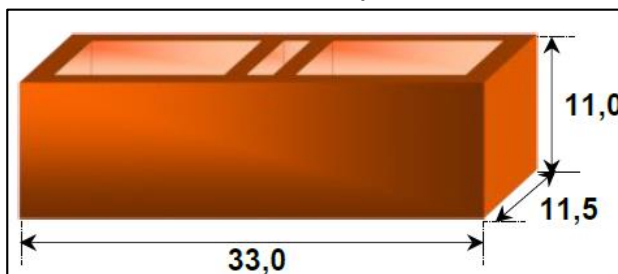


Figura 3.2.4-1. Dimensiones bloque de ladrillo estructural



Fuente: Catálogo fabricante- Ladrillera Santa Fé.

Figura 3.2.4-2. Geometría bloque de ladrillo estructural



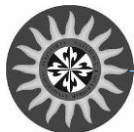
Fuente: Catálogo fabricante- Ladrillera Santa Fé.

- B) MORTERO DE PEGA: El mortero de pega que se utilizara es del tipo **M** con una resistencia a la compresión  $f'_{c'p} = 17.5 \text{ Mpa}$  con buenas características de flujo y retención de agua.
- C) RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA MAMPOSTERIA: La resistencia a la compresión de la mampostería se determinara por el método basado en las propiedades de los materiales

$f'_{cu} = 40 \text{ Mpa}$ ,

$f'_{c'p} = 17.5 \text{ Mpa}$

$h$  = Altura de la unidad de mampostería = 111 mm.



**Kp** = Factor de corrección por absorción **0.8** para unidades de arcilla y silico-calcáreas.

$$Rm = \left[ \frac{2 * h}{75 + 3h} \right] * f'_{cu} + \left[ \frac{50 * Kp}{75 + 3h} \right] * f'_{cp}$$

$$Rm = \left[ \frac{2 * 111}{75 + 3 * 111} \right] * 40 + \left[ \frac{50 * 0,8}{75 + 3 * 111} \right] * 17,5$$

$$Rm = 21,76 + 1,71 = 23,48 \text{ MPa} < 0,8 * f'_{cu} = 32 \text{ MPa} \text{ Ok}$$

$$f'_m = 0,75 * Rm = 0,75 * 23,48 \text{ MPa} = 17,61 \text{ MPa}$$

Dado que en D.7.1.4 NSR-10, la norma establece que la compresión de la mampostería  $f'_m$  para la mampostería reforzada no puede tener una resistencia menor de 10 MPa, ni mayor a 28 MPa, entonces podemos concluir que este material es posible utilizarlo como elemento estructural.

D) MORTERO DE RELLENO: Se utilizará un mortero de relleno fino con una consistencia plástica y con resistencia a la compresión  $f'_{cr}=13$  MPa.

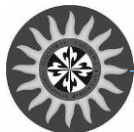
Tabla 3.2.4-1. Clasificación morteros de relleno

| Tabla D.3.5-1<br>Clasificación y dosificación por volumen de los morteros de relleno |          |                   |      |                         |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|------|-------------------------|------|
| Tipo de Mortero                                                                      | Cemento  | Agregados/Cemento |      |                         |      |
|                                                                                      |          | Fino              |      | Grueso (tamaño < 10 mm) |      |
|                                                                                      | Portland | Mín.              | Máx. | Mín.                    | Máx. |
| Fino                                                                                 | 1        | 2.25              | 3.5  | -                       | -    |
| Grueso                                                                               | 1        | 2.25              | 3.0  | 1.0                     | 2.0  |

Fuente: NSR-10

Los valores permitidos para la resistencia a la compresión del mortero de relleno según D.3.5.3 NSR-10 deben tener un valor máximo de 1,5  $f'_m$  y un valor mínimo de 1,25 veces  $f'_m$  y en ningún caso a los 28 días debe ser inferior a 12,5 MPa.

$$\text{Resistencia mínima} = 1,2 * f'_m = 1,2 * 17,61 \text{ MPa} = 21,13 \text{ MPa}$$



Resistencia máxima=  $1,5 \cdot f'm = 1,5 \cdot 17,61 \text{ MPa} = 26,41 \text{ MPa}$

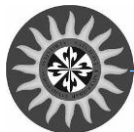
E) ACERO DE REFUERZO: Se utilizará acero de refuerzo con  $f_y = 420 \text{ MPa}$ .

### 3.2.5. Espesores Sólidos Equivalentes

Teniendo en cuenta el incremento de las cargas desde la cubierta hasta la cimentación, podemos observar que un muro de longitud constante desde el primer piso hasta la cubierta, y cuyo espesor se ha determinado para resistir las cargas axiales que llegan al primer piso, a medida que aumentan los niveles este queda menos solicitado, por lo tanto, la dimensión escogida para el primer nivel puede resultar excesiva en relación a los niveles superiores, por lo cual es ventajoso realizar una disminución del área neta del muro. La disminución de las áreas netas puede realizarse de la siguiente manera:

1. Disminuyendo el espesor nominal del muro. Esta disminución es inconveniente por aspectos constructivos de los muros que conforman la fachada.
2. Teniendo un espesor nominal constante en todos los pisos, pero en compensación se aumenta el material sólido en el muro, de acuerdo a las necesidades de solidez que requiera este en cada piso, este aumento del porcentaje de solidez de los muros, se realiza mediante el relleno parcial de las celdas de las unidades, y disminuye a medida que sube de piso en piso.
3. Teniendo un espesor nominal constante en todos los pisos, pero en compensación se aumenta el material sólido en el muro, de acuerdo a las necesidades de solidez que requiera este en cada piso, este aumento del porcentaje de solidez de los muros, se realiza mediante el relleno parcial de las celdas de las unidades, y disminuye a medida que sube de piso en piso.

Para el cálculo de los espesores sólidos equivalentes nos apoyaremos en los conceptos explicados en anteriormente y tomaremos como porcentajes de solidez para cada piso los presentados en la tabla 3.2.5-1 Primero hallaremos el número



de celdas vacías y llenas por piso teniendo en cuenta los respectivos % de solidez y luego los espesores sólidos para lo cual se necesita:

### 3.2.5.1. Cálculo del número de celdas totales, llenas y vacías por piso

$$\text{ACELDA} = 0.122\text{m} \times 0.079\text{m} = 0.0096 \text{ m}^2 \text{ (figura 3.2.4-1)}$$

Tabla 3.2.5.1-1. Valores porcentaje de solidez según nivel

| % DE SOLIDEZ PARA EDIFICIO DE 5 PISOS |           |
|---------------------------------------|-----------|
| NIVEL                                 | % SOLIDEZ |
| 1                                     | 100%      |
| 2                                     | 80%       |
| 3                                     | 60%       |
| 4                                     | 40%       |
| 5                                     | 20%       |

Fuente: Fundamentos y aplicación de la mampostería estructural

A manera de sugerencia y teniendo en cuenta los criterios de varios autores y diseñadores podemos tomar los porcentajes de solidez de la tabla 3.2.5-1, para una edificación de 5 pisos. Se recomienda no tener un porcentaje de solidez menor del 20% o por lo menos tener dos celdas rellenas en todos los muros.

Número de celdas totales en el muro:

$$\#C \text{ Totales} = LW \cdot 5$$

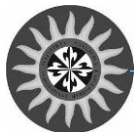
Número de celdas llenas en el muro:

$$\# C \text{ Llenas} = \# C \text{ Totales} \times \% \text{Sol} \cong \text{Numero entero}$$

Número de celdas vacías en el muro:

$$\# C \text{ Vacías} = C \text{ Totales} - \# C \text{ Llenas}$$

Luego tenemos para cada piso:

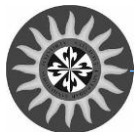


- **PRIMER PISO:** En el primer piso tenemos un % de solidez del 100%, los cálculos están consignados en la siguiente tabla:

Tabla 3.2.5.1-2. Numero de celdas primer piso

| CÁLCULO DE EL NÚMERO DE CELDAS VACÍAS 1 PISO |           |             |                 |                |               |               |
|----------------------------------------------|-----------|-------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| MURO                                         | % SOLIDEZ | ESPESOR (m) | AREA CELDA (m2) | CELDAS TOTALES | CELDAS LLENAS | CELDAS VACIAS |
| 5 (A-B)                                      | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 9              | 9             | 0             |
| 5 (D-E)                                      | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 12             | 12            | 0             |
| 6 (D-E)                                      | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 11             | 11            | 0             |
| 5 (A'-B')                                    | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 9              | 9             | 0             |
| 5 (D'-E')                                    | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 12             | 12            | 0             |
| 6 (D'-E')                                    | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 11             | 11            | 0             |
| A (3-7)                                      | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 33             | 33            | 0             |
| C (1-5)                                      | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 25             | 25            | 0             |
| C (5-8)                                      | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 17             | 17            | 0             |
| E (5-8)                                      | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 20             | 20            | 0             |
| F (1-4)                                      | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 20             | 20            | 0             |
| G (4-8)                                      | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 28             | 28            | 0             |
| A' (3-7)                                     | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 33             | 33            | 0             |
| C' (1-5)                                     | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 25             | 25            | 0             |
| C' (5-8)                                     | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 17             | 17            | 0             |
| E' (5-8)                                     | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 20             | 20            | 0             |
| F' (1-4)                                     | 100%      | 11,5        | 0,0096          | 20             | 20            | 0             |

Fuente: Elaboración Propia

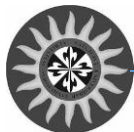


- **SEGUNDO PISO:** En el segundo piso tenemos un % de solidez del 80%, los cálculos están consignados en la siguiente tabla:

Tabla 3.2.5.1-3. Numero de celdas segundo piso

| CÁLCULO DE EL NÚMERO DE CELDAS VACÍAS 2 PISO |           |             |                              |                |               |               |
|----------------------------------------------|-----------|-------------|------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| MURO                                         | % SOLIDEZ | ESPESOR (m) | AREA CELDA (m <sup>2</sup> ) | CELDAS TOTALES | CELDAS LLENAS | CELDAS VACIAS |
| 5 (A-B)                                      | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 9              | 7             | 2             |
| 5 (D-E)                                      | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 12             | 9             | 2             |
| 6 (D-E)                                      | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 11             | 9             | 2             |
| 5 (A'-B')                                    | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 9              | 7             | 2             |
| 5 (D'-E')                                    | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 12             | 9             | 2             |
| 6 (D'-E')                                    | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 11             | 9             | 2             |
| A (3-7)                                      | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 33             | 27            | 7             |
| C (1-5)                                      | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 25             | 20            | 5             |
| C (5-8)                                      | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 17             | 13            | 3             |
| E (5-8)                                      | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 20             | 16            | 4             |
| F (1-4)                                      | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 20             | 16            | 4             |
| G (4-8)                                      | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 28             | 22            | 6             |
| A' (3-7)                                     | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 33             | 27            | 7             |
| C' (1-5)                                     | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 25             | 20            | 5             |
| C' (5-8)                                     | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 17             | 13            | 3             |
| E' (5-8)                                     | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 20             | 16            | 4             |
| F' (1-4)                                     | 80%       | 11,5        | 0,0096                       | 20             | 16            | 4             |

Fuente: Elaboración Propia

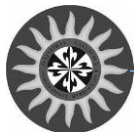


- **TERCER PISO:** En el tercer piso tenemos un % de solidez del 60%, los cálculos están consignados en la siguiente tabla:

Tabla 3.2.5.1-4. Numero de celdas tercer piso

| CÁLCULO DE EL NÚMERO DE CELDAS VACÍAS 3 PISO |           |             |                 |                |               |               |
|----------------------------------------------|-----------|-------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| MURO                                         | % SOLIDEZ | ESPESOR (m) | AREA CELDA (m2) | CELDAS TOTALES | CELDAS LLENAS | CELDAS VACIAS |
| 5 (A-B)                                      | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 9              | 5             | 4             |
| 5 (D-E)                                      | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 12             | 7             | 5             |
| 6 (D-E)                                      | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 11             | 7             | 4             |
| 5 (A'-B')                                    | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 9              | 5             | 4             |
| 5 (D'-E')                                    | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 12             | 7             | 5             |
| 6 (D'-E')                                    | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 11             | 7             | 4             |
| A (3-7)                                      | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 33             | 20            | 13            |
| C (1-5)                                      | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 25             | 15            | 10            |
| C (5-8)                                      | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 17             | 10            | 7             |
| E (5-8)                                      | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 20             | 12            | 8             |
| F (1-4)                                      | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 20             | 12            | 8             |
| G (4-8)                                      | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 28             | 17            | 11            |
| A' (3-7)                                     | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 33             | 20            | 13            |
| C' (1-5)                                     | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 25             | 15            | 10            |
| C' (5-8)                                     | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 17             | 10            | 7             |
| E' (5-8)                                     | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 20             | 12            | 8             |
| F' (1-4)                                     | 60%       | 11,5        | 0,0096          | 20             | 12            | 8             |

Fuente: Elaboración Propia

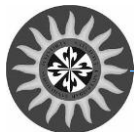


- **CUARTO PISO:** En el cuarto piso tenemos un % de solidez del 40%, los cálculos están consignados en la siguiente tabla:

Tabla 3.2.5.1-5. Numero de celdas cuarto piso

| CÁLCULO DE EL NÚMERO DE CELDAS VACÍAS 4 PISO |           |             |                 |                |               |               |
|----------------------------------------------|-----------|-------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| MURO                                         | % SOLIDEZ | ESPESOR (m) | AREA CELDA (m2) | CELDAS TOTALES | CELDAS LLENAS | CELDAS VACIAS |
| 5 (A-B)                                      | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 9              | 4             | 5             |
| 5 (D-E)                                      | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 12             | 5             | 7             |
| 6 (D-E)                                      | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 11             | 4             | 7             |
| 5 (A'-B')                                    | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 9              | 4             | 5             |
| 5 (D'-E')                                    | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 12             | 5             | 7             |
| 6 (D'-E')                                    | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 11             | 4             | 7             |
| A (3-7)                                      | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 33             | 13            | 20            |
| C (1-5)                                      | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 25             | 10            | 15            |
| C (5-8)                                      | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 17             | 7             | 10            |
| E (5-8)                                      | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 20             | 8             | 12            |
| F (1-4)                                      | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 20             | 8             | 12            |
| G (4-8)                                      | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 28             | 11            | 17            |
| A' (3-7)                                     | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 33             | 13            | 20            |
| C' (1-5)                                     | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 25             | 10            | 15            |
| C' (5-8)                                     | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 17             | 7             | 10            |
| E' (5-8)                                     | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 20             | 8             | 12            |
| F' (1-4)                                     | 40%       | 11,5        | 0,0096          | 20             | 8             | 12            |

Fuente: Elaboración Propia

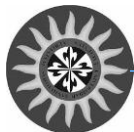


- **QUINTO PISO:** En el quinto piso tenemos un % de solidez del 20%, los cálculos están consignados en la siguiente tabla:

Tabla 3.2.5.1-6. Numero de celdas cuarto piso

| CÁLCULO DE EL NÚMERO DE CELDAS VACÍAS 5 PISO |           |             |                              |                |               |               |
|----------------------------------------------|-----------|-------------|------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| MURO                                         | % SOLIDEZ | ESPESOR (m) | AREA CELDA (m <sup>2</sup> ) | CELDAS TOTALES | CELDAS LLENAS | CELDAS VACIAS |
| 5 (A-B)                                      | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 9              | 2             | 7             |
| 5 (D-E)                                      | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 12             | 2             | 9             |
| 6 (D-E)                                      | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 11             | 2             | 9             |
| 5 (A'-B')                                    | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 9              | 2             | 7             |
| 5 (D'-E')                                    | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 12             | 2             | 9             |
| 6 (D'-E')                                    | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 11             | 2             | 9             |
| A (3-7)                                      | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 33             | 7             | 27            |
| C (1-5)                                      | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 25             | 5             | 20            |
| C (5-8)                                      | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 17             | 3             | 13            |
| E (5-8)                                      | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 20             | 4             | 16            |
| F (1-4)                                      | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 20             | 4             | 16            |
| G (4-8)                                      | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 28             | 6             | 22            |
| A' (3-7)                                     | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 33             | 7             | 27            |
| C' (1-5)                                     | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 25             | 5             | 20            |
| C' (5-8)                                     | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 17             | 3             | 13            |
| E' (5-8)                                     | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 20             | 4             | 16            |
| F' (1-4)                                     | 20%       | 11,5        | 0,0096                       | 20             | 4             | 16            |

Fuente: Elaboración Propia



### 3.2.5.2. Cálculo del espesor sólido equivalente (beq)

Para esto se utilizan los datos de cálculo de celdas llenas y vacías y la siguiente ecuación:

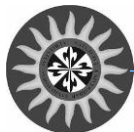
$$b_{eq} = \frac{L_w * e - A_c * \#C_{vacias}}{L_w} \quad 3.2.5.2-1$$

Tabla 3.2.5.2-1. Valores espesores equivalentes por piso

| ESPESTORES EQUIVALENTES POR PISO |                    |                    |                    |                    |                    |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| MURO                             | Beq 1<br>PISO (cm) | Beq 2<br>PISO (cm) | Beq 3<br>PISO (cm) | Beq 4<br>PISO (cm) | Beq 5<br>PISO (cm) |
| 5 (A-B)                          | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| 5 (D-E)                          | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| 6 (D-E)                          | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| 5 (A'-B')                        | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| 5 (D'-E')                        | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| 6 (D'-E')                        | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| A (3-7)                          | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| C (1-5)                          | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| C (5-8)                          | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| E (5-8)                          | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| F (1-4)                          | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| G (4-8)                          | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| A' (3-7)                         | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| C' (1-5)                         | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| C' (5-8)                         | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| E' (5-8)                         | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |
| F' (1-4)                         | 11,50              | 11,49              | 11,48              | 11,47              | 11,46              |

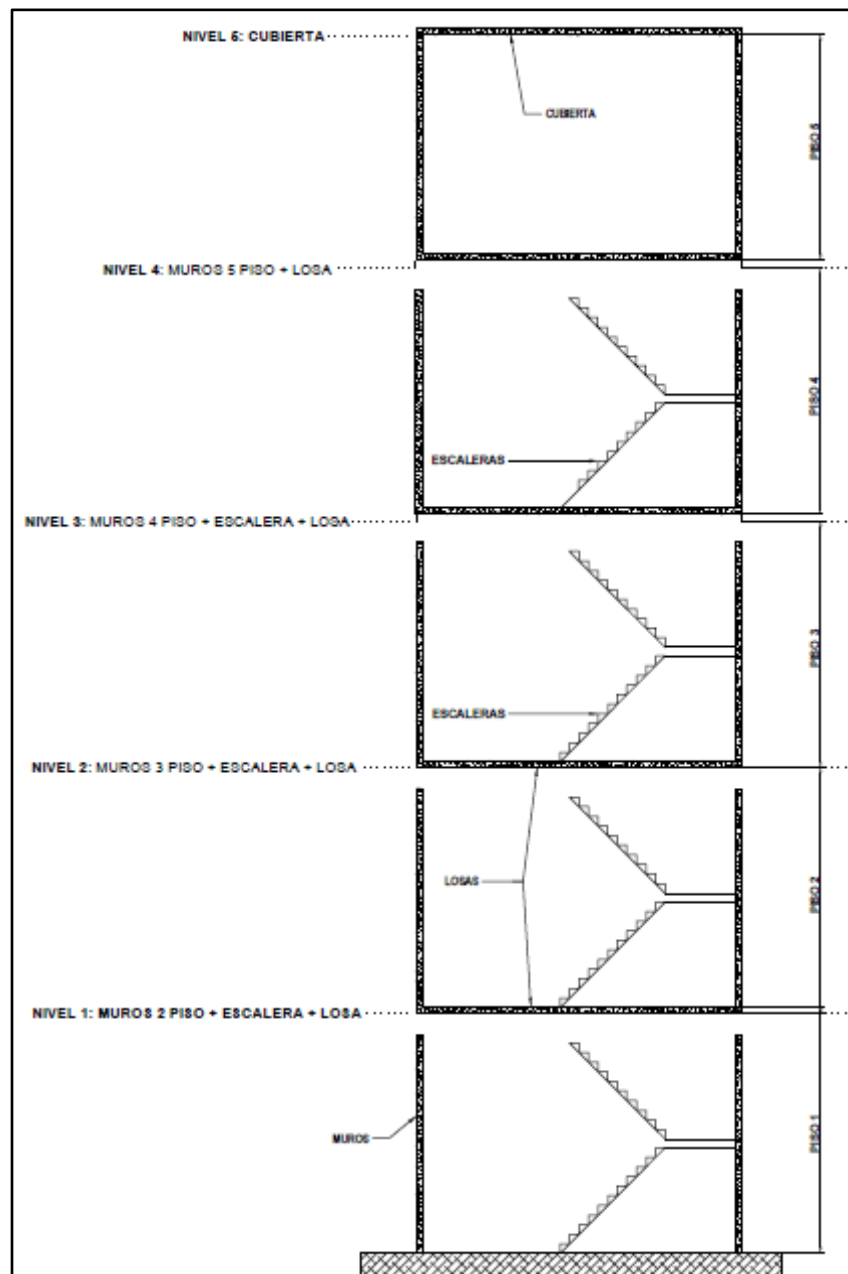
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6. Centros De Masa Por Niveles

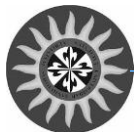


Para los centros de masa de cada nivel es necesario adoptar un modelo matemático de los presentados en 2.2, de los cuales tomamos el modelo descrito a continuación haciendo claridad en que elementos conforman cada nivel así:

Figura 3.2.6-1. Modelo para cálculo del centro de masas



Fuente: Elaboración propia



Algunos elementos tienen un peso constante en cada piso (losa y escalera) por tanto solo es necesario calcular su centro de masa una sola vez incluyéndolos en los cálculos de los centros de masa de cada nivel.

### 3.2.6.1. Centros De Masa De Los Muros No Estructurales

Los muros no estructurales presentes en la edificación son los sillares (antepechos ubicados debajo de las ventanas), los muros divisorios de altura completa y los dinteles de las puertas.

Para el cálculo del centro de masa de los elementos mencionados, se necesita el peso de la unidad de mampostería (Ladrillo estructural de perforación vertical medio fachada rojo, según catálogo del fabricante) de espesor  $e=11,5$  cm, para lo cual tomando las dimensiones del bloque de la figura 3.2.4-2 hallamos un espesor equivalente del bloque de mampostería que multiplicamos por el peso de la mampostería de arcilla  $18,5 \text{ Kn/m}^2$  y a este valor le sumamos el peso por  $\text{m}^2$  de 2 cm de pañete utilizando un peso de mortero de  $21 \text{ Kn/m}^2$  teniendo en cuenta el mortero de pega en el espesor de la unidad de mampostería.

$$eq = \frac{0,115*0,33 - 2*(0,122*0,079)}{0,33} = 0,056 \text{ m}$$

Luego el peso de la mampostería simple sería:

$$W_{\text{mampostería simple}} = 0,056 * 18,5 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^3} + 0,02 * 21 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^3} = 1,456 \text{ Kn/m}^2$$

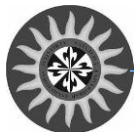
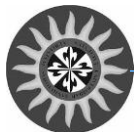


Tabla 3.2.6.1-1. Centro De Masas Muros No Estructurales Y Dinteles

| MUROS NO ESTRUCTURALES |               |       |          |        |       |       |        |        |
|------------------------|---------------|-------|----------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 0                      | 1             | 2     | 3        | 4      | 5     | 6     | 7      | 8      |
| ELEMENTO               | DESCRIPCION   | H (m) | LONG (m) | W (Kn) | X (m) | Y (m) | W*X    | W*Y    |
| 1 (C-E)                | SILLAR        | 1,06  | 2,18     | 3,36   | 3,77  | 0     | 12,68  | 0,00   |
| 1 (D-F)                | MURO DIVISION | 2,3   | 1,38     | 4,62   | 5,61  | 0     | 25,93  | 0,00   |
| 3 (A-B)                | MURO DIVISION | 2,3   | 0,99     | 3,32   | 0,47  | 1,39  | 1,56   | 4,61   |
| 3 (A-C)                | SILLAR        | 1,06  | 1,21     | 1,87   | 1,54  | 1,39  | 2,88   | 2,60   |
| 3 (B-C)                | MURO DIVISION | 2,3   | 0,42     | 1,41   | 2,35  | 1,39  | 3,31   | 1,96   |
| 5 (F-G)                | MURO DIVISION | 2,3   | 0,84     | 2,81   | 7,03  | 5,6   | 19,78  | 15,75  |
| 7 (A-B)                | MURO DIVISION | 2,3   | 0,99     | 3,32   | 0,47  | 7,94  | 1,56   | 26,32  |
| 7 (A-C)                | SILLAR        | 1,06  | 1,21     | 1,87   | 1,54  | 7,94  | 2,88   | 14,83  |
| 7 (B-C)                | MURO DIVISION | 2,3   | 0,42     | 1,41   | 2,35  | 7,94  | 3,31   | 11,17  |
| 8 (C-E)                | SILLAR        | 1,06  | 1,21     | 1,87   | 3,28  | 9,47  | 6,13   | 17,68  |
| 8 (D-E)                | MURO DIVISION | 2,3   | 1,76     | 5,89   | 4,77  | 9,47  | 28,11  | 55,82  |
| 8 (E-G)                | SILLAR        | 1,18  | 1,68     | 2,89   | 6,61  | 9,47  | 19,08  | 27,33  |
| 2 (F-F')               | ANTEPECHO     | 1,06  | 2,3      | 3,55   | 7,51  | 0,66  | 26,66  | 2,34   |
| 4 (F-F')               | MURO DIVISION | 2,3   | 0,72     | 2,41   | 7,51  | 3,95  | 18,11  | 9,52   |
| 1 (C'-E')              | SILLAR        | 1,06  | 2,18     | 3,36   | 11,25 | 0     | 37,85  | 0,00   |
| 1 (D'-F')              | MURO DIVISION | 2,3   | 1,38     | 4,62   | 9,41  | 0     | 43,49  | 0,00   |
| 3 (A'-B')              | MURO DIVISION | 2,3   | 0,99     | 3,32   | 14,58 | 1,39  | 48,34  | 4,61   |
| 3 (A'-C')              | SILLAR        | 1,06  | 1,21     | 1,87   | 13,48 | 1,39  | 25,17  | 2,60   |
| 3 (B'-C')              | MURO DIVISION | 2,3   | 0,42     | 1,41   | 12,66 | 1,39  | 17,81  | 1,96   |
| 5 (F'-G')              | MURO DIVISION | 2,3   | 0,84     | 2,81   | 7,99  | 5,6   | 22,48  | 15,75  |
| 7 (A'-B')              | MURO DIVISION | 2,3   | 0,99     | 3,32   | 14,58 | 7,94  | 48,34  | 26,32  |
| 7 (A'-C')              | SILLAR        | 1,06  | 1,21     | 1,87   | 13,48 | 7,94  | 25,17  | 14,83  |
| 7 (B'-C')              | MURO DIVISION | 2,3   | 0,42     | 1,41   | 12,66 | 7,94  | 17,81  | 11,17  |
| 8 (C'-E')              | SILLAR        | 1,06  | 1,21     | 1,87   | 11,73 | 9,47  | 21,91  | 17,68  |
| 8 (D'-E')              | MURO DIVISION | 2,3   | 1,76     | 5,89   | 10,24 | 9,47  | 60,35  | 55,82  |
| 8 (E'-G)               | SILLAR        | 1,18  | 1,68     | 2,89   | 8,41  | 9,47  | 24,27  | 27,33  |
| B (4-6)                | MURO DIVISION | 2,3   | 1,20     | 4,02   | 1,88  | 5,61  | 7,55   | 22,54  |
| D (5-7)                | MURO DIVISION | 2,3   | 1,14     | 3,82   | 3,36  | 6,75  | 12,83  | 25,77  |
| B' (4-6)               | MURO DIVISION | 2,3   | 1,20     | 4,02   | 13,14 | 5,61  | 52,80  | 22,54  |
| D' (5-7)               | MURO DIVISION | 2,3   | 1,14     | 3,82   | 11,66 | 6,75  | 44,51  | 25,77  |
| SUMATORIA              |               |       |          | 90,88  |       |       | 682,63 | 416,31 |

Fuente: Elaboración propia



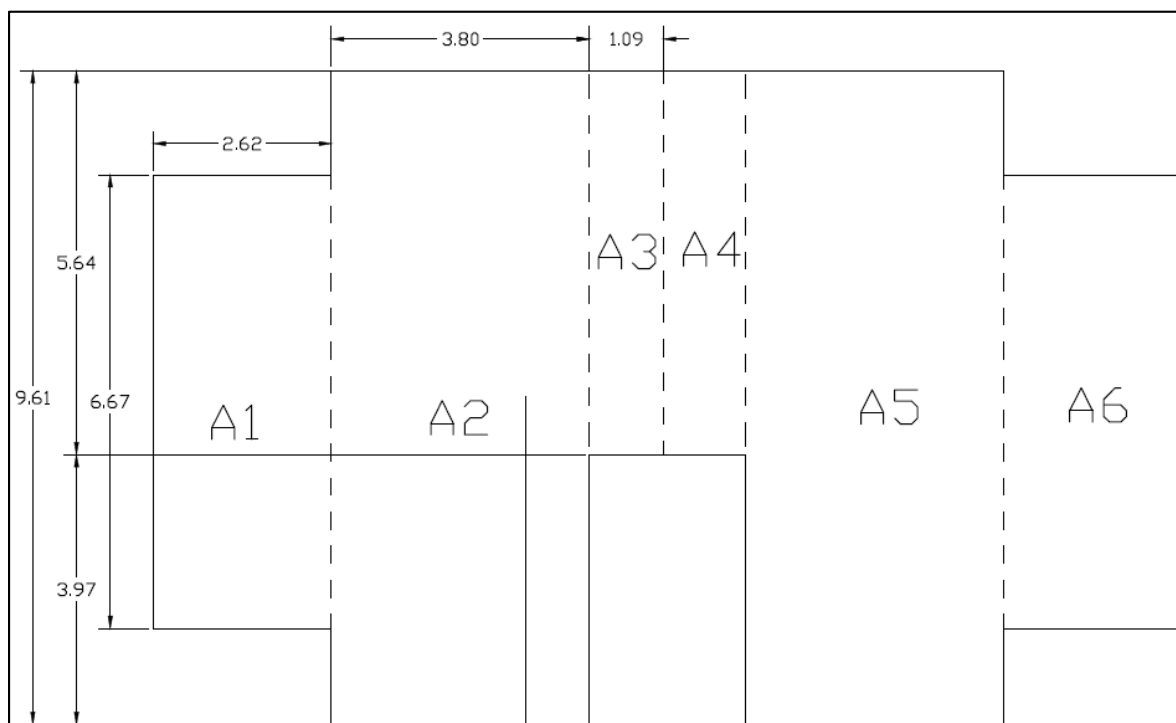
$$X_{CM} = \frac{682,63}{90,88} = 7,51 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{416,31}{90,88} = 4,58 \text{ m}$$

### 3.2.6.2. Centro De Masa Losa De Entrepiso

Para su cálculo fue necesario dividir la losa en diferentes áreas, cada área tiene un peso y un centro local de masas (x, y) a partir de los cuales se obtiene el centro de masa de toda la losa. Los cálculos necesarios están consignados en la tabla 3.2.6.2-1 y se realizaron en base a la figura 3.2.6.2-1 y un peso por metro cuadrado de la losa de 4.22 Kn/m<sup>2</sup>

Figura 3.2.6.2-1. División áreas de la losa de entrepiso



Fuente: Elaboración propia

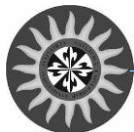


Tabla 3.2.6.2-1. Centro de masas losa de entrepiso

| LOSA ENTREPISO   |               |               |               |       |       |                |                |
|------------------|---------------|---------------|---------------|-------|-------|----------------|----------------|
| 0                | 1             | 2             | 3             | 4     | 5     | 6              | 7              |
| AREA             | AREA (m2)     | CARGA (KN/m2) | W (KN)        | X (m) | Y (m) | W*X            | W*Y            |
| A1               | 17,48         | 4,16          | 72,76         | 1,31  | 4,745 | 95,32          | 345,25         |
| A2               | 36,52         | 4,16          | 152,05        | 4,52  | 4,805 | 328,88         | 349,61         |
| A3               | 6,15          | 4,16          | 25,60         | 6,905 | 6,91  | 502,41         | 502,77         |
| A4               | 6,15          | 4,16          | 25,60         | 8,055 | 6,91  | 586,08         | 502,77         |
| A5               | 36,52         | 4,16          | 152,05        | 10,5  | 4,805 | 763,98         | 349,61         |
| A6               | 17,48         | 4,16          | 72,76         | 13,71 | 4,745 | 997,54         | 345,25         |
| <b>SUMATORIA</b> | <b>120,28</b> |               | <b>500,80</b> |       |       | <b>3274,22</b> | <b>2395,27</b> |

Fuente: Elaboración propia

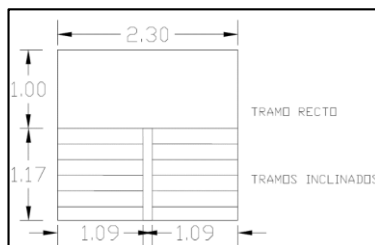
$$X_{CM} = \frac{3274,22}{500,80} = 6,54 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{2395,27}{500,80} = 4,58 \text{ m}$$

### 3.2.6.3. Centro De Masa De Las Escalera

Basándonos en el pre dimensionamiento de la escalera realizado en 3.2.3, podemos determinar el centro de masas de este elemento teniendo en cuenta que para realizar este cálculo, se necesita determinar el peso por m2 de la escalera es sus dos tramos (recto, inclinado 1 e inclinado 2).

Figura 3.2.6.3-1. Planta de escalera tipo



Fuente: elaboración propia

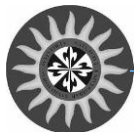
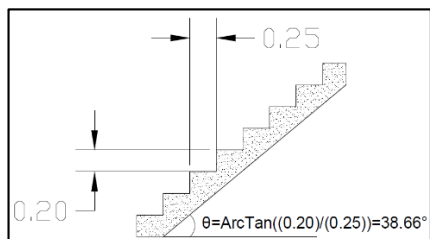


Figura 3.2.6.3-2. Perfil tramos inclinados



Fuente: elaboración propia

$$W_{\text{TRAMO RECTO}} = 0.15\text{m} \times 1.0\text{m} \times 2.30\text{m} \times 24\text{Kn/m}^3 = 8.75 \text{ Kn}$$

$$W_{\text{TRAMO INCLINADO}} = W_{\text{LOSA}} + W_{\text{PELDAÑOS}}$$

$$W_{\text{losa}} = \frac{0.16 * 1.17 * 1.09}{\cos 36.86^\circ} * 24 = 6.22 \text{ Kn}$$

$$W_{\text{peldaños}} = 6 * \frac{0.25 * 0.20}{2} * 1.09 * 24 = 3.92 \text{ Kn}$$

$$W_{\text{TRAMO INCLINADO}} = 6.22 \text{ Kn} + 3.92 \text{ Kn} = 10.14 \text{ Kn}$$

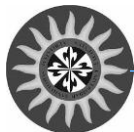
Tabla 3.2.6.3-1. Centro de masa escalera

| ESCALERA          |          |        |      |      |        |       |
|-------------------|----------|--------|------|------|--------|-------|
| 0                 | 1        | 2      | 3    | 4    | 5      | 6     |
| ELEMENTO          | LONGITUD | W (Kn) | X    | Y    | W*X    | W*Y   |
| TRAMO INCLINADO 1 | 1,17     | 10,14  | 6,91 | 2,27 | 70,04  | 22,98 |
| TRAMO INCLINADO 2 | 1,17     | 10,14  | 8,12 | 2,27 | 82,31  | 22,98 |
| TRAMO RECTO       | 1,00     | 8,75   | 7,51 | 2,35 | 65,71  | 20,56 |
| SUMATORIA         |          | 29,04  |      |      | 218,06 | 66,51 |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{218,06}{29,04} = 7,51 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{66,51}{20,04} = 2,29 \text{ m}$$



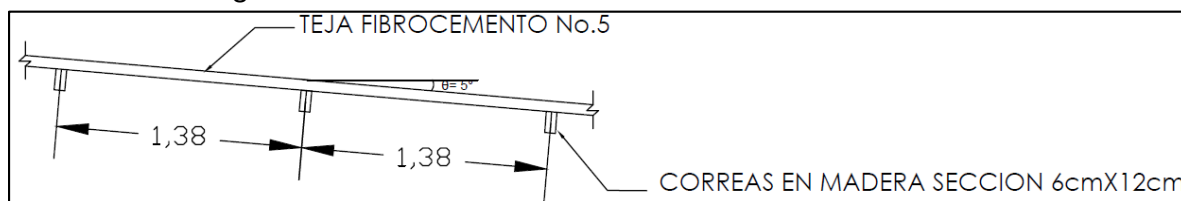
### 3.2.6.4. Centro De Masas Cubierta

Este elemento está constituido por las tejas en asbesto cemento, culatas, vigas de amarre, Tanque elevados y la placa que los soporta.

#### 3.2.6.4.1. Centro De Masa Tejas De Asbesto-Cemento

Antes de hallar el centro de masas de las tejas es necesario hallar su peso por m<sup>2</sup> así tomando como peso de las tejas sola 12.1 Kn/m<sup>2</sup> (Catálogo del Fabricante) y el peso de la madera 7.5Kn/m<sup>3</sup>.

Figura 3.2.6.4.1-1. Elementos estructurales de cubierta



Fuente: elaboración propia

**Peso proyección horizontal teja por m<sup>2</sup>:**

$$W_{proyeccion} = \frac{0.121 \text{ KN/m}^2}{\cos 5^\circ} = 0.122 \text{ KN/m}^2$$

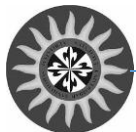
**Peso correas por m<sup>2</sup>:**

$$W_{correas} = \frac{0.06 \text{ m} * 0.12 \text{ m}}{1.38 \text{ m}} * 7.5 \text{ KN/m}^3 = 0.0391 \text{ KN/m}^2$$

**Peso total tejas en proyección horizontal:**

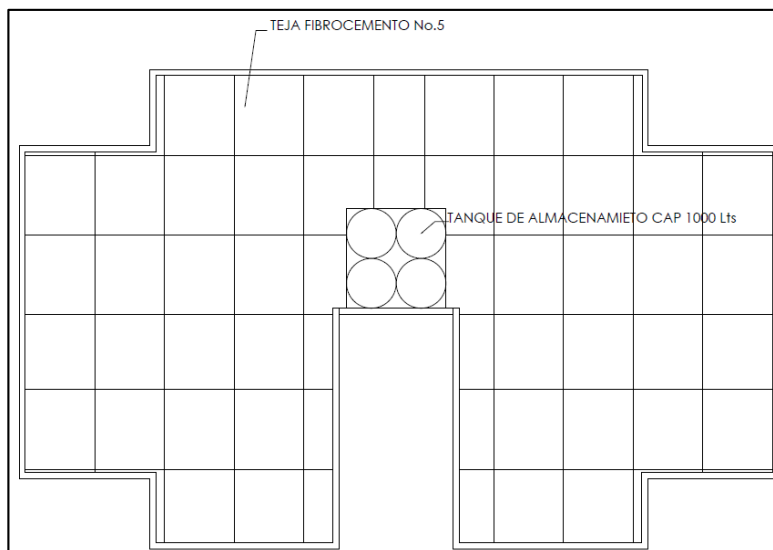
$$W_{Total \text{ tejas}} = 0.122 + 0.0391 = 0.16 \text{ KN/m}^2$$

Como el área en proyección horizontal ocupada por las tejas es prácticamente la misma ocupada por la planta de la losa (Ver figura 3.2.6.4.1-2), podemos



apoyarnos en el cuadro de cálculo de centro de masa de la losa de entrepiso para poder calcular esta vez el centro de masa de las tejas de cubierta.

Figura 3.2.6.4.1-2. Planta de cubierta tipo



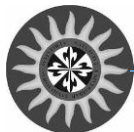
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2.6.4.1-1. Centro de masa tejas de cubierta

| TEJAS CUBIERTA |           |               |        |       |       |        |       |
|----------------|-----------|---------------|--------|-------|-------|--------|-------|
| 0              | 1         | 2             | 3      | 4     | 5     | 6      | 7     |
| AREA           | AREA (m2) | CARGA (KN/m2) | W (KN) | X (m) | Y (m) | W*X    | W*Y   |
| A1             | 17,48     | 0,16          | 2,82   | 1,31  | 4,745 | 3,69   | 13,38 |
| A2             | 36,52     | 0,16          | 5,89   | 4,52  | 4,805 | 26,63  | 28,31 |
| A3             | 6,15      | 0,16          | 0,99   | 6,905 | 6,91  | 6,85   | 6,85  |
| A4             | 6,15      | 0,16          | 0,99   | 8,055 | 6,91  | 7,99   | 6,85  |
| A5             | 36,52     | 0,16          | 5,89   | 10,5  | 4,805 | 61,87  | 28,31 |
| A6             | 17,48     | 0,16          | 2,82   | 13,71 | 4,745 | 38,66  | 13,38 |
| SUMATORIA      | 120,28    |               | 19,41  |       |       | 145,69 | 97,09 |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{145,69}{19,41} = 7,51 \text{ m}$$



$$Y_{CM} = \frac{97,09}{19,41} = 5,00 \text{ m}$$

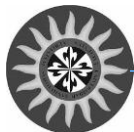
### 3.2.6.4.2. Centro de Masas de las Culatas

Las áreas y centroides de estos elementos se determinaron con la ayuda de los planos de vigas de amarre (Véase anexo 5). Teniendo en cuenta que las culatas se construirán con mampostería (b = 11,5 cm; beq = 9.1 cm) a la vista es decir sin acabados; resultados de los cálculos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.2.6.4.2-1. Centro de masa culatas

| CULATAS CUBIERTA |       |       |           |               |        |       |       |         |        |
|------------------|-------|-------|-----------|---------------|--------|-------|-------|---------|--------|
| 0                | 1     | 2     | 3         | 4             | 5      | 6     | 7     | 8       | 9      |
| CULATAS          | L (m) | h (m) | AREA (m2) | CARGA (KN/m2) | W (KN) | X (m) | Y (m) | W*X     | W*Y    |
| A (3-7)          | 6,61  | 1,2   | 7,932     | 1,6835        | 13,35  | 0     | 4,715 | 0,00    | 62,96  |
| C (1-8)          | 9,61  | 1,2   | 11,532    | 1,6835        | 19,41  | 2,61  | 4,805 | 50,67   | 93,28  |
| E (5-8)          | 3,98  | 1,2   | 4,776     | 1,6835        | 8,04   | 5,7   | 7,59  | 45,83   | 61,03  |
| F (1-5)          | 5,63  | 1,2   | 6,756     | 1,6835        | 11,37  | 6,29  | 2,815 | 71,54   | 32,02  |
| G (4-8)          | 5,64  | 1,2   | 6,768     | 1,6835        | 11,39  | 7,51  | 6,76  | 85,57   | 77,02  |
| A' (3-7)         | 6,61  | 1,2   | 7,932     | 1,6835        | 13,35  | 15,01 | 4,715 | 200,44  | 62,96  |
| C' (1-8)         | 9,61  | 1,2   | 11,532    | 1,6835        | 19,41  | 12,4  | 4,805 | 240,74  | 93,28  |
| E' (5-8)         | 3,98  | 1,2   | 4,776     | 1,6835        | 8,04   | 9,32  | 7,59  | 74,94   | 61,03  |
| F' (1-5)         | 5,63  | 1,2   | 6,756     | 1,6835        | 11,37  | 8,73  | 2,815 | 99,29   | 32,02  |
| 1 (C-F)          | 3,8   | 1,2   | 4,56      | 1,6835        | 7,68   | 4,51  | 0     | 34,62   | 0,00   |
| 3 (A-C)          | 2,62  | 1,2   | 3,144     | 1,6835        | 5,29   | 1,31  | 1,38  | 6,93    | 7,30   |
| 7 (A-C)          | 2,62  | 1,2   | 3,144     | 1,6835        | 5,29   | 1,31  | 7,94  | 6,93    | 42,03  |
| 5 (C-G)          | 4,77  | 1,2   | 5,724     | 1,6835        | 9,64   | 4,995 | 5,66  | 48,13   | 54,54  |
| 8 (C-G)          | 4,77  | 1,2   | 5,724     | 1,6835        | 9,64   | 4,995 | 9,47  | 48,13   | 91,26  |
| 4 (F-G)          | 1,09  | 1,2   | 1,308     | 1,6835        | 2,20   | 6,845 | 3,94  | 15,07   | 8,68   |
| 1 (C'-F')        | 3,8   | 1,2   | 4,56      | 1,6835        | 7,68   | 10,63 | 0     | 81,60   | 0,00   |
| 3 (A'-C')        | 2,62  | 1,2   | 3,144     | 1,6835        | 5,29   | 13,71 | 1,38  | 72,57   | 7,30   |
| 7 (A'-C')        | 2,62  | 1,2   | 3,144     | 1,6835        | 5,29   | 13,71 | 7,94  | 72,57   | 42,03  |
| 5 (C'-G)         | 4,77  | 1,2   | 5,724     | 1,6835        | 9,64   | 9,895 | 5,66  | 95,35   | 54,54  |
| 8 (C'-G)         | 4,77  | 1,2   | 5,724     | 1,6835        | 9,64   | 9,895 | 9,47  | 95,35   | 91,26  |
| 4 (F'-G)         | 1,09  | 1,2   | 1,308     | 1,6835        | 2,20   | 8,055 | 3,94  | 17,74   | 8,68   |
| SUMATORIA        |       |       |           |               | 195,23 |       |       | 1464,02 | 983,21 |

Fuente: elaboración propia



$$X_{CM} = \frac{1464,02}{195,23} = 7,50 \text{ m}$$

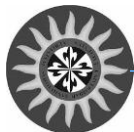
$$Y_{CM} = \frac{983,21}{195,23} = 5,04 \text{ m}$$

### 3.2.6.4.3. Centro de Masas de las Vigas de Amarre

El entramado de vigas de amarre también hace parte de la cubierta, por tanto en base al plano de vigas de amarre, se determinaron las longitudes y sus centroides además se utilizó el peso específico del concreto 24 Kn/m<sup>3</sup>

Tabla 3.2.6.4.3-1. Centro de masa vigas de amarre

| VIGAS DE AMARRE |       |                        |                            |        |        |       |       |       |
|-----------------|-------|------------------------|----------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 0               | 1     | 2                      | 3                          | 4      | 5      | 6     | 7     | 8     |
| VIGAS AMARRE    | L (m) | AREA (m <sup>2</sup> ) | CARGA (KN/m <sup>3</sup> ) | W (KN) | X (m)  | Y (m) | W*X   | W*Y   |
| 1 (C-F)         | 3,69  | 0,0144                 | 24                         | 1,28   | 4,455  | 0     | 5,68  | 0,00  |
| 3 (A-C)         | 2,61  | 0,0144                 | 24                         | 0,90   | 1,305  | 1,38  | 1,18  | 1,24  |
| 4 (F-G)         | 1,21  | 0,0144                 | 24                         | 0,42   | 6,905  | 3,94  | 2,89  | 1,65  |
| 5 (A-G)         | 7,51  | 0,0144                 | 24                         | 2,60   | 3,755  | 5,6   | 9,75  | 14,53 |
| 6 (C-E)         | 3,09  | 0,0144                 | 24                         | 1,07   | 4,155  | 6,82  | 4,44  | 7,28  |
| 7 (A-C)         | 2,61  | 0,0144                 | 24                         | 0,90   | 1,305  | 7,94  | 1,18  | 7,16  |
| 8 (C-G)         | 4,9   | 0,0144                 | 24                         | 1,69   | 5,06   | 9,47  | 8,57  | 16,04 |
| 1 (C'-F')       | 3,69  | 0,0144                 | 24                         | 1,28   | 10,565 | 0     | 13,47 | 0,00  |
| 3 (A'-C')       | 2,61  | 0,0144                 | 24                         | 0,90   | 13,715 | 1,38  | 12,37 | 1,24  |
| 4 (F'-G)        | 1,21  | 0,0144                 | 24                         | 0,42   | 8,115  | 3,94  | 3,39  | 1,65  |
| 5 (A'-G)        | 7,51  | 0,0144                 | 24                         | 2,60   | 11,265 | 5,6   | 29,24 | 14,53 |
| 6 (C'-E')       | 3,09  | 0,0144                 | 24                         | 1,07   | 10,865 | 6,82  | 11,60 | 7,28  |
| 7 (A'-C')       | 2,61  | 0,0144                 | 24                         | 0,90   | 13,715 | 7,94  | 12,37 | 7,16  |
| 8 (C'-G)        | 4,9   | 0,0144                 | 24                         | 1,69   | 9,96   | 9,47  | 16,87 | 16,04 |
| A (3-7)         | 6,35  | 0,0144                 | 24                         | 2,19   | 0      | 4,555 | 0,00  | 10,00 |
| C (1-8)         | 9,26  | 0,0144                 | 24                         | 3,20   | 2,61   | 4,63  | 8,35  | 14,82 |
| E (5-8)         | 3,87  | 0,0144                 | 24                         | 1,34   | 5,7    | 7,535 | 7,62  | 10,08 |
| F (1-5)         | 5,5   | 0,0144                 | 24                         | 1,90   | 6,3    | 2,75  | 11,98 | 5,23  |
| G (4-8)         | 5,53  | 0,0144                 | 24                         | 1,91   | 7,51   | 6,705 | 14,35 | 12,81 |



|                  |      |        |    |       |       |       |        |        |
|------------------|------|--------|----|-------|-------|-------|--------|--------|
| A' (3-7)         | 6,35 | 0,0144 | 24 | 2,19  | 15,02 | 4,555 | 32,96  | 10,00  |
| C' (1-8)         | 9,26 | 0,0144 | 24 | 3,20  | 12,41 | 4,63  | 39,72  | 14,82  |
| E' (5-8)         | 3,87 | 0,0144 | 24 | 1,34  | 9,32  | 7,535 | 12,47  | 10,08  |
| F' (1-5)         | 5,5  | 0,0144 | 24 | 1,90  | 8,72  | 2,75  | 16,57  | 5,23   |
| <b>SUMATORIA</b> |      |        |    | 36,89 |       |       | 277,01 | 188,87 |

Fuente: Elaboración propia

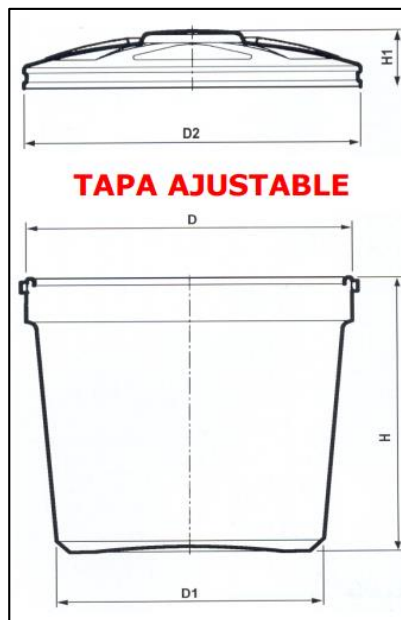
$$X_{CM} = \frac{277,01}{35,89} = 7,51 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{188,87}{35,89} = 5,12 \text{ m}$$

#### 3.2.6.4.4. Centro de Masas de los Tanques y la Placa que los soporta

Los tanques elevados del edificio son de 1000 litros y su peso es de 24 kg por lo cual su peso lleno es 1024 kg o 10,24 Kn; por otra parte la placa donde se apoyan es de concreto reforzado (24Kn/m3).

Figura 3.2.6.4.4-1. Geometría tanque de almacenamiento



Fuente: Catálogo fabricante

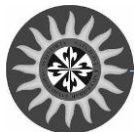


Tabla 3.2.6.4.4-1. Dimensiones tanque de almacenamiento

| CAPACIDAD | TANQUE |      |      | TAPA |     | PESO<br>Tanque +<br>Tapa |
|-----------|--------|------|------|------|-----|--------------------------|
|           | D      | D1   | H    | D2   | H1  |                          |
| Litros    | mm     | mm   | mm   | mm   | mm  | Kg                       |
| 250       | 810    | 677  | 720  | 850  | 136 | 7.40                     |
| 500       | 931    | 758  | 934  | 975  | 170 | 12.00                    |
| 1000      | 1232   | 1031 | 1030 | 1275 | 236 | 24.00                    |
| 2000      | 1520   | 1220 | 1550 | 1585 | 280 | 38.00                    |

Fuente: Catálogo fabricante

Tabla 3.2.6.4.4-2. Centro de masa tanques de almacenamiento

| TANQUES ALMACENAMIENTO |           |           |        |      |      |        |        |
|------------------------|-----------|-----------|--------|------|------|--------|--------|
| 0                      | 1         | 2         | 3      | 4    | 5    | 6      | 7      |
| ELEMENTO               | AREA (m2) | W (Kn/m2) | W (Kn) | X    | Y    | W*X    | W*Y    |
| PLACA TANQUE           | 6,25      | 2,40      | 15,00  | 7,57 | 5,82 | 113,55 | 87,30  |
| TANQUE 1               | 15,37     | 0,67      | 10,24  | 7,21 | 6,73 | 73,80  | 68,94  |
| TANQUE2                | 15,37     | 0,67      | 10,24  | 8,48 | 6,73 | 86,86  | 68,94  |
| TANQUE 3               | 15,37     | 0,67      | 10,24  | 7,21 | 5,46 | 73,80  | 55,88  |
| TANQUE 4               | 15,37     | 0,67      | 10,24  | 8,48 | 5,46 | 86,86  | 55,88  |
| SUMATORIA              |           |           | 55,96  |      |      | 434,88 | 336,95 |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{434,88}{55,96} = 7,77 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{336,95}{55,96} = 6,02 \text{ m}$$

### 3.2.6.4.5. Centro de masa total de la cubierta

Con los cálculos realizados para cada uno de los elementos que hacen parte de la cubierta, podemos organizarlos en una sola tabla y así obtener el centro de masa global de la cubierta, así:

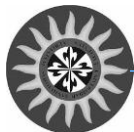


Tabla 3.2.6.4.5-1. Centro de masa total de cubierta

| TOTAL CUBIERTA  |        |      |      |         |         |
|-----------------|--------|------|------|---------|---------|
| 0               | 1      | 2    | 3    | 4       | 5       |
| ELEMENTO        | W (Kn) | X    | Y    | W*X     | W*Y     |
| TEJAS           | 19,41  | 7,51 | 5,00 | 145,69  | 97,09   |
| CULATAS         | 195,23 | 7,50 | 5,04 | 1464,02 | 983,21  |
| VIGAS DE AMARRE | 36,89  | 7,51 | 5,12 | 277,01  | 188,87  |
| TANQUES Y PLACA | 55,96  | 7,77 | 6,02 | 434,88  | 336,95  |
| SUMATORIA       | 307,49 |      |      | 2321,60 | 1606,12 |

Fuente: elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{2321,60}{307,49} = 7,55 \text{ m}$$

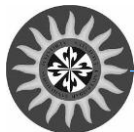
$$Y_{CM} = \frac{1606,12}{307,49} = 5,22 \text{ m}$$

### 3.2.6.5. Centro de masas de los muros estructurales

Con el fin de determinar el centro de masas es necesario calcular el centro de masas de los muros estructurales piso por piso, lo cual se hace en base a las ecuaciones 2.2-3 y 2.2-4, pero para esto es necesario determinar los centros de masa de cada muro que no son más que sus centroides para lo cual nos apoyaremos en el plano del anexo 2.

Tabla 3.2.6.5-1. Cálculo centroides de muros estructurales

| CENTROIDES DE LOS MUROS ESTRUCTURALES |                   |                   |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| MURO                                  | LONG MUROS X (cm) | LONG MUROS Y (cm) | Xi (m) | Xf (m) | Yi (m) | Yf (m) | Xo (m) | Yo (m) |
| 5 (A-B)                               | 177               |                   | 0      | 1,77   | 5,6    | 5,6    | 0,885  | 5,6    |
| 5 (D-E)                               | 235               |                   | 3,35   | 5,7    | 5,6    | 5,6    | 4,525  | 5,6    |
| 6 (D-E)                               | 224               |                   | 3,42   | 5,66   | 6,81   | 6,81   | 4,54   | 6,81   |
| 5 (A'-B')                             | 177               |                   | 13,19  | 14,96  | 5,6    | 5,6    | 14,075 | 5,6    |
| 5 (D'-E')                             | 235               |                   | 9,32   | 11,67  | 5,6    | 5,6    | 10,495 | 5,6    |



|           |     |     |       |       |      |      |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|------|------|-------|-------|
| 6 (D'-E') | 224 |     | 9,32  | 11,56 | 6,81 | 6,81 | 10,44 | 6,81  |
| A (3-7)   |     | 667 | 0     | 0     | 1,33 | 8    | 0     | 4,665 |
| C (1-5)   |     | 509 | 2,61  | 2,61  | 0    | 5,09 | 2,61  | 2,545 |
| C (5-8)   |     | 332 | 2,61  | 2,61  | 6,2  | 9,52 | 2,61  | 7,86  |
| E (5-8)   |     | 398 | 5,7   | 5,7   | 5,54 | 9,52 | 5,7   | 7,53  |
| F (1-4)   |     | 409 | 6,29  | 6,29  | 0    | 4,09 | 6,29  | 2,045 |
| G (4-8)   |     | 552 | 7,51  | 7,51  | 4    | 9,52 | 7,51  | 6,76  |
| A' (3-7)  |     | 667 | 15,01 | 15,01 | 1,33 | 8    | 15,01 | 4,665 |
| C' (1-5)  |     | 509 | 12,4  | 12,4  | 0    | 5,09 | 12,4  | 2,545 |
| C' (5-8)  |     | 332 | 12,4  | 12,4  | 6,2  | 9,52 | 12,4  | 7,86  |
| E' (5-8)  |     | 398 | 9,32  | 9,32  | 5,54 | 9,52 | 9,32  | 7,53  |
| F' (1-4)  |     | 409 | 8,73  | 8,73  | 0    | 4,09 | 8,73  | 2,045 |

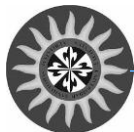
Fuente: elaboración propia

### 3.2.6.5.1. Centro de masas de los muros estructurales por piso

Tabla 3.2.6.5.1-1. Centro de masa muros estructurales piso 1

| MUROS 1 PISO |          |           |           |           |
|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| MURO         | L*Beq    | L*Beq*Xo  | L*Beq*Yo  | PESO (Kn) |
| 5 (A-B)      | 2035,50  | 1801,42   | 11398,80  | 10,37     |
| 5 (D-E)      | 2702,50  | 12228,81  | 15134,00  | 13,77     |
| 6 (D-E)      | 2576,00  | 11695,04  | 17542,56  | 13,12     |
| 5 (A'-B')    | 2035,50  | 28649,66  | 11398,80  | 10,37     |
| 5 (D'-E')    | 2702,50  | 28362,74  | 15134,00  | 13,77     |
| 6 (D'-E')    | 2576,00  | 26893,44  | 17542,56  | 13,12     |
| A (3-7)      | 7670,50  | 0,00      | 35782,88  | 39,08     |
| C (1-5)      | 5853,50  | 15277,64  | 14897,16  | 29,82     |
| C (5-8)      | 3818,00  | 9964,98   | 30009,48  | 19,45     |
| E (5-8)      | 4577,00  | 26088,90  | 34464,81  | 23,32     |
| F (1-4)      | 4703,50  | 29585,02  | 9618,66   | 23,96     |
| G (4-8)      | 6348,00  | 47673,48  | 42912,48  | 32,34     |
| A' (3-7)     | 7670,50  | 115134,21 | 35782,88  | 39,08     |
| C' (1-5)     | 5853,50  | 72583,40  | 14897,16  | 29,82     |
| C' (5-8)     | 3818,00  | 47343,20  | 30009,48  | 19,45     |
| E' (5-8)     | 4577,00  | 42657,64  | 34464,81  | 23,32     |
| F' (1-4)     | 4703,50  | 41061,56  | 9618,66   | 23,96     |
| SUMATORIA    | 74221,00 | 557001,12 | 380609,18 | 378,16    |

Fuente: Elaboración propia



$$X_{CM} = \frac{557001,12}{74221,0} = 7,51 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{380609,18}{74221,0} = 5,13 \text{ m}$$

Tabla 3.2.6.5.1-2. Centro de masa muros estructurales piso 2

| MUROS 2 PISO |          |           |           |           |
|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| MURO         | L*Beq    | L*Beq*Xo  | L*Beq*Yo  | PESO (Kn) |
| 5 (A-B)      | 2033,80  | 1799,91   | 11389,28  | 10,36     |
| 5 (D-E)      | 2700,24  | 12218,60  | 15121,37  | 13,76     |
| 6 (D-E)      | 2573,85  | 11685,28  | 17527,92  | 13,12     |
| 5 (A'-B')    | 2033,80  | 28625,75  | 11389,28  | 10,36     |
| 5 (D'-E')    | 2700,24  | 28339,06  | 15121,37  | 13,76     |
| 6 (D'-E')    | 2573,85  | 26870,99  | 17527,92  | 13,12     |
| A (3-7)      | 7664,10  | 0,00      | 35753,01  | 39,05     |
| C (1-5)      | 5848,61  | 15264,88  | 14884,72  | 29,80     |
| C (5-8)      | 3814,81  | 9956,66   | 29984,43  | 19,44     |
| E (5-8)      | 4573,18  | 26067,12  | 34436,04  | 23,30     |
| F (1-4)      | 4699,57  | 29560,32  | 9610,63   | 23,95     |
| G (4-8)      | 6342,70  | 47633,68  | 42876,66  | 32,32     |
| A' (3-7)     | 7664,10  | 115038,09 | 35753,01  | 39,05     |
| C' (1-5)     | 5848,61  | 72522,81  | 14884,72  | 29,80     |
| C' (5-8)     | 3814,81  | 47303,68  | 29984,43  | 19,44     |
| E' (5-8)     | 4573,18  | 42622,03  | 34436,04  | 23,30     |
| F' (1-4)     | 4699,57  | 41027,28  | 9610,63   | 23,95     |
| SUMATORIA    | 74159,04 | 556536,15 | 380291,45 | 377,89    |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{556536,15}{74159,03} = 7,51 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{380291,45}{74159,04} = 5,13 \text{ m}$$

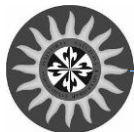


Tabla 3.2.6.5.1-3. Centro de masa muros estructurales piso 3

| MUROS 3 PISO |            |             |             |           |
|--------------|------------|-------------|-------------|-----------|
| MURO         | L*Beq      | L*Beq*Xo    | L*Beq*Yo    | PESO (Kn) |
| 5 (A-B)      | 2032,1016  | 1798,41     | 11379,77    | 10,36     |
| 5 (D-E)      | 2697,988   | 12208,40    | 15108,73    | 13,75     |
| 6 (D-E)      | 2571,6992  | 11675,51    | 17513,27    | 13,11     |
| 5 (A'-B')    | 2032,1016  | 28601,83    | 11379,77    | 10,36     |
| 5 (D'-E')    | 2697,988   | 28315,38    | 15108,73    | 13,75     |
| 6 (D'-E')    | 2571,6992  | 26848,54    | 17513,27    | 13,11     |
| A (3-7)      | 7657,6936  | 0,00        | 35723,14    | 39,03     |
| C (1-5)      | 5843,7272  | 15252,13    | 14872,29    | 29,78     |
| C (5-8)      | 3811,6256  | 9948,34     | 29959,38    | 19,43     |
| E (5-8)      | 4569,3584  | 26045,34    | 34407,27    | 23,29     |
| F (1-4)      | 4695,6472  | 29535,62    | 9602,60     | 23,93     |
| G (4-8)      | 6337,4016  | 47593,89    | 42840,83    | 32,30     |
| A' (3-7)     | 7657,6936  | 114941,98   | 35723,14    | 39,03     |
| C' (1-5)     | 5843,7272  | 72462,22    | 14872,29    | 29,78     |
| C' (5-8)     | 3811,6256  | 47264,16    | 29959,38    | 19,43     |
| E' (5-8)     | 4569,3584  | 42586,42    | 34407,27    | 23,29     |
| F' (1-4)     | 4695,6472  | 40993,00    | 9602,60     | 23,93     |
| SUMATORIA    | 74097,0832 | 556071,1703 | 379973,7232 | 377,62873 |

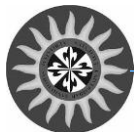
Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{556071,17}{740097,08} = 7,51 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{379973,72}{74097,08} = 5,13 \text{ m}$$

Tabla 3.2.6.5.1-4. Centro de masa muros estructurales piso 4

| MUROS 4 PISO |         |          |          |           |
|--------------|---------|----------|----------|-----------|
| MURO         | L*Beq   | L*Beq*Xo | L*Beq*Yo | PESO (Kn) |
| 5 (A-B)      | 2030,40 | 1796,91  | 11370,25 | 10,35     |
| 5 (D-E)      | 2695,73 | 12198,19 | 15096,10 | 13,74     |
| 6 (D-E)      | 2569,55 | 11665,75 | 17498,63 | 13,10     |



|           |          |           |           |        |
|-----------|----------|-----------|-----------|--------|
| 5 (A'-B') | 2030,40  | 28577,91  | 11370,25  | 10,35  |
| 5 (D'-E') | 2695,73  | 28291,71  | 15096,10  | 13,74  |
| 6 (D'-E') | 2569,55  | 26826,09  | 17498,63  | 13,10  |
| A (3-7)   | 7651,29  | 0,00      | 35693,27  | 39,00  |
| C (1-5)   | 5838,84  | 15239,37  | 14859,85  | 29,76  |
| C (5-8)   | 3808,44  | 9940,02   | 29934,33  | 19,41  |
| E (5-8)   | 4565,54  | 26023,56  | 34378,50  | 23,27  |
| F (1-4)   | 4691,72  | 29510,92  | 9594,57   | 23,91  |
| G (4-8)   | 6332,10  | 47554,09  | 42805,01  | 32,28  |
| A' (3-7)  | 7651,29  | 114845,87 | 35693,27  | 39,00  |
| C' (1-5)  | 5838,84  | 72401,63  | 14859,85  | 29,76  |
| C' (5-8)  | 3808,44  | 47224,64  | 29934,33  | 19,41  |
| E' (5-8)  | 4565,54  | 42550,81  | 34378,50  | 23,27  |
| F' (1-4)  | 4691,72  | 40958,72  | 9594,57   | 23,91  |
| SUMATORIA | 74035,12 | 555606,20 | 379656,00 | 377,37 |

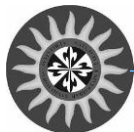
Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{555606,20}{74035,12} = 7,51 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{379656,00}{74035,12} = 5,13 \text{ m}$$

Tabla 3.2.6.5.1-5. Centro de masa muros estructurales piso 5

| MUROS 5 PISO |         |          |          |           |
|--------------|---------|----------|----------|-----------|
| MURO         | L*Beq   | L*Beq*Xo | L*Beq*Yo | PESO (Kn) |
| 5 (A-B)      | 2028,70 | 1795,40  | 11360,74 | 10,34     |
| 5 (D-E)      | 2693,48 | 12187,98 | 15083,47 | 13,73     |
| 6 (D-E)      | 2567,40 | 11655,99 | 17483,98 | 13,09     |
| 5 (A'-B')    | 2028,70 | 28554,00 | 11360,74 | 10,34     |
| 5 (D'-E')    | 2693,48 | 28268,03 | 15083,47 | 13,73     |
| 6 (D'-E')    | 2567,40 | 26803,64 | 17483,98 | 13,09     |
| A (3-7)      | 7644,89 | 0,00     | 35663,40 | 38,97     |
| C (1-5)      | 5833,95 | 15226,62 | 14847,41 | 29,74     |
| C (5-8)      | 3805,25 | 9931,71  | 29909,27 | 19,40     |
| E (5-8)      | 4561,72 | 26001,79 | 34349,73 | 23,25     |



|           |          |           |           |        |
|-----------|----------|-----------|-----------|--------|
| F (1-4)   | 4687,79  | 29486,23  | 9586,54   | 23,90  |
| G (4-8)   | 6326,80  | 47514,29  | 42769,19  | 32,25  |
| A' (3-7)  | 7644,89  | 114749,76 | 35663,40  | 38,97  |
| C' (1-5)  | 5833,95  | 72341,03  | 14847,41  | 29,74  |
| C' (5-8)  | 3805,25  | 47185,11  | 29909,27  | 19,40  |
| E' (5-8)  | 4561,72  | 42515,20  | 34349,73  | 23,25  |
| F' (1-4)  | 4687,79  | 40924,45  | 9586,54   | 23,90  |
| SUMATORIA | 73973,17 | 555141,22 | 379338,27 | 377,10 |

$$X_{CM} = \frac{555141,22}{73973,17} = 7,51 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{379338,27}{73973,17} = 5,13 \text{ m}$$

### 3.2.6.6. Centros de masas de los niveles

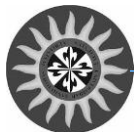
Una vez tenemos los centros de masas de los elementos que componen cada nivel. Procedemos a calcular los centros de masa de los mismos apoyándonos en la figura 3.2.6-1 para tener claro que elementos componen cada nivel.

Tabla 3.2.6.6-1. Centro de masa nivel 1

| NIVEL 1                       |        |        |        |         |         |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 0                             | 1      | 2      | 3      | 4       | 5       |
| ELEMENTO                      | W (Kn) | Xi (m) | Yi (m) | W*Xi    | W*Yi    |
| MUROS NO ESTRUCTURALES PISO 2 | 90,88  | 7,51   | 4,58   | 682,63  | 416,31  |
| MUROS ESTRUCTURALES PISO 2    | 377,89 | 7,50   | 5,13   | 2835,94 | 1937,85 |
| ESCALERA                      | 29,04  | 7,51   | 2,29   | 218,06  | 66,51   |
| LOSA                          | 500,80 | 6,54   | 4,78   | 3274,22 | 2395,27 |
| SUMATORIA                     | 998,62 |        |        | 7010,85 | 4815,94 |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{7010,85}{998,62} = 7,02 \text{ m}$$



$$Y_{CM} = \frac{4815,94}{998,62} = 4,82 \text{ m}$$

Tabla 3.2.6.6-2. Centro de masa nivel 2

| NIVEL 2                       |        |        |        |             |             |
|-------------------------------|--------|--------|--------|-------------|-------------|
| 0                             | 1      | 2      | 3      | 4           | 5           |
| ELEMENTO                      | W (Kn) | Xi (m) | Yi (m) | W*Xi        | W*Yi        |
| MUROS NO ESTRUCTURALES PISO 3 | 90,88  | 7,51   | 4,58   | 682,6284105 | 416,3092694 |
| MUROS ESTRUCTURALES PISO 3    | 377,63 | 7,50   | 5,13   | 2833,96377  | 1936,499899 |
| ESCALERA                      | 29,04  | 7,51   | 2,29   | 218,0624628 | 66,5108562  |
| LOSA                          | 500,80 | 6,54   | 4,78   | 3274,216718 | 2395,27143  |
| SUMATORIA                     | 998,35 |        |        | 7008,871362 | 4814,591455 |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{7008,87}{998,35} = 7,02 \text{ m}$$

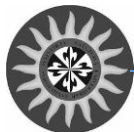
$$Y_{CM} = \frac{4814,59}{998,35} = 4,82 \text{ m}$$

Tabla 3.2.6.6-3. Centro de masa nivel 3

| NIVEL 3                       |        |        |        |         |         |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 0                             | 1      | 2      | 3      | 4       | 5       |
| ELEMENTO                      | W (Kn) | Xi (m) | Yi (m) | W*Xi    | W*Yi    |
| MUROS NO ESTRUCTURALES PISO 4 | 90,88  | 7,51   | 4,58   | 682,63  | 416,31  |
| MUROS ESTRUCTURALES PISO 4    | 377,37 | 7,50   | 5,13   | 2831,99 | 1935,15 |
| ESCALERA                      | 29,04  | 7,51   | 2,29   | 218,06  | 66,51   |
| LOSA                          | 500,80 | 6,54   | 4,78   | 3274,22 | 2395,27 |
| SUMATORIA                     | 998,09 |        |        | 7006,89 | 4813,24 |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{7006,89}{998,09} = 7,02 \text{ m}$$



$$Y_{CM} = \frac{4813,24}{998,09} = 4,82 \text{ m}$$

Tabla 3.2.6.6-4. Centro de masa nivel 4

| NIVEL 4                       |        |        |        |         |         |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 0                             | 1      | 2      | 3      | 4       | 5       |
| ELEMENTO                      | W (Kn) | Xi (m) | Yi (m) | W*Xi    | W*Yi    |
| MUROS NO ESTRUCTURALES PISO 5 | 90,88  | 7,51   | 4,58   | 682,63  | 416,31  |
| MUROS ESTRUCTURALES PISO 5    | 377,10 | 7,50   | 5,13   | 2830,01 | 1933,80 |
| LOSA                          | 500,80 | 6,54   | 4,78   | 3274,22 | 2395,27 |
| SUMATORIA                     | 968,79 |        |        | 6786,85 | 4745,38 |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{6786,85}{968,79} = 7,01 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{4745,38}{968,79} = 4,90 \text{ m}$$

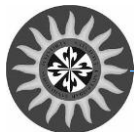
Tabla 3.2.6.6-5. Centro de masa nivel 5

| NIVEL 5   |        |        |        |          |          |
|-----------|--------|--------|--------|----------|----------|
| 0         | 1      | 2      | 3      | 4        | 5        |
| ELEMENTO  | W (Kn) | Xi (m) | Yi (m) | W*Xi     | W*Yi     |
| CUBIERTA  | 307,49 | 7,55   | 5,22   | 2321,605 | 1606,124 |
| SUMATORIA | 307,49 |        |        | 2321,60  | 1606,12  |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CM} = \frac{2321,60}{307,49} = 7,01 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{1606,12}{307,49} = 4,90 \text{ m}$$

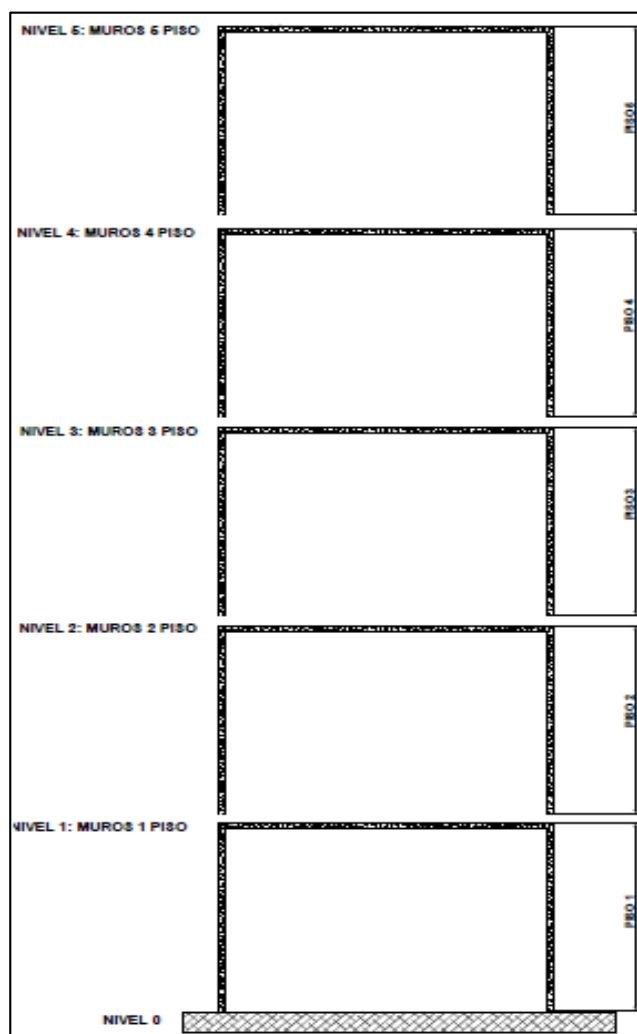


### 3.2.7. Centros de rigidez por niveles

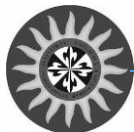
Al igual que los centros de masa los centros de rigidez se ubican en planos horizontales ubicados en los niveles de entrepiso. Como se explicó en 2.4 se utilizara para esto las rigideces relativas de los muros para luego obtener las coordenadas del centro de rigidez con las ecuaciones 2.4-1 y 2.4-1.

Para determinar el centro de rigidez de cada nivel es necesario utilizar el siguiente modelo matemático:

Figura 3.2.7-1. Modelo para centros de rigidez de los elementos



Fuente: Elaboración propia



Como puede verse en la figura 3.2.7-1 el centro de rigidez de un nivel está determinado por los muros del piso que esta inmediatamente debajo de este.

Según D.1.4.1.1 NSR-10 la Diferencia en rigidez entre las dos direcciones principales en planta en cualquier piso en edificaciones de mampostería estructural con tres niveles o más, la rigidez aportada por el conjunto de elementos estructurales existentes en una dirección, no puede ser inferior al 20% de la rigidez existente en la dirección ortogonal. Luego para cada piso la diferencia de rigidez entre los conjuntos de muros en las dos direcciones principales debe ser menor del 80%. Siendo así lo dispuesto en la norma, los cálculos se consignan en las siguientes tablas:

Tabla 3.2.7-1. Centro de rigidez muros primer piso

| RIGIDEZ MUROS 1 PISO |           |       |        |          |           |        |         |
|----------------------|-----------|-------|--------|----------|-----------|--------|---------|
| 0                    | 1         | 2     | 3      | 4        | 5         | 6      | 7       |
| MURO (X)             | LONG (cm) | Rx    | Rx*Yo  | MURO (Y) | LONG (cm) | Ry     | Ry*Xo   |
| 5 (A-B)              | 177       | 9,07  | 50,81  | A (3-7)  | 667       | 95,95  | 0,00    |
| 5 (D-E)              | 235       | 17,20 | 96,32  | C (1-5)  | 509       | 66,68  | 174,03  |
| 6 (D-E)              | 224       | 15,52 | 105,68 | C (5-8)  | 332       | 33,74  | 88,07   |
| 5 (A'-B')            | 177       | 9,07  | 50,81  | E (5-8)  | 398       | 45,90  | 261,61  |
| 5 (D'-E')            | 235       | 17,20 | 96,32  | F (1-4)  | 409       | 47,95  | 301,60  |
| 6 (D'-E')            | 224       | 15,52 | 105,68 | G (4-8)  | 552       | 74,71  | 561,05  |
|                      |           |       |        | A' (3-7) | 667       | 95,95  | 1440,27 |
|                      |           |       |        | C' (1-5) | 509       | 66,68  | 826,83  |
|                      |           |       |        | C' (5-8) | 332       | 33,74  | 418,40  |
|                      |           |       |        | E' (5-8) | 398       | 45,90  | 427,76  |
|                      |           |       |        | F' (1-4) | 409       | 47,95  | 418,60  |
| SUMATORIA            |           | 83,58 | 505,62 |          |           | 655,15 | 4918,21 |

Fuente: elaboración propia

$$X_{CR} = \frac{4918,21}{655,15} = 7,51 \text{ m}$$

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| <b>Δ Rigidez 1piso</b> | <b>87,24%</b> |
|------------------------|---------------|

$$Y_{CR} = \frac{505,62}{83,58} = 6,05 \text{ m}$$

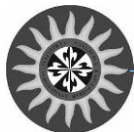


Tabla 3.2.7-2. Centro de rigidez muros segundo piso

| RIGIDEZ MUROS 2 PISO |           |       |        |          |          |        |         |
|----------------------|-----------|-------|--------|----------|----------|--------|---------|
| 0                    | 1         | 2     | 3      | 4        | 5        | 6      | 7       |
| MURO (X)             | LONG (cm) | Rx    | Rx*Yo  | MURO (Y) | LONG (m) | Ry     | Ry*Xo   |
| 5 (A-B)              | 177       | 9,07  | 50,77  | A (3-7)  | 667      | 95,87  | 0,00    |
| 5 (D-E)              | 235       | 17,19 | 96,24  | C (1-5)  | 509      | 66,62  | 173,89  |
| 6 (D-E)              | 224       | 15,51 | 105,59 | C (5-8)  | 332      | 33,71  | 87,99   |
| 5 (A'-B')            | 177       | 9,07  | 50,77  | E (5-8)  | 398      | 45,86  | 261,39  |
| 5 (D'-E')            | 235       | 17,19 | 96,24  | F (1-4)  | 409      | 47,91  | 301,35  |
| 6 (D'-E')            | 224       | 15,51 | 105,59 | G (4-8)  | 552      | 74,64  | 560,58  |
|                      |           |       |        | A' (3-7) | 667      | 95,87  | 1439,07 |
|                      |           |       |        | C' (1-5) | 509      | 66,62  | 826,14  |
|                      |           |       |        | C' (5-8) | 332      | 33,71  | 418,05  |
|                      |           |       |        | E' (5-8) | 398      | 45,86  | 427,40  |
|                      |           |       |        | F' (1-4) | 409      | 47,91  | 418,25  |
| SUMATORIA            |           | 83,51 | 505,19 |          |          | 654,60 | 4914,11 |

Fuente: elaboración propia

$$X_{CR} = \frac{4914,11}{654,60} = 7,51 \text{ m}$$

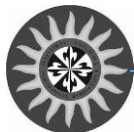
|                         |        |
|-------------------------|--------|
| $\Delta$ Rigidez 2 piso | 87,24% |
|-------------------------|--------|

$$Y_{CR} = \frac{505,19}{83,51} = 6,05 \text{ m}$$

Tabla 3.2.7-3. Centro de rigidez muros tercer piso

| RIGIDEZ MUROS 3 PISO |           |       |        |          |           |        |         |
|----------------------|-----------|-------|--------|----------|-----------|--------|---------|
| 0                    | 1         | 2     | 3      | 4        | 5         | 6      | 7       |
| MURO (X)             | LONG (cm) | Rx    | Rx*Yo  | MURO (Y) | LONG (cm) | Ry     | Ry*Xo   |
| 5 (A-B)              | 177       | 9,06  | 50,72  | A (3-7)  | 667       | 95,79  | 0,00    |
| 5 (D-E)              | 235       | 17,17 | 96,16  | C (1-5)  | 509       | 66,57  | 173,74  |
| 6 (D-E)              | 224       | 15,49 | 105,51 | C (5-8)  | 332       | 33,69  | 87,92   |
| 5 (A'-B')            | 177       | 9,06  | 50,72  | E (5-8)  | 398       | 45,82  | 261,17  |
| 5 (D'-E')            | 235       | 17,17 | 96,16  | F (1-4)  | 409       | 47,87  | 301,10  |
| 6 (D'-E')            | 224       | 15,49 | 105,51 | G (4-8)  | 552       | 74,58  | 560,11  |
|                      |           |       |        | A' (3-7) | 667       | 95,79  | 1437,86 |
|                      |           |       |        | C' (1-5) | 509       | 66,57  | 825,45  |
|                      |           |       |        | C' (5-8) | 332       | 33,69  | 417,70  |
|                      |           |       |        | E' (5-8) | 398       | 45,82  | 427,04  |
|                      |           |       |        | F' (1-4) | 409       | 47,87  | 417,90  |
| SUMATORIA            |           | 83,44 | 504,77 |          |           | 654,06 | 4910,00 |

Fuente: Elaboración propia



$$X_{CR} = \frac{4910}{654,06} = 7,51 \text{ m}$$

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| $\Delta$ Rigidez 3 piso | 87,24% |
|-------------------------|--------|

$$Y_{CR} = \frac{504,77}{83,44} = 6,05 \text{ m}$$

Tabla 3.2.7-4. Centro de rigidez muros cuarto piso

| RIGIDEZ MUROS 4 PISO |           |       |        |          |           |        |         |
|----------------------|-----------|-------|--------|----------|-----------|--------|---------|
| 0                    | 1         | 2     | 3      | 4        | 5         | 6      | 7       |
| MURO (X)             | LONG (cm) | Rx    | Rx*Yo  | MURO (Y) | LONG (cm) | Ry     | Ry*Xo   |
| 5 (A-B)              | 177       | 9,05  | 50,68  | A (3-7)  | 667       | 95,71  | 0,00    |
| 5 (D-E)              | 235       | 17,16 | 96,08  | C (1-5)  | 509       | 66,51  | 173,60  |
| 6 (D-E)              | 224       | 15,48 | 105,42 | C (5-8)  | 332       | 33,66  | 87,85   |
| 5 (A'-B')            | 177       | 9,05  | 50,68  | E (5-8)  | 398       | 45,78  | 260,96  |
| 5 (D'-E')            | 235       | 17,16 | 96,08  | F (1-4)  | 409       | 47,83  | 300,84  |
| 6 (D'-E')            | 224       | 15,48 | 105,42 | G (4-8)  | 552       | 74,52  | 559,64  |
|                      |           |       |        | A' (3-7) | 667       | 95,71  | 1436,66 |
|                      |           |       |        | C' (1-5) | 509       | 66,51  | 824,76  |
|                      |           |       |        | C' (5-8) | 332       | 33,66  | 417,35  |
|                      |           |       |        | E' (5-8) | 398       | 45,78  | 426,69  |
|                      |           |       |        | F' (1-4) | 409       | 47,83  | 417,55  |
| SUMATORIA            |           | 83,37 | 504,35 |          |           | 653,51 | 4905,90 |

Fuente: Elaboración propia

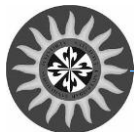
$$X_{CR} = \frac{4905,90}{653,51} = 7,51 \text{ m}$$

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| $\Delta$ Rigidez 4 piso | 87,24% |
|-------------------------|--------|

$$Y_{CR} = \frac{504,35}{83,37} = 6,05 \text{ m}$$

Tabla 3.2.7-5. Centro de rigidez muros quinto piso

| RIGIDEZ MUROS 5 PISO |           |       |        |          |           |       |        |
|----------------------|-----------|-------|--------|----------|-----------|-------|--------|
| 0                    | 1         | 2     | 3      | 4        | 5         | 6     | 7      |
| MURO (X)             | LONG (cm) | Rx    | Rx*Yo  | MURO (Y) | LONG (cm) | Ry    | Ry*Xo  |
| 5 (A-B)              | 177       | 9,04  | 50,64  | A (3-7)  | 667       | 95,63 | 0,00   |
| 5 (D-E)              | 235       | 17,14 | 96,00  | C (1-5)  | 509       | 66,46 | 173,45 |
| 6 (D-E)              | 224       | 15,47 | 105,33 | C (5-8)  | 332       | 33,63 | 87,77  |
| 5 (A'-B')            | 177       | 9,04  | 50,64  | E (5-8)  | 398       | 45,74 | 260,74 |



|           |     |       |        |          |     |        |         |
|-----------|-----|-------|--------|----------|-----|--------|---------|
| 5 (D'-E') | 235 | 17,14 | 96,00  | F (1-4)  | 409 | 47,79  | 300,59  |
| 6 (D'-E') | 224 | 15,47 | 105,33 | G (4-8)  | 552 | 74,46  | 559,17  |
|           |     |       |        | A' (3-7) | 667 | 95,63  | 1435,46 |
|           |     |       |        | C' (1-5) | 509 | 66,46  | 824,07  |
|           |     |       |        | C' (5-8) | 332 | 33,63  | 417,00  |
|           |     |       |        | E' (5-8) | 398 | 45,74  | 426,33  |
|           |     |       |        | F' (1-4) | 409 | 47,79  | 417,20  |
| SUMATORIA |     | 83,30 | 503,93 |          |     | 652,96 | 4901,79 |

Fuente: Elaboración propia

$$X_{CR} = \frac{4901,79}{652,96} = 7,51 \text{ m}$$

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| $\Delta$ Rigidez 5 piso | 87,24% |
|-------------------------|--------|

$$Y_{CR} = \frac{504,93}{83,30} = 6,05 \text{ m}$$

### 3.2.8. Análisis De Cargas

Las cargas muertas se calculan de acuerdo con los pesos propios de los elementos considerados a partir del peso específico de los materiales como se establece en el Código NSR-10 Capítulo B3; y las cargas vivas de acuerdo al capítulo B4.

#### 3.2.8.1. Análisis De Cargas Verticales

En el caso de las cargas verticales basta con estimar las cargas del entrepiso ya que el peso de los muros será incluido al calcular las fuerzas axiales de cada muro.

#### 3.2.8.2. Carga Muerta

Es necesario calcular la carga muerta del entrepiso y la cubierta para lo cual se estimaran los pesos de cada uno de los elementos que gravitan en ellos. Los pesos de algunos elementos se tomaron del título B de la NSR-10.

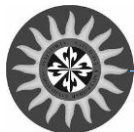


Tabla 3.2.8.2-1. Cargas muerta verticales entrepiso

| <b>ENTREPISO</b>       |                                             |                     |
|------------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| <b>ELEMENTO</b>        | <b>OPERACIÓN</b>                            | <b>PESO (KN/m2)</b> |
| LOSA                   | 0,10*24                                     | 2,40                |
| MORTERO DE NIVELACION  | 0,012*22                                    | 0,26                |
| ACABADO DE PISO        | NSR-10                                      | 0,80                |
| MUROS NO ESTRUCTURALES | PESO MUROS NO ESTRUCTURALES/AREA CONSTRUIDA | 0,70                |
| CIELO RASO LIVIANO     | NSR-10                                      | 0,10                |
| SUMA                   |                                             | 4,26                |

Fuente: Elaboración propia

Para la cubierta podemos tomar el peso hallado por metro cuadrado de las tejas en fibrocemento y los largueros.

Tabla 3.2.8.2-2. Cargas muerta verticales entrepiso

| <b>CUBIERTA</b>      |                      |                     |
|----------------------|----------------------|---------------------|
| <b>ELEMENTO</b>      | <b>OPERACIÓN</b>     | <b>PESO (KN/m2)</b> |
| TEJA EN FIBROCEMENTO | CENTRO MASA DE TEJAS | 0,16                |

Fuente: Elaboración propia

También se puede hacer uso de la tabla B.3.4.3-1 NSR-10 para encontrar los valores de la carga muerta. En este caso, el uso de la edificación es residencial por lo cual tendríamos los valores de carga de 3.0 KN/m2 (Fachada y particiones de mampostería) y 1.6 KN/m2 para pisos y cubiertas.

### 3.2.8.3. Carga viva

Las cargas vivas para el entrepiso y para la cubierta se tomaron de B.4.2.1 NSR-10.

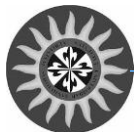


Tabla 3.2.8.3-1. Cargas muerta verticales entrepiso

| <b>CARGAS VIVAS(B.4.2.1-1 Y B.4.2.1-2)</b> |       |
|--------------------------------------------|-------|
| ELEMENTO                                   | VALOR |
| ENTREPISO                                  | 1,8   |
| CUBIERTA                                   | 0,5   |

Fuente: Elaboración propia

Además de las cargas muertas verticales utilizadas, también debe tenerse en cuenta la carga de granizo la cual corresponde al valor de 1 KN/m<sup>2</sup> (B.4.8.3 NSR-10).

### 3.2.8.4. Cargas Horizontales

#### 3.2.8.4.1. Carga De Viento

Como método de análisis para cargas de viento utilizaremos inicialmente el *método simple* donde primero hallaremos la presión del viento **P** en la zona de ubicación del proyecto (Bogotá) y a la altura del edificio (15,00 m).

**Velocidad del viento** = 80Km/ h (Ver figura B.6.4.1 NSR-10).

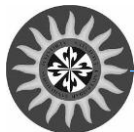
Con la velocidad del viento 80 km/h y la altura de 15 m en la tabla B.6.4-2 tenemos:

$$q = 0.4 \text{ Kn /m}^2$$

Considerando que el viento actúa entrando por la fachada que es la superficie vertical más grande de la edificación y teniendo en cuenta que la base (distancia horizontal mayor) es de 15,13 y la altura de 15 m.

Como  $h = 15\text{m} < 2 \cdot b = 2 \times 15,13 = 32.56\text{m}$ , de la tabla B.6.4-2 tenemos:

$$P_s = \lambda K_{zt} I P_{S10}$$



|        |      |
|--------|------|
| Kzt    | 1    |
| I      | 1    |
| Ps10   | 0,81 |
| Lambda | 1,16 |

|    |        |
|----|--------|
| Ps | 0,9396 |
|----|--------|

Ahora calcularemos la fuerza de viento total (**W**) sobre la superficie vertical de la fachada así:

$$W = 0.9396 \text{ Kn/m}^2 \times 15,12 \text{ m} \times 15 \text{ m} = 213,24 \text{ Kn}$$

Para determinar si la fuerza de viento domina el diseño y además si el anterior análisis es válido es necesario calcular la fuerza sísmica es decir el cortante basal (**VS**) debido a sismo y comparar con la fuerza total del viento (**W**).

#### 3.2.8.4.2. Fuerzas Sísmicas

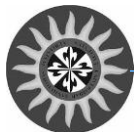
Como método de análisis para fuerzas de sismo utilizaremos el *método de la fuerza horizontal equivalente* amparados en lo expuesto en 2.7 y en A.4, (NSR-10) donde se permite el uso de este método en todas las edificaciones, regulares e irregulares, pertenecientes al grupo de uso **I**, localizadas en zonas de amenaza sísmica intermedia; lo cual es absolutamente compatible con las condiciones del proyecto.

#### 3.2.8.4.3. Movimientos Sísmicos De Diseño

Las características del movimiento sísmico de diseño se representan por medio del espectro elástico de aceleraciones, realizado de acuerdo con **A 2.6** según los siguientes parámetros:

**Localización geográfica del proyecto: Bogotá D.C**

**Zona de amenaza sísmica: Intermedia → Tabla A.2.3-2 (NSR-10)**



### Movimientos sísmicos de diseño:

$$\left. \begin{array}{l} Aa = 0.15 \\ Av = 0.20 \end{array} \right\} \rightarrow \text{Tabla A. 2.3 - 2 (NSR - 10)}$$

### Zona del proyecto: Lacustre 200

$$\left. \begin{array}{l} Fa = 1.20 \\ Fv = 3.50 \end{array} \right\} \rightarrow \text{Según tabla 3 Decreto 523 del 16 de Dic. de 2010}$$

### Coeficiente de importancia:

$$I = 1.00 \rightarrow \text{Tabla A. 2.5 - 1 (NSR - 10)}$$

### Cálculo de los periodos de vibración:

$$T_0 = 0.1 \frac{AvFv}{AaFa} = 0.1 * \frac{0.20*3.50}{0.15*1.20} = 0.39 \rightarrow \text{Ec. A. 2.6 - 6 (NSR - 10)}$$

$$T_c = 0.48 \frac{AvFv}{AaFa} = 0.48 * \frac{0.20*3.50}{0.15*1.20} = 1.87 \rightarrow \text{Ec. A. 2.6 - 2 (NSR - 10)}$$

$$T_L = 4.0 \rightarrow \text{Según tabla 3 Decreto 523 del 16 de Dic. de 2010}$$

### Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g:

$$\text{Para } T < T_c \rightarrow S_a = 2.5A_aF_aI = 2.5 * 0.15 * 1.20 * 1.00 = 0.45$$

$$\text{Para } T_c < T < T_L \rightarrow S_a = \frac{1.2A_vF_vI}{T} = \frac{1.2*0.20*3.50*1.00}{T} = 0.84/T$$

$$\text{Para } T > T_l \rightarrow S_a = \frac{1.2A_vF_vT_lI}{T^2} = \frac{1.2*0.20*3.50*4.0*1.00}{T^2} = 3.36/T^2$$

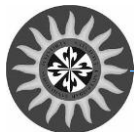
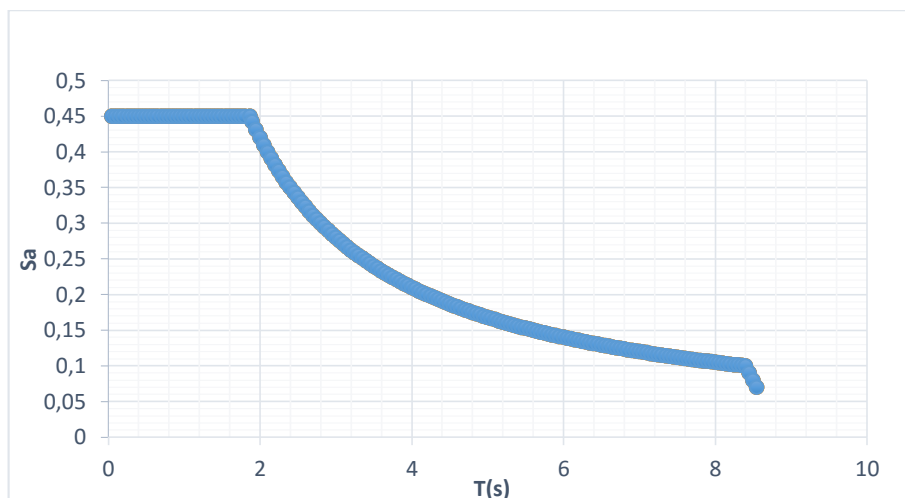


Figura 3.2.8.4.3-1. Espectro elástico de aceleraciones



Fuente: Elaboración propia

### Cálculo del período fundamental

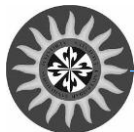
$$T_a = C_t(h_n)^\alpha = 0.049(15)^{0.75} = 0.373,$$

Donde  $h_n$  = altura medida hasta la cubierta

Tabla 3.2.8.4.3-1. Valores de  $\alpha$  según NSR.10

| Sistema estructural de resistencia sísmica                                                                                                                                                                                                                                                        | $C_t$                       | $\alpha$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|
| Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas. | 0.047                       | 0.9      |
| Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.  | 0.072                       | 0.8      |
| Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.                                                                                                                                                                                                      | 0.073                       | 0.75     |
| Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería                                                                                                                                                                        | 0.049                       | 0.75     |
| Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros $C_t$ y $\alpha$ , donde $C_w$ se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.                                                           | $\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$ | 1.00     |

Fuente: NSR-10



Luego tenemos que:

$$T_a = 0.373 < T_c = 1,87$$

$$T_a = 0.373 < T_L = 4.0$$

$$S_a = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot 1.20 \cdot I = 2.5 \times 0.15 \times 1 = 0.45$$

#### 3.2.8.4.4. Masa Total Del Edificio

Para calcular la masa total del edificio es necesario adoptar nuevamente el modelo utilizado para el cálculo de los centros de masa (ver numeral 3.2.6), para cada nivel se calculara su peso sumando los pesos de los elementos que gravitan en él y luego se suman los pesos de todos los niveles para obtener el peso total del edificio. Los pesos de cada elemento (muros, losa, escalera y cubierta) fueron tomados de las tablas correspondientes de centros de masa.

Tabla 3.2.8.4.4-1. Peso total del edificio

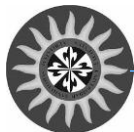
| PESO EDIFICIO (VALORES EN Kn) |                  |               |          |        |          |              |
|-------------------------------|------------------|---------------|----------|--------|----------|--------------|
| NIVEL                         | MUROS            |               | ESCALERA | LOSA   | CUBIERTA | SUMA PARCIAL |
|                               | NO ESTRUCTURALES | ESTRUCTURALES |          |        |          |              |
| 0                             | 90,88            | 378,16        |          |        |          | 469,04       |
| 1                             | 90,88            | 377,89        | 29,04    | 512,83 |          | 1010,65      |
| 2                             | 90,88            | 377,63        | 29,04    | 512,83 |          | 1010,38      |
| 3                             | 90,88            | 377,37        | 29,04    | 512,83 |          | 1010,12      |
| 4                             | 90,88            | 377,10        | 29,04    | 512,83 |          | 1009,85      |
| 5                             |                  |               |          |        | 307,49   | 307,49       |
| TOTAL                         |                  |               |          |        |          | 4817,52      |

Fuente: Elaboración propia

**Masa total edificio = 481752 Kg.**

**Peso total edificio = 4817,52 Kn.**

#### 3.2.8.4.5. Cálculo del cortante basal (Vs)



Dado que el espectro aceleración de diseño es igual en ambas direcciones el cortante basal también será igual por tanto basta con hacer un solo cálculo para ambas direcciones.

Como  $T_a = 0.373$ , el período fundamental se encuentra en la meseta del espectro elástico de aceleraciones, por tanto:

$$V_s = S_a g * masa = S_a * Peso$$

$$V_s = 0.45 * 4817,52 = 2167,89 \text{ KN}$$

#### 3.2.8.4.6. Distribución del cortante basal por niveles

Ahora es necesario distribuir el cortante basal en los diferentes niveles utilizando la ecuación 2.7.3.1-1

$$C_{vx} = \frac{m_j h_j^k}{\sum_{m=1}^n m_n h_n^k}$$

$$F_j = C_{vx} V_s$$

Es también oportuno aclarar que en este análisis de fuerzas para sismo se considerara la *acción no simultanea del sismo al 100% en ambas direcciones* lo que significa que los muros de cada dirección estarían sometidos al 100% de la fuerza sísmica y además así se tendrá en cuenta el efecto de la dirección del sismo en el diseño.

Para la distribución del cortante es necesario tabular los datos teniendo en cuenta que el cortante es igual en ambas direcciones por tanto basta con una sola distribución y además también es necesario obtener primero el coeficiente **(K)**.

Como  $T_a = 0.373 < 0.5 \text{ s}$  entonces **K=1**.

Aplicando la ecuación 2.7.3.1-1, construimos la siguiente tabla:

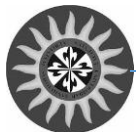
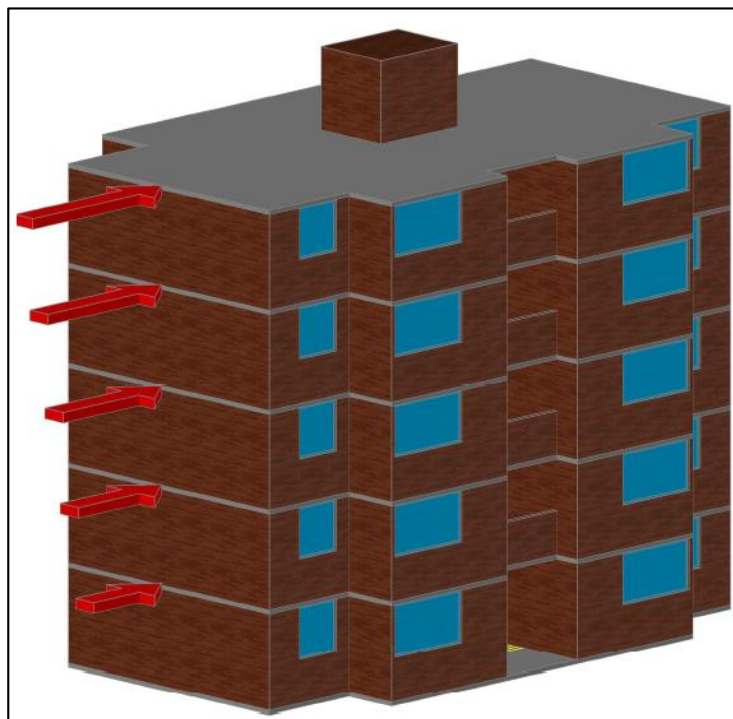


Tabla 3.2.8.4.6-1. Distribución del cortante basal por niveles

| CORTANTE BASAL |         |       |         |                   |          |            |
|----------------|---------|-------|---------|-------------------|----------|------------|
| 0              | 1       | 2     | 3       | 4                 | 5        | 6          |
| NIVEL          | $W_i$   | $h_i$ | $h_i^k$ | $W_i \cdot h_i^k$ | $C_{vi}$ | $F_i$ (Kn) |
| 5              | 307,49  | 11,9  | 11,9    | 3659,08           | 0,134    | 291,40     |
| 4              | 980,82  | 9,5   | 9,5     | 9317,77           | 0,342    | 742,04     |
| 3              | 1010,12 | 7,1   | 7,1     | 7171,84           | 0,263    | 571,15     |
| 2              | 1010,38 | 4,7   | 4,7     | 4748,79           | 0,174    | 378,18     |
| 1              | 1010,65 | 2,3   | 2,3     | 2324,48           | 0,085    | 185,12     |
| SUMATORIA      |         |       |         | 27221,96          |          |            |

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2.8.4.6-1. Sismo en la dirección X



Fuente: Elaboración propia

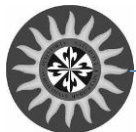
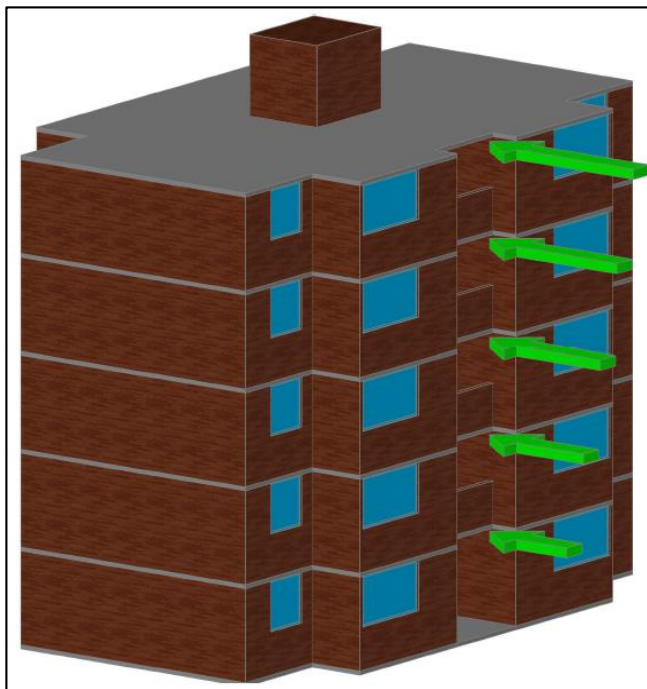


Figura 3.2.8.4.6-2. Sismo en la dirección Y



Fuente: Elaboración propia

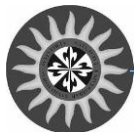
### 3.2.9. Análisis de las fuerzas sísmicas

#### 3.2.9.1. Cortante de piso

El cortante de un piso  $i$  no es más que la sumatoria de las fuerzas horizontales equivalentes que están aplicadas por encima del respectivo nivel  $i$  incluyendo la que esta aplicada en este nivel. Los respectivos cálculos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3.2.9.1-1. Cortante de piso por niveles

| CORTANTE DE PISO |       |            |         |
|------------------|-------|------------|---------|
| NIVEL            | $h_i$ | $F_i$ (Kn) | $V_i$   |
| 5                | 11,9  | 291,40     | 291,40  |
| 4                | 9,5   | 742,04     | 1033,44 |
| 3                | 7,1   | 571,15     | 1604,59 |



|   |     |        |         |
|---|-----|--------|---------|
| 2 | 4,7 | 378,18 | 1982,77 |
| 1 | 2,3 | 185,12 | 2167,89 |

Fuente: Elaboración propia

Nótese que cada piso esta entre dos niveles y que las fuerzas  $F_i$  corresponden a los niveles y los cortantes a los pisos y que el valor del cortante en el piso 1 es igual al cortante basal  $V_s$  calculado en 3.2.4.8.6.

### 3.2.9.2. Momento de volcamiento por pisos

El momento de volcamiento de un piso  $i$  es la suma de los momentos causados por las fuerzas  $F_i$  aplicadas por encima del nivel  $i$  correspondiente.

Tabla 3.2.9.2-1. Momentos de volcamiento por piso

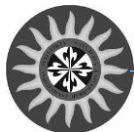
| VOLCAMIENTO DE PISO |       |            |             |                          |         |           |                 |            |
|---------------------|-------|------------|-------------|--------------------------|---------|-----------|-----------------|------------|
| NIVEL               | $h_i$ | $F_i$ (Kn) | $h_i * F_i$ | $h_i * F_i$<br>Acumulado | $V_i$   | $h_{i-1}$ | $V_i * h_{i-1}$ | $M_{voli}$ |
| 5                   | 11,9  | 291,40     | 3467,66     | 3467,66                  | 291,40  | 9,5       | 2768,30         | 699,36     |
| 4                   | 9,5   | 742,04     | 7049,41     | 10517,06                 | 1033,44 | 7,1       | 7337,44         | 3179,62    |
| 3                   | 7,1   | 571,15     | 4055,14     | 14572,20                 | 1604,59 | 4,7       | 7541,57         | 7030,63    |
| 2                   | 4,7   | 378,18     | 1777,45     | 16349,65                 | 1982,77 | 2,3       | 4560,37         | 11789,28   |
| 1                   | 2,3   | 185,12     | 425,77      | 16775,42                 | 2167,89 | 0         | 0,00            | 16775,42   |
| 0                   | 0     |            |             |                          |         |           |                 |            |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.9.3. Efectos torsionales

Las fuerzas sísmicas también causan un momento torsional que tiende a hacer girar a la estructura, por tanto es menester considerar estos efectos como lo prescribe A.5.4.6 NSR-10.

### 3.2.9.4. Cálculo del punto (c)



El punto (c) es aquel punto ubicado sobre los diafragmas de piso (nivel) donde se aplica el cortante de piso, para su cálculo tabularemos los datos en la siguiente tabla:

Tabla 3.2.9.4-1. Cálculo de las coordenadas en X del punto C

| COORDENADA X DEL PUNTO C |                |                 |                                 |                                      |                |                |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------|----------------|
| 0                        | 1              | 2               | 3                               | 4                                    | 5              | 6              |
| NIVEL                    | F <sub>x</sub> | X <sub>cm</sub> | F <sub>x</sub> *X <sub>cm</sub> | F <sub>x</sub> *X <sub>cm</sub> Acum | V <sub>i</sub> | X <sub>c</sub> |
| 5                        | 291,40         | 7,55            | 2200,15                         | 2200,15                              | 291,40         | 7,55           |
| 4                        | 742,04         | 7,00            | 5194,12                         | 7394,27                              | 1033,44        | 7,15           |
| 3                        | 571,15         | 7,01            | 4006,34                         | 11400,61                             | 1604,59        | 7,11           |
| 2                        | 378,18         | 7,01            | 2652,82                         | 14053,44                             | 1982,77        | 7,09           |
| 1                        | 185,12         | 7,01            | 1298,55                         | 15351,99                             | 2167,89        | 7,08           |

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.2.9.4-2. Cálculo de las coordenadas en Y del punto C

| COORDENADA Y DEL PUNTO C |                |                 |                                 |                                      |                |                |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------|----------------|
| 0                        | 1              | 2               | 3                               | 4                                    | 5              | 6              |
| NIVEL                    | F <sub>y</sub> | Y <sub>cm</sub> | F <sub>y</sub> *Y <sub>cm</sub> | F <sub>y</sub> *Y <sub>cm</sub> Acum | V <sub>i</sub> | Y <sub>c</sub> |
| 5                        | 291,40         | 5,22            | 1522,10                         | 1522,10                              | 291,40         | 5,22           |
| 4                        | 742,04         | 4,90            | 3633,66                         | 5155,76                              | 1033,44        | 4,99           |
| 3                        | 571,15         | 4,82            | 2754,06                         | 7909,82                              | 1604,59        | 4,93           |
| 2                        | 378,18         | 4,82            | 1823,61                         | 9733,43                              | 1982,77        | 4,91           |
| 1                        | 185,12         | 4,82            | 892,65                          | 10626,09                             | 2167,89        | 4,90           |

Fuente: elaboración propia

### 3.2.9.5. Excentricidad debido a la no coincidencia del punto C y el centro de rigidez (CR)

Para calcular esta excentricidad es necesario confrontar las coordenadas de dichos puntos nivel por nivel. De acuerdo a las ecuaciones 2.3-1 y 2.3-4 del capítulo 2 la calcularemos así:

$$e_x = X_c - X_{CR} \quad e_y = Y_{CR} - Y_c$$

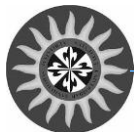


Tabla 3.2.9.5-1. Calculo de la excentricidad debido a la no coincidencia del Centro de Rigidez

| EXCENTRICIDAD DEBIDO A $CR \neq C$ |      |      |                    |      |      |                   |
|------------------------------------|------|------|--------------------|------|------|-------------------|
| NIVEL                              | XC   | XCR  | ex ( $CR \neq C$ ) | YCR  | YC   | ey( $CR \neq C$ ) |
| 5                                  | 7,55 | 7,51 | -0,04              | 6,05 | 5,22 | 0,83              |
| 4                                  | 7,15 | 7,51 | 0,35               | 6,05 | 4,99 | 1,06              |
| 3                                  | 7,11 | 7,51 | 0,40               | 6,05 | 4,93 | 1,12              |
| 2                                  | 7,09 | 7,51 | 0,42               | 6,05 | 4,91 | 1,14              |
| 1                                  | 7,08 | 7,51 | 0,43               | 6,05 | 4,90 | 1,15              |

Fuente: Elaboración propia

$$e_{x \text{ Accidental}} = 0.05 \cdot L_x = 15,13\text{m} \times 0.05 = 0.765\text{m}$$

$$e_{y \text{ Accidental}} = 0.05 \cdot L_y = 9.61\text{m} \times 0.05 = 0.485\text{m}$$

### 3.2.9.6. Excentricidad total

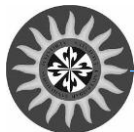
Esta es la suma de las dos anteriores teniendo en cuenta que la excentricidad accidental debe ser siempre aditiva con respecto a la excentricidad por no coincidencia del punto **C** el centro de rigidez **CR**.

Tabla 3.2.9.6-1. Calculo de la excentricidad debido a la no coincidencia del Centro de Rigidez

| EXCENTRICIDAD TOTAL |                    |        |          |                   |        |          |
|---------------------|--------------------|--------|----------|-------------------|--------|----------|
| NIVEL               | ex ( $CR \neq C$ ) | ex Acc | ex total | ey( $CR \neq C$ ) | ey Acc | ey total |
| 5                   | -0,04              | 0,7565 | 0,71     | 0,83              | 0,4805 | 1,31     |
| 4                   | 0,35               | 0,7565 | 1,11     | 1,06              | 0,4805 | 1,54     |
| 3                   | 0,40               | 0,7565 | 1,16     | 1,12              | 0,4805 | 1,60     |
| 2                   | 0,42               | 0,7565 | 1,18     | 1,14              | 0,4805 | 1,62     |
| 1                   | 0,43               | 0,7565 | 1,18     | 1,15              | 0,4805 | 1,63     |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.9.7. Momento torsional (MT)



Por causa de la excentricidad total anteriormente calculada se genera un momento torsional cuando el sismo actúa en ambas direcciones.

$$MT_x = V_x \cdot e_{yTotal}$$

$$MT_y = V_y \cdot e_{xTotal}$$

Tabla 3.2.9.7-1. Calculo de los momentos torsionales en cada dirección

| MOMENTO TORSIONAL (MT) |          |         |            |          |         |            |
|------------------------|----------|---------|------------|----------|---------|------------|
| NIVEL                  | ey total | Vx (Kn) | MTx (Kn*m) | ex total | Vy (Kn) | MTy (Kn*m) |
| 5                      | 1,31     | 291,40  | 380,69     | 0,71     | 291,40  | 207,83     |
| 4                      | 1,54     | 1033,44 | 1592,43    | 1,11     | 1033,44 | 1145,58    |
| 3                      | 1,60     | 1604,59 | 2567,85    | 1,16     | 1604,59 | 1858,91    |
| 2                      | 1,62     | 1982,77 | 3213,69    | 1,18     | 1982,77 | 2331,19    |
| 1                      | 1,63     | 2167,89 | 3529,81    | 1,18     | 2167,89 | 2562,34    |

Fuente: Elaboración propia

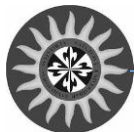
### 3.2.10. Distribución de las solicitaciones

Una vez obtenidos la carga vertical por piso, el cortante de piso (**V**), el momento de volcamiento por piso (**Mvol**) y el momento torsional por piso (**MT**) es necesario distribuir estas solicitaciones en cada muro.

Es de gran importancia conocer cuáles son las combinaciones de carga que se van a aplicar al diseño, de las cuales se seleccionaran las que contengan las cargas más críticas que para cargas verticales son la carga viva (**L**) y la carga muerta (**D**) y para cargas laterales es el sismo (**E**) ya que las fuerzas de viento (**W**) no son críticas y no hay empujes laterales de tierra (**H**); en consecuencia las combinaciones de carga para nuestro diseño son:

- 1) 1.2D+1.6L
- 2) 1.2D+ 1.0E + 1.0L
- 3) 0.9D+ 1.0E

La presencia del sismo genera una condición crítica en estos elementos; por otra parte para el diseño del entrepiso la combinación número 1 es la más crítica.



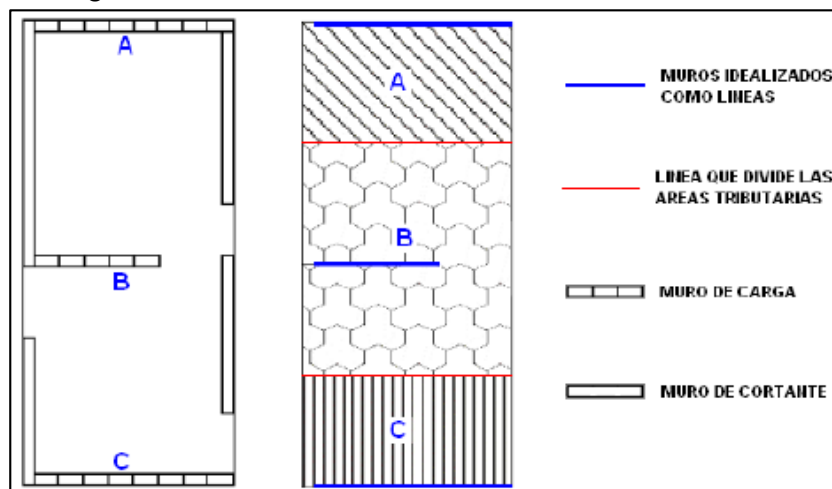
### 3.2.10.1. Distribución de cargas verticales

Para la distribución de las cargas verticales cuyo efecto se supone como una carga uniformemente distribuida sobre los entrepisos, es necesario tener en cuenta si estos trabajan en una o en dos direcciones. Esta distribución básicamente se realiza en proporción al área tributaria de cada elemento estructural de carga, además para la determinación de dichas áreas es necesario idealizar los muros como líneas en planta; para muros interiores la línea pasa por el centro geométrico del muro y para muros exteriores la línea pasa por el borde exterior del muro.

#### 3.2.10.1.1. Entrepiso en una dirección

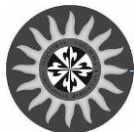
En este caso el criterio básico que se utiliza es que entre dos elementos estructurales (muro de carga) separados por una luz, esta se divide a la mitad con una línea perpendicular a la dirección de dicha luz determinando así junto con las líneas que forman el perímetro de la losa, los límites del área tributaria de cada elemento, como se observa en la siguiente figura:

Figura 3.2.10.1.1-1. Distribución de áreas aferentes



Fuente: Fundamentos y aplicación de la mampostería estructural

Luego de realizar el análisis de las cargas verticales, horizontales y sus respectivos efectos procedemos a distribuirlas entre los diferentes elementos que conforman la estructura del edificio (Muros, columnas, pilastras, vigas, dinteles,

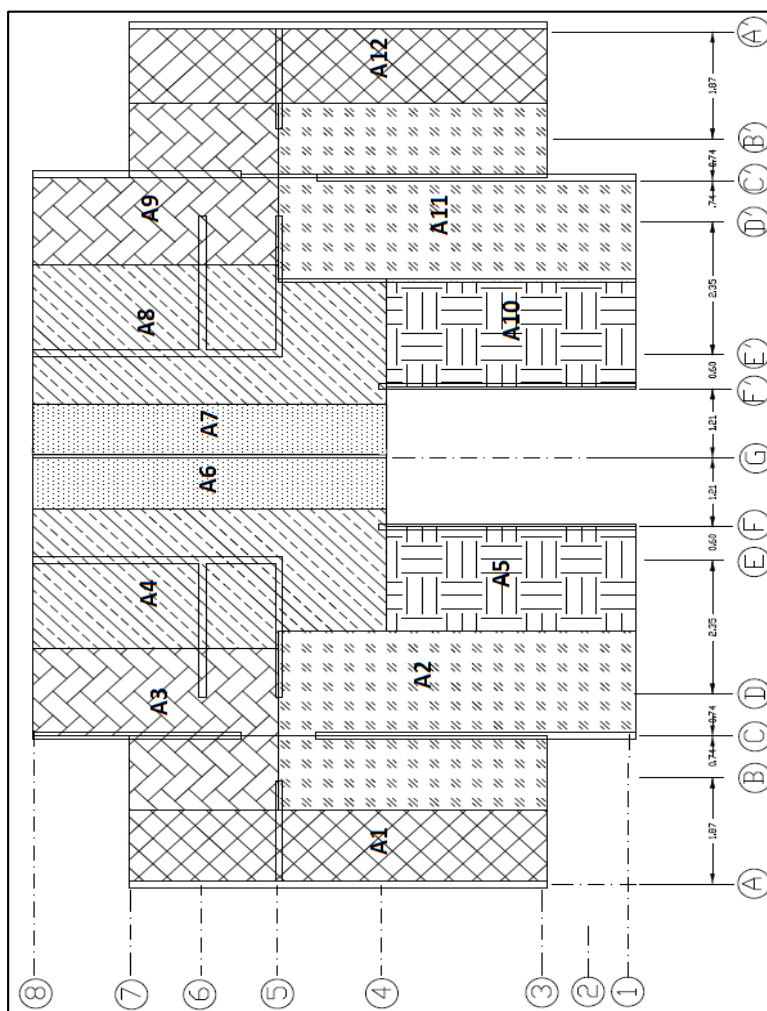


etc.), teniendo en cuenta la influencia de cada una sobre dichos elementos para su posterior diseño.

### 3.2.10.2. Solicitaciones verticales

Esta distribución se realiza en base a las áreas aferentes de cada muro para lo cual nos apoyaremos en las figuras 3.2.10.2-1 y 3.2.10.2-2 (planos áreas aferentes) y además dichas áreas serán halladas con **AUTOCAD**.

Figura 3.2.10.2-1. Planta de áreas tributarias



Fuente: Elaboración propia

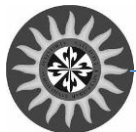
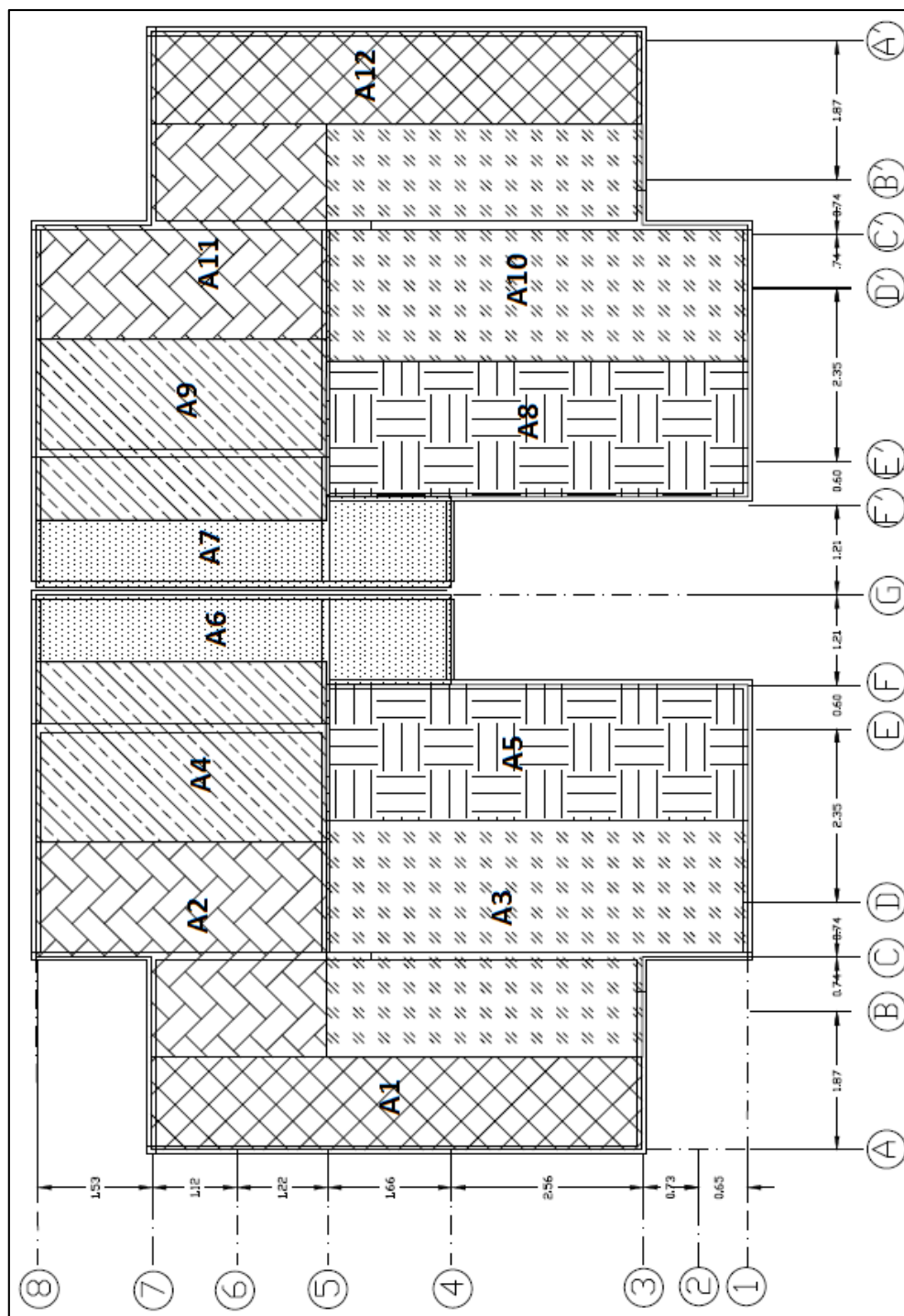


Figura 3.2.10.2-2. Planta de áreas tributarias cubierta



Fuente: Elaboración propia

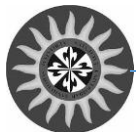


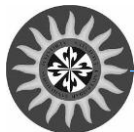
Tabla 3.2.10.2-1. Áreas tributarias de planta y cubierta

| AREAS TRIBUTARIAS DE PLANTA |           | AREAS TRIBUTARIAS DE CUBIERTA |           |
|-----------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| ELEMENTO                    | AREA (m2) | ELEMENTO                      | AREA (m2) |
| A1                          | 8,34      | A1                            | 8,34      |
| A2                          | 16,05     | A2                            | 16,05     |
| A3                          | 9,18      | A3                            | 9,18      |
| A4                          | 13,27     | A4                            | 9,45      |
| A5                          | 7,3       | A5                            | 10,33     |
| A6                          | 5,07      | A6                            | 5,51      |
| A7                          | 5,07      | A7                            | 5,51      |
| A8                          | 13,27     | A8                            | 10,33     |
| A9                          | 9,18      | A9                            | 9,45      |
| A10                         | 7,3       | A10                           | 9,18      |
| A11                         | 16,05     | A11                           | 16,05     |
| A12                         | 8,34      | A12                           | 8,34      |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2.10.2-2. Cargas axiales por muros quinto piso

| CARGAS AXIALES QUINTO PISO |                 |          |           |          |                 |                 |               |
|----------------------------|-----------------|----------|-----------|----------|-----------------|-----------------|---------------|
| MURO                       | AREA TRIBUTARIA | W PROPIO | W CULATAS | W VIGAS  | W PLACA TANQUES | P5 MUERTA TOTAL | P5 VIVA TOTAL |
| 5 (A-B)                    | 0               | 10,34    | 0         | 0        | 0               | 10,342          | 0             |
| 5 (D-E)                    | 0               | 13,73    | 9,64      | 2,60     | 0               | 25,963          | 0             |
| 6 (D-E)                    | 0               | 13,09    | 0         | 1,07     | 0               | 14,156          | 0             |
| 5 (A'-B')                  | 0               | 10,34    | 0         | 0        | 0               | 10,342          | 0             |
| 5 (D'-E')                  | 0               | 13,73    | 9,636354  | 2,595456 | 0               | 25,963          | 0             |
| 6 (D'-E')                  | 0               | 13,09    | 0         | 1,067904 | 0               | 14,156          | 0             |
| A (3-7)                    | 8,34            | 38,97    | 13,35     | 2,19     | 0               | 54,520          | 4,17          |
| C (1-5)                    | 16,056          | 29,74    | 19,41     | 3,20     | 0               | 52,355          | 8,028         |
| C (5-8)                    | 9,2             | 19,40    | 19,41     | 3,20     | 0               | 42,013          | 4,6           |
| E (5-8)                    | 9,45            | 23,25    | 8,04      | 1,34     | 0               | 32,633          | 4,725         |
| F (1-4)                    | 10,33           | 23,90    | 11,37     | 1,90     | 0               | 37,172          | 5,165         |
| G (4-8)                    | 5,517           | 32,25    | 11,39     | 1,91     | 5,07            | 50,623          | 2,7585        |
| A' (3-7)                   | 8,34            | 38,97    | 13,35     | 2,19     | 0               | 54,520          | 4,17          |



|          |        |       |        |       |   |                |               |
|----------|--------|-------|--------|-------|---|----------------|---------------|
| C' (1-5) | 16,056 | 29,74 | 19,41  | 3,20  | 0 | 52,355         | 8,028         |
| C' (5-8) | 9,2    | 19,40 | 19,41  | 3,20  | 0 | 42,013         | 4,6           |
| E' (5-8) | 9,45   | 23,25 | 8,04   | 1,34  | 0 | 32,633         | 4,725         |
| F' (1-4) | 10,33  | 23,90 | 11,37  | 1,90  | 0 | 37,172         | 5,165         |
|          |        |       | 173,86 | 32,90 |   | <b>588,930</b> | <b>56,135</b> |

Fuente: Elaboración propia

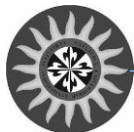
Tabla 3.2.10.2-3. Cargas axiales por muros cuarto piso

| CARGAS AXIALES CUARTO PISO |                 |          |          |                 |               |                 |                |
|----------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|
| MURO                       | AREA TRIBUTARIA | W PROPIO | ESCALERA | P5 MUERTA TOTAL | P5 VIVA TOTAL | P4 MUERTA TOTAL | P4 VIVA TOTAL  |
| 5 (A-B)                    | 0               | 10,35    | 0        | 10,342          | 0             | 20,691          | 0              |
| 5 (D-E)                    | 0               | 13,74    | 0        | 25,963          | 0             | 39,703          | 0              |
| 6 (D-E)                    | 0               | 13,10    | 0        | 14,156          | 0             | 27,253          | 0              |
| 5 (A'-B')                  | 0               | 10,35    | 0        | 10,342          | 0             | 20,691          | 0              |
| 5 (D'-E')                  | 0               | 13,74    | 0        | 25,963          | 0             | 39,703          | 0              |
| 6 (D'-E')                  | 0               | 13,10    | 0        | 14,156          | 0             | 27,253          | 0              |
| A (3-7)                    | 8,347           | 39,00    | 0        | 54,520          | 4,17          | 93,520          | 19,1946        |
| C (1-5)                    | 16,056          | 29,76    | 0        | 52,355          | 8,028         | 82,116          | 36,9288        |
| C (5-8)                    | 9,2             | 19,41    | 0        | 42,013          | 4,6           | 61,425          | 21,16          |
| E (5-8)                    | 13,27           | 23,27    | 0        | 32,633          | 4,725         | 55,904          | 28,611         |
| F (1-4)                    | 7,3             | 23,91    | 29,04    | 37,172          | 5,165         | 90,123          | 18,305         |
| G (4-8)                    | 5,076           | 32,28    | 0        | 50,623          | 2,7585        | 82,899          | 11,8953        |
| A' (3-7)                   | 8,347           | 39,00    | 0        | 54,520          | 4,17          | 93,520          | 19,1946        |
| C' (1-5)                   | 16,056          | 29,76    | 0        | 52,355          | 8,028         | 82,116          | 36,9288        |
| C' (5-8)                   | 9,2             | 19,41    | 0        | 42,013          | 4,6           | 61,425          | 21,16          |
| E' (5-8)                   | 13,27           | 23,27    | 0        | 32,633          | 4,725         | 55,904          | 28,611         |
| F' (1-4)                   | 7,3             | 23,91    | 29,04    | 37,172          | 5,165         | 90,123          | 18,305         |
|                            |                 |          |          |                 |               | <b>1024,368</b> | <b>260,294</b> |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2.10.2-4. Cargas axiales por muros tercer piso

| CARGAS AXIALES TERCER PISO |                 |          |          |                 |               |                 |               |
|----------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| MURO                       | AREA TRIBUTARIA | W PROPIO | ESCALERA | P4 MUERTA TOTAL | P4 VIVA TOTAL | P3 MUERTA TOTAL | P3 VIVA TOTAL |
| 5 (A-B)                    | 0               | 10,36    | 0        | 20,691          | 0             | 31,048          | 0             |
| 5 (D-E)                    | 0               | 13,75    | 0        | 39,703          | 0             | 53,453          | 0             |

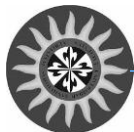


|           |        |       |       |        |         |                 |                |
|-----------|--------|-------|-------|--------|---------|-----------------|----------------|
| 6 (D-E)   | 0      | 13,11 | 0     | 27,253 | 0       | 40,360          | 0              |
| 5 (A'-B') | 0      | 10,36 | 0     | 20,691 | 0       | 31,048          | 0              |
| 5 (D'-E') | 0      | 13,75 | 0     | 39,703 | 0       | 53,453          | 0              |
| 6 (D'-E') | 0      | 13,11 | 0     | 27,253 | 0       | 40,360          | 0              |
| A (3-7)   | 8,347  | 39,03 | 0     | 93,520 | 19,1946 | 132,546         | 34,2192        |
| C (1-5)   | 16,056 | 29,78 | 0     | 82,116 | 36,9288 | 111,898         | 65,8296        |
| C (5-8)   | 9,2    | 19,43 | 0     | 61,425 | 21,16   | 80,850          | 37,72          |
| E (5-8)   | 13,27  | 23,29 | 0     | 55,904 | 28,611  | 79,191          | 52,497         |
| F (1-4)   | 7,3    | 23,93 | 29,04 | 90,123 | 18,305  | 143,090         | 31,445         |
| G (4-8)   | 5,076  | 32,30 | 0     | 82,899 | 11,8953 | 115,197         | 21,0321        |
| A' (3-7)  | 8,347  | 39,03 | 0     | 93,520 | 19,1946 | 132,546         | 34,2192        |
| C' (1-5)  | 16,056 | 29,78 | 0     | 82,116 | 36,9288 | 111,898         | 65,8296        |
| C' (5-8)  | 9,2    | 19,43 | 0     | 61,425 | 21,16   | 80,850          | 37,72          |
| E' (5-8)  | 13,27  | 23,29 | 0     | 55,904 | 28,611  | 79,191          | 52,497         |
| F' (1-4)  | 7,3    | 23,93 | 29,04 | 90,123 | 18,305  | 143,090         | 31,445         |
|           |        |       |       |        |         | <b>1460,069</b> | <b>464,454</b> |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2.10.2-5. Cargas axiales por muros segundo piso

| CARGAS AXIALES SEGUNDO PISO |                 |          |          |                 |               |                 |               |
|-----------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| MURO                        | AREA TRIBUTARIA | W PROPIO | ESCALERA | P3 MUERTA TOTAL | P3 VIVA TOTAL | P2 MUERTA TOTAL | P2 VIVA TOTAL |
| 5 (A-B)                     | 0               | 10,36    | 0        | 31,048          | 0             | 41,411          | 0             |
| 5 (D-E)                     | 0               | 13,76    | 0        | 53,453          | 0             | 67,213          | 0             |
| 6 (D-E)                     | 0               | 13,12    | 0        | 40,360          | 0             | 53,475          | 0             |
| 5 (A'-B')                   | 0               | 10,36    | 0        | 31,048          | 0             | 41,411          | 0             |
| 5 (D'-E')                   | 0               | 13,76    | 0        | 53,453          | 0             | 67,213          | 0             |
| 6 (D'-E')                   | 0               | 13,12    | 0        | 40,360          | 0             | 53,475          | 0             |
| A (3-7)                     | 8,347           | 39,05    | 0        | 132,546         | 34,2192       | 171,600         | 49,2438       |
| C (1-5)                     | 16,056          | 29,80    | 0        | 111,898         | 65,8296       | 141,701         | 94,7304       |
| C (5-8)                     | 9,2             | 19,44    | 0        | 80,850          | 37,72         | 100,290         | 54,28         |
| E (5-8)                     | 13,27           | 23,30    | 0        | 79,191          | 52,497        | 102,495         | 76,383        |
| F (1-4)                     | 7,3             | 23,95    | 29,04    | 143,090         | 31,445        | 196,074         | 44,585        |
| G (4-8)                     | 5,076           | 32,32    | 0        | 115,197         | 21,0321       | 147,517         | 30,1689       |
| A' (3-7)                    | 8,347           | 39,05    | 0        | 132,546         | 34,2192       | 171,600         | 49,2438       |
| C' (1-5)                    | 16,056          | 29,80    | 0        | 111,898         | 65,8296       | 141,701         | 94,7304       |



|          |       |       |       |         |        |                 |                |
|----------|-------|-------|-------|---------|--------|-----------------|----------------|
| C' (5-8) | 9,2   | 19,44 | 0     | 80,850  | 37,72  | 100,290         | 54,28          |
| E' (5-8) | 13,27 | 23,30 | 0     | 79,191  | 52,497 | 102,495         | 76,383         |
| F' (1-4) | 7,3   | 23,95 | 29,04 | 143,090 | 31,445 | 196,074         | 44,585         |
|          |       |       |       |         |        | <b>1896,034</b> | <b>668,613</b> |

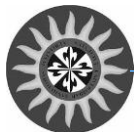
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2.10.2-6. Cargas axiales por muros primer piso

| CARGAS AXIALES PRIMER PISO |                 |          |          |                 |               |                 |                |
|----------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|
| MURO                       | AREA TRIBUTARIA | W PROPIO | ESCALERA | P2 MUERTA TOTAL | P2 VIVA TOTAL | P1 MUERTA TOTAL | P1 VIVA TOTAL  |
| 5 (A-B)                    | 0               | 10,37    | 0        | 41,411          | 0             | 51,782          | 0              |
| 5 (D-E)                    | 0               | 13,77    | 0        | 67,213          | 0             | 80,982          | 0              |
| 6 (D-E)                    | 0               | 13,12    | 0        | 53,475          | 0             | 66,600          | 0              |
| 5 (A'-B')                  | 0               | 10,37    | 0        | 41,411          | 0             | 51,782          | 0              |
| 5 (D'-E')                  | 0               | 13,77    | 0        | 67,213          | 0             | 80,982          | 0              |
| 6 (D'-E')                  | 0               | 13,12    | 0        | 53,475          | 0             | 66,600          | 0              |
| A (3-7)                    | 8,347           | 39,08    | 0        | 171,600         | 49,2438       | 210,682         | 64,2684        |
| C (1-5)                    | 16,056          | 29,82    | 0        | 141,701         | 94,7304       | 171,524         | 123,6312       |
| C (5-8)                    | 9,2             | 19,45    | 0        | 100,290         | 54,28         | 119,742         | 70,84          |
| E (5-8)                    | 13,27           | 23,32    | 0        | 102,495         | 76,383        | 125,814         | 100,269        |
| F (1-4)                    | 7,3             | 23,96    | 29,04    | 196,074         | 44,585        | 249,074         | 57,725         |
| G (4-8)                    | 5,076           | 32,34    | 0        | 147,517         | 30,1689       | 179,860         | 39,3057        |
| A' (3-7)                   | 8,347           | 39,08    | 0        | 171,600         | 49,2438       | 210,682         | 64,2684        |
| C' (1-5)                   | 16,056          | 29,82    | 0        | 141,701         | 94,7304       | 171,524         | 123,6312       |
| C' (5-8)                   | 9,2             | 19,45    | 0        | 100,290         | 54,28         | 119,742         | 70,84          |
| E' (5-8)                   | 13,27           | 23,32    | 0        | 102,495         | 76,383        | 125,814         | 100,269        |
| F' (1-4)                   | 7,3             | 23,96    | 29,04    | 196,074         | 44,585        | 249,074         | 57,725         |
|                            |                 |          |          |                 |               | <b>2332,262</b> | <b>872,773</b> |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.10.3. Solicitaciones horizontales



Quinto piso:

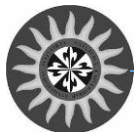
| Vx (Kn) | MTx (Kn*m) |
|---------|------------|
| 291,40  | 380,69     |

| Mvoli  |
|--------|
| 699,36 |

Tabla 3.2.10.3-1. Solicitaciones horizontales 5 piso

| DISTRIBUCIÓN SOLICITACIONES HORIZONTALES 5 PISO (SISMO EN X) |           |        |       |           |         |          |       |        |        |        |
|--------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|-----------|---------|----------|-------|--------|--------|--------|
| MURO                                                         |           | R      | Dx    | Dy        | Rx ·Dy2 | Ry ·Dx2  | Fv    | Ft     | F      | M      |
| DIRECCION X                                                  | 5 (A-B)   | 9,04   |       | 0,45      | 1,83    |          | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,92  |
|                                                              | 5 (D-E)   | 17,14  |       | 0,45      | 3,46    |          | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 143,91 |
|                                                              | 6 (D-E)   | 15,47  |       | -<br>1,98 | 60,68   |          | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,85 |
|                                                              | 5 (A'-B') | 9,04   |       | 0,45      | 1,83    |          | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,92  |
|                                                              | 5 (D'-E') | 17,14  |       | 0,45      | 3,46    |          | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 143,91 |
|                                                              | 6 (D'-E') | 15,47  |       | -<br>1,98 | 60,68   |          | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,85 |
| Σ                                                            |           | 83,30  |       |           | 131,93  |          |       |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                  | A (3-7)   | 95,63  | 7,51  |           |         | 5389,44  |       | 17,06  | 17,06  |        |
|                                                              | C (1-5)   | 66,46  | 4,90  |           |         | 1593,69  |       | 7,73   | 7,73   |        |
|                                                              | C (5-8)   | 33,63  | 4,90  |           |         | 806,45   |       | 3,91   | 3,91   |        |
|                                                              | E (5-8)   | 45,74  | 1,81  |           |         | 149,36   |       | 1,96   | 1,96   |        |
|                                                              | F (1-4)   | 47,79  | 1,22  |           |         | 70,78    |       | 1,38   | 1,38   |        |
|                                                              | G (4-8)   | 74,46  | 0,00  |           |         | 0,00     |       | -0,01  | -0,01  |        |
|                                                              | A' (3-7)  | 95,63  | -7,51 |           |         | 5389,44  |       | -17,06 | -17,06 |        |
|                                                              | C' (1-5)  | 66,46  | -4,90 |           |         | 1593,69  |       | -7,73  | -7,73  |        |
|                                                              | C' (5-8)  | 33,63  | -4,90 |           |         | 806,45   |       | -3,91  | -3,91  |        |
|                                                              | E' (5-8)  | 45,74  | -1,81 |           |         | 149,36   |       | -1,96  | -1,96  |        |
|                                                              | F' (1-4)  | 47,79  | -1,22 |           |         | 70,78    |       | -1,38  | -1,38  |        |
| Σ                                                            |           | 652,96 |       |           |         | 16019,44 |       |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia



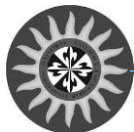
| Vy (Kn) | MTy (Kn*m) |
|---------|------------|
| 291,40  | 207,83     |

| Mvoli  |
|--------|
| 699,36 |

Tabla 3.2.10.3-2. Solicitaciones horizontales 5 piso

| DISTRIBUCION DE SOLICITACIONES HORIZONTALES 5 PISO (SISMO EN Y) |           |               |       |               |                 |          |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|---------------|-------|---------------|-----------------|----------|--------|--------|--------|
| MURO                                                            | R         | Dx            | Dy    | Rx · Dy2      | Ry · Dx2        | Fv       | Ft     | F      | M      |
| DIRECCION X                                                     | 5 (A-B)   | 9,04          | 0,45  | 1,83          |                 |          | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D-E)   | 17,14         | 0,45  | 3,46          |                 |          | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D-E)   | 15,47         | -1,98 | 60,68         |                 |          | -48,26 | -48,26 |        |
|                                                                 | 5 (A'-B') | 9,04          | 0,45  | 1,83          |                 |          | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D'-E') | 17,14         | 0,45  | 3,46          |                 |          | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D'-E') | 15,47         | -1,98 | 60,68         |                 |          | -48,26 | -48,26 |        |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>83,30</b>  |       | <b>131,93</b> |                 |          |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                     | A (3-7)   | 95,63         | 7,51  |               | 5389,44         | 42,67872 | 9,31   | 51,99  | 102,43 |
|                                                                 | C (1-5)   | 66,46         | 4,90  |               | 1593,69         | 29,65817 | 4,22   | 33,88  | 71,18  |
|                                                                 | C (5-8)   | 33,63         | 4,90  |               | 806,45          | 15,00774 | 2,14   | 17,14  | 36,02  |
|                                                                 | E (5-8)   | 45,74         | 1,81  |               | 149,36          | 20,41407 | 1,07   | 21,49  | 48,99  |
|                                                                 | F (1-4)   | 47,79         | 1,22  |               | 70,78           | 21,32696 | 0,75   | 22,08  | 51,18  |
|                                                                 | G (4-8)   | 74,46         | 0,00  |               | 0,00            | 33,22831 | 0,00   | 33,23  | 79,75  |
|                                                                 | A' (3-7)  | 95,63         | -7,51 |               | 5389,44         | 42,67872 | -9,31  | 42,68  | 102,43 |
|                                                                 | C' (1-5)  | 66,46         | -4,90 |               | 1593,69         | 29,65817 | -4,22  | 29,66  | 71,18  |
|                                                                 | C' (5-8)  | 33,63         | -4,90 |               | 806,45          | 15,00774 | -2,14  | 15,01  | 36,02  |
|                                                                 | E' (5-8)  | 45,74         | -1,81 |               | 149,36          | 20,41407 | -1,07  | 20,41  | 48,99  |
|                                                                 | F' (1-4)  | 47,79         | -1,22 |               | 70,78           | 21,32696 | -0,75  | 21,33  | 51,18  |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>652,96</b> |       |               | <b>16019,44</b> |          |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia



Cuarto piso:

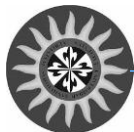
| Vx (Kn) | MTx (Kn*m) |
|---------|------------|
| 1033,44 | 1592,43    |

| Mvoli   |
|---------|
| 3179,62 |

Tabla 3.2.10.3-3. Solicitaciones horizontales 4 piso

| DISTRIBUCION DE SOLICITACIONES HORIZONTALES 4 PISO (SISMO EN X) |           |        |       |       |         |          |       |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|-------|---------|----------|-------|--------|--------|--------|
| MURO                                                            |           | R      | Dx    | Dy    | Rx ·Dy2 | Ry ·Dx2  | Fv    | Ft     | F      | M      |
| DIRECCION X                                                     | 5 (A-B)   | 9,05   |       | 0,45  | 1,83    |          | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,98  |
|                                                                 | 5 (D-E)   | 17,16  |       | 0,45  | 3,46    |          | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 144,03 |
|                                                                 | 6 (D-E)   | 15,48  |       | -1,98 | 60,73   |          | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,96 |
|                                                                 | 5 (A'-B') | 9,05   |       | 0,45  | 1,83    |          | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,98  |
|                                                                 | 5 (D'-E') | 17,16  |       | 0,45  | 3,46    |          | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 144,03 |
|                                                                 | 6 (D'-E') | 15,48  |       | -1,98 | 60,73   |          | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,96 |
| Σ                                                               |           | 83,37  |       |       | 132,04  |          |       |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                     | A (3-7)   | 95,71  | 7,51  |       |         | 5393,95  |       | 17,06  | 17,06  |        |
|                                                                 | C (1-5)   | 66,51  | 4,90  |       |         | 1595,03  |       | 7,73   | 7,73   |        |
|                                                                 | C (5-8)   | 33,66  | 4,90  |       |         | 807,12   |       | 3,91   | 3,91   |        |
|                                                                 | E (5-8)   | 45,78  | 1,81  |       |         | 149,49   |       | 1,96   | 1,96   |        |
|                                                                 | F (1-4)   | 47,83  | 1,22  |       |         | 70,84    |       | 1,38   | 1,38   |        |
|                                                                 | G (4-8)   | 74,52  | 0,00  |       |         | 0,00     |       | -0,01  | -0,01  |        |
|                                                                 | A' (3-7)  | 95,71  | -7,51 |       |         | 5393,95  |       | -17,06 | -17,06 |        |
|                                                                 | C' (1-5)  | 66,51  | -4,90 |       |         | 1595,03  |       | -7,73  | -7,73  |        |
|                                                                 | C' (5-8)  | 33,66  | -4,90 |       |         | 807,12   |       | -3,91  | -3,91  |        |
|                                                                 | E' (5-8)  | 45,78  | -1,81 |       |         | 149,49   |       | -1,96  | -1,96  |        |
|                                                                 | F' (1-4)  | 47,83  | -1,22 |       |         | 70,84    |       | -1,38  | -1,38  |        |
| Σ                                                               |           | 653,51 |       |       |         | 16032,86 |       |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia

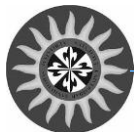


|                |                   |              |
|----------------|-------------------|--------------|
| <b>Vy (Kn)</b> | <b>MTy (Kn*m)</b> | <b>Mvoli</b> |
| 1033,44        | 1145,58           | 3179,62      |

Tabla 3.2.10.3-4. Solicitaciones horizontales 4 piso

| DISTRIBUCION DE SOLICITACIONES HORIZONTALES 4 PISO (SISMO EN Y) |           |               |       |               |                 |         |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|---------------|-------|---------------|-----------------|---------|--------|--------|--------|
| MURO                                                            | R         | Dx            | Dy    | Rx ·Dy2       | Ry ·Dx2         | Fv      | Ft     | F      | M      |
| DIRECCION X                                                     | 5 (A-B)   | 9,05          | 0,45  | 1,83          |                 |         | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D-E)   | 17,16         | 0,45  | 3,46          |                 |         | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D-E)   | 15,48         | -1,98 | 60,73         |                 |         | -48,26 | -48,26 |        |
|                                                                 | 5 (A'-B') | 9,05          | 0,45  | 1,83          |                 |         | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D'-E') | 17,16         | 0,45  | 3,46          |                 |         | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D'-E') | 15,48         | -1,98 | 60,73         |                 |         | -48,26 | -48,26 |        |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>83,37</b>  |       | <b>132,04</b> |                 |         |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                     | A (3-7)   | 95,71         | 7,51  |               | 5393,95         | 42,6787 | 9,31   | 51,99  | 102,51 |
|                                                                 | C (1-5)   | 66,51         | 4,90  |               | 1595,03         | 29,6582 | 4,22   | 33,88  | 71,24  |
|                                                                 | C (5-8)   | 33,66         | 4,90  |               | 807,12          | 15,0077 | 2,14   | 17,14  | 36,05  |
|                                                                 | E (5-8)   | 45,78         | 1,81  |               | 149,49          | 20,4141 | 1,07   | 21,49  | 49,03  |
|                                                                 | F (1-4)   | 47,83         | 1,22  |               | 70,84           | 21,327  | 0,75   | 22,08  | 51,23  |
|                                                                 | G (4-8)   | 74,52         | 0,00  |               | 0,00            | 33,2283 | 0,00   | 33,23  | 79,81  |
|                                                                 | A' (3-7)  | 95,71         | -7,51 |               | 5393,95         | 42,6787 | -9,31  | 42,68  | 102,51 |
|                                                                 | C' (1-5)  | 66,51         | -4,90 |               | 1595,03         | 29,6582 | -4,22  | 29,66  | 71,24  |
|                                                                 | C' (5-8)  | 33,66         | -4,90 |               | 807,12          | 15,0077 | -2,14  | 15,01  | 36,05  |
|                                                                 | E' (5-8)  | 45,78         | -1,81 |               | 149,49          | 20,4141 | -1,07  | 20,41  | 49,03  |
|                                                                 | F' (1-4)  | 47,83         | -1,22 |               | 70,84           | 21,327  | -0,75  | 21,33  | 51,23  |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>653,51</b> |       |               | <b>16032,86</b> |         |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia



**Tercer piso:**

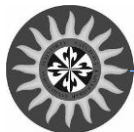
| Vx (Kn) | MTx (Kn*m) |
|---------|------------|
| 1604,59 | 2567,85    |

| Mvoli   |
|---------|
| 7030,63 |

Tabla 3.2.10.3-5. Solicitaciones horizontales 3 piso

| DISTRIBUCION DE SOLICITACIONES HORIZONTALES 3 PISO (SISMO EN X) |           |        |       |       |         |          |       |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|-------|---------|----------|-------|--------|--------|--------|
| MURO                                                            |           | R      | Dx    | Dy    | Rx ·Dy2 | Ry ·Dx2  | Fv    | Ft     | F      | M      |
| DIRECCION X                                                     | 5 (A-B)   | 9,06   |       | 0,45  | 1,83    |          | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,92  |
|                                                                 | 5 (D-E)   | 17,17  |       | 0,45  | 3,47    |          | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 143,91 |
|                                                                 | 6 (D-E)   | 15,49  |       | -1,98 | 60,78   |          | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,85 |
|                                                                 | 5 (A'-B') | 9,06   |       | 0,45  | 1,83    |          | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,92  |
|                                                                 | 5 (D'-E') | 17,17  |       | 0,45  | 3,47    |          | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 143,91 |
|                                                                 | 6 (D'-E') | 15,49  |       | -1,98 | 60,78   |          | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,85 |
| Σ                                                               |           | 83,44  |       |       | 132,15  |          |       |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                     | A (3-7)   | 95,79  | 7,51  |       |         | 5398,47  |       | 17,06  | 17,06  |        |
|                                                                 | C (1-5)   | 66,57  | 4,90  |       |         | 1596,36  |       | 7,73   | 7,73   |        |
|                                                                 | C (5-8)   | 33,69  | 4,90  |       |         | 807,80   |       | 3,91   | 3,91   |        |
|                                                                 | E (5-8)   | 45,82  | 1,81  |       |         | 149,61   |       | 1,96   | 1,96   |        |
|                                                                 | F (1-4)   | 47,87  | 1,22  |       |         | 70,90    |       | 1,38   | 1,38   |        |
|                                                                 | G (4-8)   | 74,58  | 0,00  |       |         | 0,00     |       | -0,01  | -0,01  |        |
|                                                                 | A' (3-7)  | 95,79  | -7,51 |       |         | 5398,47  |       | -17,06 | -17,06 |        |
|                                                                 | C' (1-5)  | 66,57  | -4,90 |       |         | 1596,36  |       | -7,73  | -7,73  |        |
|                                                                 | C' (5-8)  | 33,69  | -4,90 |       |         | 807,80   |       | -3,91  | -3,91  |        |
|                                                                 | E' (5-8)  | 45,82  | -1,81 |       |         | 149,61   |       | -1,96  | -1,96  |        |
|                                                                 | F' (1-4)  | 47,87  | -1,22 |       |         | 70,90    |       | -1,38  | -1,38  |        |
| Σ                                                               |           | 654,06 |       |       |         | 16046,28 |       |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia



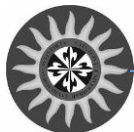
| Vy (Kn) | MTy (Kn*m) |
|---------|------------|
| 1604,59 | 1858,91    |

| Mvoli   |
|---------|
| 7030,63 |

Tabla 3.2.10.3-6. Solicitaciones horizontales 3 piso

| DISTRIBUCION DE SOLICITACIONES HORIZONTALES 3 PISO (SISMO EN Y) |           |               |       |               |                 |         |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|---------------|-------|---------------|-----------------|---------|--------|--------|--------|
| MURO                                                            | R         | Dx            | Dy    | Rx · Dy2      | Ry · Dx2        | Fv      | Ft     | F      | M      |
| DIRECCION X                                                     | 5 (A-B)   | 9,06          | 0,45  | 1,83          |                 |         | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D-E)   | 17,17         | 0,45  | 3,47          |                 |         | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D-E)   | 15,49         | -1,98 | 60,78         |                 |         | -48,26 | -48,26 |        |
|                                                                 | 5 (A'-B') | 9,06          | 0,45  | 1,83          |                 |         | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D'-E') | 17,17         | 0,45  | 3,47          |                 |         | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D'-E') | 15,49         | -1,98 | 60,78         |                 |         | -48,26 | -48,26 |        |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>83,44</b>  |       | <b>132,15</b> |                 |         |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                     | A (3-7)   | 95,79         | 7,51  |               | 5398,47         | 42,6787 | 9,31   | 51,99  | 102,43 |
|                                                                 | C (1-5)   | 66,57         | 4,90  |               | 1596,36         | 29,6582 | 4,22   | 33,88  | 71,18  |
|                                                                 | C (5-8)   | 33,69         | 4,90  |               | 807,80          | 15,0077 | 2,14   | 17,14  | 36,02  |
|                                                                 | E (5-8)   | 45,82         | 1,81  |               | 149,61          | 20,4141 | 1,07   | 21,49  | 48,99  |
|                                                                 | F (1-4)   | 47,87         | 1,22  |               | 70,90           | 21,327  | 0,75   | 22,08  | 51,18  |
|                                                                 | G (4-8)   | 74,58         | 0,00  |               | 0,00            | 33,2283 | 0,00   | 33,23  | 79,75  |
|                                                                 | A' (3-7)  | 95,79         | -7,51 |               | 5398,47         | 42,6787 | -9,31  | 42,68  | 102,43 |
|                                                                 | C' (1-5)  | 66,57         | -4,90 |               | 1596,36         | 29,6582 | -4,22  | 29,66  | 71,18  |
|                                                                 | C' (5-8)  | 33,69         | -4,90 |               | 807,80          | 15,0077 | -2,14  | 15,01  | 36,02  |
|                                                                 | E' (5-8)  | 45,82         | -1,81 |               | 149,61          | 20,4141 | -1,07  | 20,41  | 48,99  |
|                                                                 | F' (1-4)  | 47,87         | -1,22 |               | 70,90           | 21,327  | -0,75  | 21,33  | 51,18  |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>654,06</b> |       |               | <b>16046,28</b> |         |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia



Segundo piso:

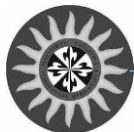
| Vx (Kn) | MTx (Kn*m) |
|---------|------------|
| 1982,77 | 3213,69    |

| Mvoli    |
|----------|
| 11789,28 |

Tabla 3.2.10.3-7. Solicitaciones horizontales 2 piso

| DISTRIBUCION DE SOLICITACIONES HORIZONTALES 2 PISO (SISMO EN X) |           |               |       |          |               |                 |       |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|---------------|-------|----------|---------------|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| MURO                                                            | R         | Dx            | Dy    | Rx · Dy2 | Ry · Dx2      | Fv              | Ft    | F      | M      |        |
| DIRECCION X                                                     | 5 (A-B)   | 9,07          |       | 0,45     | 1,83          |                 | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,92  |
|                                                                 | 5 (D-E)   | 17,19         |       | 0,45     | 3,47          |                 | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 143,91 |
|                                                                 | 6 (D-E)   | 15,51         |       | -1,98    | 60,83         |                 | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,85 |
|                                                                 | 5 (A'-B') | 9,07          |       | 0,45     | 1,83          |                 | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,92  |
|                                                                 | 5 (D'-E') | 17,19         |       | 0,45     | 3,47          |                 | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 143,91 |
|                                                                 | 6 (D'-E') | 15,51         |       | -1,98    | 60,83         |                 | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,85 |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>83,51</b>  |       |          | <b>132,26</b> |                 |       |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                     | A (3-7)   | 95,87         | 7,51  |          |               | 5402,98         |       | 17,06  | 17,06  |        |
|                                                                 | C (1-5)   | 66,62         | 4,90  |          |               | 1597,70         |       | 7,73   | 7,73   |        |
|                                                                 | C (5-8)   | 33,71         | 4,90  |          |               | 808,47          |       | 3,91   | 3,91   |        |
|                                                                 | E (5-8)   | 45,86         | 1,81  |          |               | 149,74          |       | 1,96   | 1,96   |        |
|                                                                 | F (1-4)   | 47,91         | 1,22  |          |               | 70,96           |       | 1,38   | 1,38   |        |
|                                                                 | G (4-8)   | 74,64         | 0,00  |          |               | 0,00            |       | -0,01  | -0,01  |        |
|                                                                 | A' (3-7)  | 95,87         | -7,51 |          |               | 5402,98         |       | -17,06 | -17,06 |        |
|                                                                 | C' (1-5)  | 66,62         | -4,90 |          |               | 1597,70         |       | -7,73  | -7,73  |        |
|                                                                 | C' (5-8)  | 33,71         | -4,90 |          |               | 808,47          |       | -3,91  | -3,91  |        |
|                                                                 | E' (5-8)  | 45,86         | -1,81 |          |               | 149,74          |       | -1,96  | -1,96  |        |
|                                                                 | F' (1-4)  | 47,91         | -1,22 |          |               | 70,96           |       | -1,38  | -1,38  |        |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>654,60</b> |       |          |               | <b>16059,69</b> |       |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia



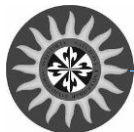
| Vy (Kn) | MTy (Kn*m) |
|---------|------------|
| 1982,77 | 2331,19    |

| Mvoli    |
|----------|
| 11789,28 |

Tabla 3.2.10.3-8. Solicitaciones horizontales 2 piso

| DISTRIBUCION DE SOLICITACIONES HORIZONTALES 2 PISO (SISMO EN Y) |           |        |       |       |         |          |        |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|-------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|
| MURO                                                            |           | R      | Dx    | Dy    | Rx ·Dy2 | Ry ·Dx2  | Fv     | Ft     | F      | M      |
| DIRECCION X                                                     | 5 (A-B)   | 9,07   |       | 0,45  | 1,83    |          |        | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D-E)   | 17,19  |       | 0,45  | 3,47    |          |        | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D-E)   | 15,51  |       | -1,98 | 60,83   |          |        | -48,26 | -48,26 |        |
|                                                                 | 5 (A'-B') | 9,07   |       | 0,45  | 1,83    |          |        | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D'-E') | 17,19  |       | 0,45  | 3,47    |          |        | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D'-E') | 15,51  |       | -1,98 | 60,83   |          |        | -48,26 | -48,26 |        |
| Σ                                                               |           | 83,51  |       |       | 132,26  |          |        |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                     | A (3-7)   | 95,87  | 7,51  |       |         | 5402,98  | 42,679 | 9,31   | 51,99  | 102,43 |
|                                                                 | C (1-5)   | 66,62  | 4,90  |       |         | 1597,70  | 29,658 | 4,22   | 33,88  | 71,18  |
|                                                                 | C (5-8)   | 33,71  | 4,90  |       |         | 808,47   | 15,008 | 2,14   | 17,14  | 36,02  |
|                                                                 | E (5-8)   | 45,86  | 1,81  |       |         | 149,74   | 20,414 | 1,07   | 21,49  | 48,99  |
|                                                                 | F (1-4)   | 47,91  | 1,22  |       |         | 70,96    | 21,327 | 0,75   | 22,08  | 51,18  |
|                                                                 | G (4-8)   | 74,64  | 0,00  |       |         | 0,00     | 33,228 | 0,00   | 33,23  | 79,75  |
|                                                                 | A' (3-7)  | 95,87  | -7,51 |       |         | 5402,98  | 42,679 | -9,31  | 42,68  | 102,43 |
|                                                                 | C' (1-5)  | 66,62  | -4,90 |       |         | 1597,70  | 29,658 | -4,22  | 29,66  | 71,18  |
|                                                                 | C' (5-8)  | 33,71  | -4,90 |       |         | 808,47   | 15,008 | -2,14  | 15,01  | 36,02  |
|                                                                 | E' (5-8)  | 45,86  | -1,81 |       |         | 149,74   | 20,414 | -1,07  | 20,41  | 48,99  |
|                                                                 | F' (1-4)  | 47,91  | -1,22 |       |         | 70,96    | 21,327 | -0,75  | 21,33  | 51,18  |
| Σ                                                               |           | 654,60 |       |       |         | 16059,69 |        |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia



**Primer piso:**

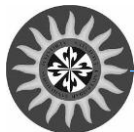
| Vx (Kn) | MTx (Kn*m) |
|---------|------------|
| 2167,89 | 3529,81    |

| Mvoli    |
|----------|
| 16775,42 |

Tabla 3.2.10.3-9. Solicitaciones horizontales 1 piso

| DISTRIBUCION DE SOLICITACIONES HORIZONTALES 1 PISO (SISMO EN X) |           |        |       |       |         |          |       |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|-------|---------|----------|-------|--------|--------|--------|
| MURO                                                            |           | R      | Dx    | Dy    | Rx ·Dy2 | Ry ·Dx2  | Fv    | Ft     | F      | M      |
| DIRECCION X                                                     | 5 (A-B)   | 9,07   |       | 0,45  | 1,83    |          | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,92  |
|                                                                 | 5 (D-E)   | 17,20  |       | 0,45  | 3,47    |          | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 143,91 |
|                                                                 | 6 (D-E)   | 15,52  |       | -1,98 | 60,88   |          | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,85 |
|                                                                 | 5 (A'-B') | 9,07   |       | 0,45  | 1,83    |          | 31,63 | 11,72  | 43,36  | 75,92  |
|                                                                 | 5 (D'-E') | 17,20  |       | 0,45  | 3,47    |          | 59,96 | 22,23  | 82,19  | 143,91 |
|                                                                 | 6 (D'-E') | 15,52  |       | -1,98 | 60,88   |          | 54,10 | -88,40 | 54,10  | 129,85 |
| Σ                                                               |           | 83,58  |       |       | 132,37  |          |       |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                     | A (3-7)   | 95,95  | 7,51  |       |         | 5407,50  |       | 17,06  | 17,06  |        |
|                                                                 | C (1-5)   | 66,68  | 4,90  |       |         | 1599,03  |       | 7,73   | 7,73   |        |
|                                                                 | C (5-8)   | 33,74  | 4,90  |       |         | 809,15   |       | 3,91   | 3,91   |        |
|                                                                 | E (5-8)   | 45,90  | 1,81  |       |         | 149,86   |       | 1,96   | 1,96   |        |
|                                                                 | F (1-4)   | 47,95  | 1,22  |       |         | 71,02    |       | 1,38   | 1,38   |        |
|                                                                 | G (4-8)   | 74,71  | 0,00  |       |         | 0,00     |       | -0,01  | -0,01  |        |
|                                                                 | A' (3-7)  | 95,95  | -7,51 |       |         | 5407,50  |       | -17,06 | -17,06 |        |
|                                                                 | C' (1-5)  | 66,68  | -4,90 |       |         | 1599,03  |       | -7,73  | -7,73  |        |
|                                                                 | C' (5-8)  | 33,74  | -4,90 |       |         | 809,15   |       | -3,91  | -3,91  |        |
|                                                                 | E' (5-8)  | 45,90  | -1,81 |       |         | 149,86   |       | -1,96  | -1,96  |        |
|                                                                 | F' (1-4)  | 47,95  | -1,22 |       |         | 71,02    |       | -1,38  | -1,38  |        |
| Σ                                                               |           | 655,15 |       |       |         | 16073,11 |       |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia

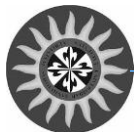


|                |                   |              |
|----------------|-------------------|--------------|
| <b>Vy (Kn)</b> | <b>MTy (Kn*m)</b> | <b>Mvoli</b> |
| 2167,89        | 2562,34           | 16775,42     |

Tabla 3.2.10.3-10. Solicitaciones horizontales 1 piso

| DISTRIBUCION DE SOLICITACIONES HORIZONTALES 1 PISO (SISMO EN Y) |           |               |       |               |                 |         |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|---------------|-------|---------------|-----------------|---------|--------|--------|--------|
| MURO                                                            | R         | Dx            | Dy    | Rx · Dy2      | Ry · Dx2        | Fv      | Ft     | F      | M      |
| DIRECCION X                                                     | 5 (A-B)   | 9,07          | 0,45  | 1,83          |                 |         | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D-E)   | 17,20         | 0,45  | 3,47          |                 |         | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D-E)   | 15,52         | -1,98 | 60,88         |                 |         | -48,26 | -48,26 |        |
|                                                                 | 5 (A'-B') | 9,07          | 0,45  | 1,83          |                 |         | 6,40   | 6,40   |        |
|                                                                 | 5 (D'-E') | 17,20         | 0,45  | 3,47          |                 |         | 12,13  | 12,13  |        |
|                                                                 | 6 (D'-E') | 15,52         | -1,98 | 60,88         |                 |         | -48,26 | -48,26 |        |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>83,58</b>  |       | <b>132,37</b> |                 |         |        |        |        |
| DIRECCION Y                                                     | A (3-7)   | 95,95         | 7,51  |               | 5407,50         | 42,6787 | 9,31   | 51,99  | 102,43 |
|                                                                 | C (1-5)   | 66,68         | 4,90  |               | 1599,03         | 29,6582 | 4,22   | 33,88  | 71,18  |
|                                                                 | C (5-8)   | 33,74         | 4,90  |               | 809,15          | 15,0077 | 2,14   | 17,14  | 36,02  |
|                                                                 | E (5-8)   | 45,90         | 1,81  |               | 149,86          | 20,4141 | 1,07   | 21,49  | 48,99  |
|                                                                 | F (1-4)   | 47,95         | 1,22  |               | 71,02           | 21,327  | 0,75   | 22,08  | 51,18  |
|                                                                 | G (4-8)   | 74,71         | 0,00  |               | 0,00            | 33,2283 | 0,00   | 33,23  | 79,75  |
|                                                                 | A' (3-7)  | 95,95         | -7,51 |               | 5407,50         | 42,6787 | -9,31  | 42,68  | 102,43 |
|                                                                 | C' (1-5)  | 66,68         | -4,90 |               | 1599,03         | 29,6582 | -4,22  | 29,66  | 71,18  |
|                                                                 | C' (5-8)  | 33,74         | -4,90 |               | 809,15          | 15,0077 | -2,14  | 15,01  | 36,02  |
|                                                                 | E' (5-8)  | 45,90         | -1,81 |               | 149,86          | 20,4141 | -1,07  | 20,41  | 48,99  |
|                                                                 | F' (1-4)  | 47,95         | -1,22 |               | 71,02           | 21,327  | -0,75  | 21,33  | 51,18  |
| <b>Σ</b>                                                        |           | <b>655,15</b> |       |               | <b>16073,11</b> |         |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia



### 3.2.11. Desplazamientos y derivas

La NSR- 10 se propone hallar primero los desplazamientos totales y luego a partir de estos las derivas, a continuación y por conveniencia en la secuencia de los cálculos hallaremos las derivas directamente, es decir sin hallar previamente los desplazamientos totales en cada piso.

#### 3.2.11.1. Derivas por cortante directo

Estas corresponden a la diferencia de los desplazamientos totales de cada piso, y para cualquier punto en un mismo piso son iguales.

Tabla 3.2.11.1-1. Cálculo de las derivas por cortante directo

| DERIVAS POR CORTANTE DIRECTO |            |              |                |            |              |                |
|------------------------------|------------|--------------|----------------|------------|--------------|----------------|
|                              | SISMO EN X |              |                | SISMO EN Y |              |                |
| 0                            | 1          | 2            | 3              | 4          | 5            | 6              |
| PISO                         | $F_x$      | $\Sigma R_x$ | $\Delta TRL_x$ | $F_y$      | $\Sigma R_y$ | $\Delta TRL_y$ |
| 5                            | 291,40     | 8330,32      | 0,0350         | 291,40     | 65296,23     | 0,00446        |
| 4                            | 742,04     | 8337,30      | 0,0890         | 742,04     | 65350,92     | 0,01135        |
| 3                            | 571,15     | 8344,28      | 0,0684         | 571,15     | 65405,61     | 0,00873        |
| 2                            | 378,18     | 8351,25      | 0,0453         | 378,18     | 65460,30     | 0,00578        |
| 1                            | 185,12     | 8358,23      | 0,0221         | 185,12     | 65514,99     | 0,00283        |

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.11.2. Derivas causadas por momento torsor (Mt).

Aquí se calculara específicamente las derivas de las cuatro esquinas de la planta de la edificación bajo la acción de los momentos actuantes por nivel calculados con las fuerzas horizontales equivalentes. Con el fin de entender con más claridad el cálculo de este tipo de deriva, en las figuras 3.2.11.2-1 y 3.2.11.2-2 se ilustra la acción del sismo en el centro de masa de la estructura teniendo en cuenta a su vez la excentricidad existente con el centro de rigidez.

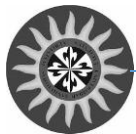
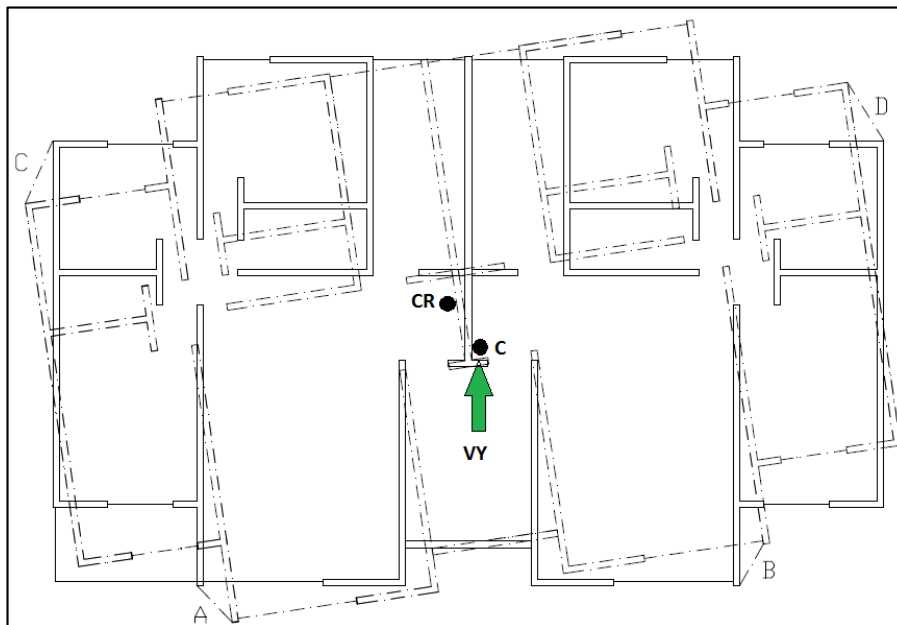
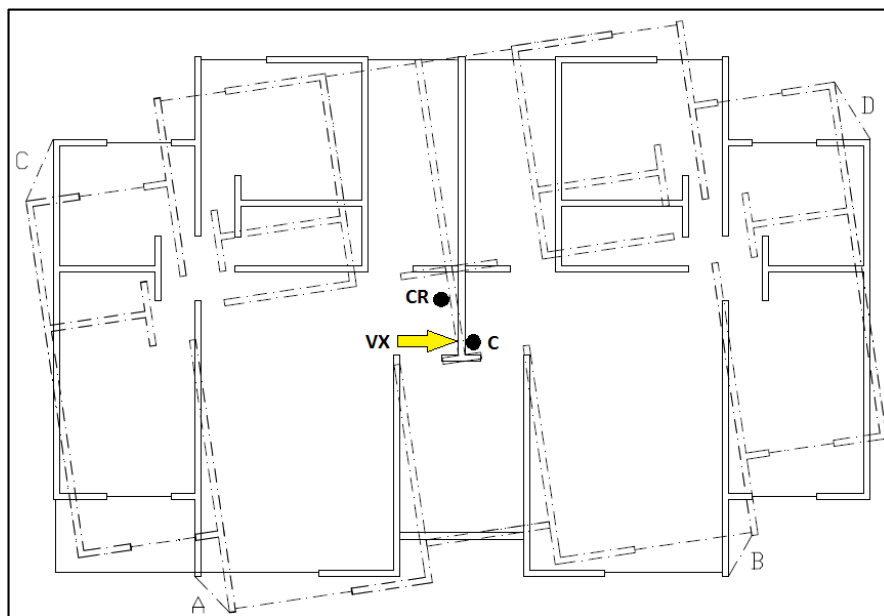


Figura 3.2.11.2-1. Acción del sismo en la dirección Y

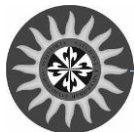


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2.11.2-2. Acción del sismo en la dirección Y



Fuente: Elaboración propia



Para realizar este cálculo se tomaran como centro de los ejes de coordenadas el centro de rigidez.

Tabla 3.2.11.2-1. Derivas por torsión actuando en X

| TORSION ACTUANDO POR SISMO EN X |      |         |          |         |         |              |                |               |
|---------------------------------|------|---------|----------|---------|---------|--------------|----------------|---------------|
| 0                               | 1    | 2       | 3        | 4       | 5       | 6            | 7              |               |
| PISO                            | NUDO | MTx     | J        | XJ (cm) | YJ (cm) | $\theta$ rad | $\Delta$ ROT x | $\Delta$ ROTy |
| 5                               | A    | 380,69  | 2,13E+08 | -495    | -611    | 0,0000018    | -0,0010904     | -0,0008834    |
|                                 | B    | 380,69  | 2,13E+08 | 495     | -611    | 0,0000018    | -0,0010904     | 0,0008834     |
|                                 | C    | 380,69  | 2,13E+08 | 757     | 197     | 0,0000018    | 0,0003516      | 0,0013509     |
|                                 | D    | 380,69  | 2,13E+08 | -757    | 197     | 0,0000018    | 0,0003516      | -0,0013509    |
| 4                               | A    | 1592,43 | 2,14E+08 | -495    | -611    | 0,0000075    | -0,0045572     | -0,0036920    |
|                                 | B    | 1592,43 | 2,14E+08 | 495     | -611    | 0,0000075    | -0,0045572     | 0,0036920     |
|                                 | C    | 1592,43 | 2,14E+08 | 757     | 197     | 0,0000075    | 0,0014693      | 0,0056462     |
|                                 | D    | 1592,43 | 2,14E+08 | -757    | 197     | 0,0000075    | 0,0014693      | -0,0056462    |
| 3                               | A    | 2567,85 | 2,14E+08 | -495    | -611    | 0,0000120    | -0,0073426     | -0,0059485    |
|                                 | B    | 2567,85 | 2,14E+08 | 495     | -611    | 0,0000120    | -0,0073426     | 0,0059485     |
|                                 | C    | 2567,85 | 2,14E+08 | 757     | 197     | 0,0000120    | 0,0023674      | 0,0090971     |
|                                 | D    | 2567,85 | 2,14E+08 | -757    | 197     | 0,0000120    | 0,0023674      | -0,0090971    |
| 2                               | A    | 3213,69 | 2,14E+08 | -495    | -611    | 0,0000150    | -0,0091816     | -0,0074385    |
|                                 | B    | 3213,69 | 2,14E+08 | 495     | -611    | 0,0000150    | -0,0091816     | 0,0074385     |
|                                 | C    | 3213,69 | 2,14E+08 | 757     | 197     | 0,0000150    | 0,0029604      | 0,0113756     |
|                                 | D    | 3213,69 | 2,14E+08 | -757    | 197     | 0,0000150    | 0,0029604      | -0,0113756    |
| 1                               | A    | 3529,81 | 2,14E+08 | -495    | -611    | 0,0000165    | -0,0100763     | -0,0081633    |
|                                 | B    | 3529,81 | 2,14E+08 | 495     | -611    | 0,0000165    | -0,0100763     | 0,0081633     |
|                                 | C    | 3529,81 | 2,14E+08 | 757     | 197     | 0,0000165    | 0,0032488      | 0,0124841     |
|                                 | D    | 3529,81 | 2,14E+08 | -757    | 197     | 0,0000165    | 0,0032488      | -0,0124841    |

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento para el cálculo de cada componente la tabla para el sismo en y es el mismo realizado en la anterior.

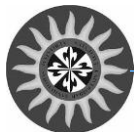


Tabla 3.2.11.2-2. Derivas por torsión actuando en X

| TORSION ACTUANDO POR SISMO EN Y |      |         |          |         |         |              |                |               |
|---------------------------------|------|---------|----------|---------|---------|--------------|----------------|---------------|
| 0                               | 1    | 2       | 3        | 4       | 5       | 6            | 7              |               |
| PISO                            | NUDO | MTy     | J        | XJ (cm) | YJ (cm) | $\theta$ rad | $\Delta$ ROT x | $\Delta$ ROTy |
| 5                               | A    | 207,83  | 2,13E+08 | -495    | -611    | 9,74E-07     | -0,0005953     | -0,0004823    |
|                                 | B    | 207,83  | 2,13E+08 | 495     | -611    | 9,74E-07     | -0,0005953     | 0,0004823     |
|                                 | C    | 207,83  | 2,13E+08 | 757     | 197     | 9,74E-07     | 0,0001919      | 0,0007375     |
|                                 | D    | 207,83  | 2,13E+08 | -757    | 197     | 9,74E-07     | 0,0001919      | -0,0007375    |
| 4                               | A    | 1145,58 | 2,14E+08 | -495    | -611    | 5,37E-06     | -0,0032784     | -0,0026560    |
|                                 | B    | 1145,58 | 2,14E+08 | 495     | -611    | 5,37E-06     | -0,0032784     | 0,0026560     |
|                                 | C    | 1145,58 | 2,14E+08 | 757     | 197     | 5,37E-06     | 0,0010570      | 0,0040618     |
|                                 | D    | 1145,58 | 2,14E+08 | -757    | 197     | 5,37E-06     | 0,0010570      | -0,0040618    |
| 3                               | A    | 1858,91 | 2,14E+08 | -495    | -611    | 8,70E-06     | -0,0053154     | -0,0043063    |
|                                 | B    | 1858,91 | 2,14E+08 | 495     | -611    | 8,70E-06     | -0,0053154     | 0,0043063     |
|                                 | C    | 1858,91 | 2,14E+08 | 757     | 197     | 8,70E-06     | 0,0017138      | 0,0065855     |
|                                 | D    | 1858,91 | 2,14E+08 | -757    | 197     | 8,70E-06     | 0,0017138      | -0,0065855    |
| 2                               | A    | 2331,19 | 2,14E+08 | -495    | -611    | 1,09E-05     | -0,0066603     | -0,0053958    |
|                                 | B    | 2331,19 | 2,14E+08 | 495     | -611    | 1,09E-05     | -0,0066603     | 0,0053958     |
|                                 | C    | 2331,19 | 2,14E+08 | 757     | 197     | 1,09E-05     | 0,0021474      | 0,0082518     |
|                                 | D    | 2331,19 | 2,14E+08 | -757    | 197     | 1,09E-05     | 0,0021474      | -0,0082518    |
| 1                               | A    | 2562,34 | 2,14E+08 | -495    | -611    | 1,20E-05     | -0,0073146     | -0,0059259    |
|                                 | B    | 2562,34 | 2,14E+08 | 495     | -611    | 1,20E-05     | -0,0073146     | 0,0059259     |
|                                 | C    | 2562,34 | 2,14E+08 | 757     | 197     | 1,20E-05     | 0,0023584      | 0,0090624     |
|                                 | D    | 2562,34 | 2,14E+08 | -757    | 197     | 1,20E-05     | 0,0023584      | -0,0090624    |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.11.3. Derivas por efectos P-Delta

Es posible tener desplazamientos adicionales debido a los efectos p-delta, para lo cual calcularemos el índice de estabilidad. Corresponden a los efectos adicionales, en las dos direcciones principales en planta, causados por los efectos de segundo orden (efectos P-Delta) de la estructura. Los efectos P-Delta producen un aumento en las deflexiones horizontales y en las fuerzas internas de la estructura. Estos efectos deben tenerse en cuenta cuando el índice de estabilidad,  $Q_i$ , es mayor de 0.10.

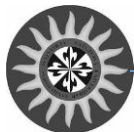


Tabla 3.2.11.3-1. Cálculo del índice de estabilidad por piso

| INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO Qi |           |                 |                 |         |        |           |           |
|-----------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|---------|--------|-----------|-----------|
| 0                                 | 1         | 2               | 3               | 4       | 5      | 6         | 7         |
| PISO                              | Pi        | $\delta_i$ cm x | $\delta_i$ cm y | Vi      | h piso | Qx        | Qy        |
| 5                                 | 645,0644  | 0,035           | 0,0045          | 291,40  | 2,3    | 0,0336677 | 0,0042952 |
| 4                                 | 1284,6617 | 0,089           | 0,0114          | 1033,44 | 2,3    | 0,0481037 | 0,0061369 |
| 3                                 | 1924,5225 | 0,0684          | 0,0087          | 1604,59 | 2,3    | 0,0356936 | 0,0045537 |
| 2                                 | 2564,6471 | 0,0453          | 0,0058          | 1982,77 | 2,3    | 0,0254669 | 0,003249  |
| 1                                 | 3205,0352 | 0,0221          | 0,0028          | 2167,89 | 2,3    | 0,0142363 | 0,0018162 |

Fuente: Elaboración propia

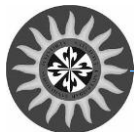
Como se puede observar los índices de estabilidad de cada piso son inferiores a lo permitido por la norma, por lo tanto, no es necesario tener en cuenta los efectos p-delta en la estructura.

#### 3.2.11.4. Derivas totales por piso.

Las derivas totales por piso se obtienen sumando los valores obtenidos de cada piso para cada deriva calculada anteriormente

Tabla 3.2.11.4-1. Calculo de derivas totales X

| DERIVAS TOTALES ACTUANDO EL SISMO EN X |      |                   |                |               |               |               |              |          |
|----------------------------------------|------|-------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------|
| 0                                      | 1    | 2                 | 3              | 4             | 5             | 6             | 7            |          |
| PISO                                   | NUDO | $\Delta$ TRL<br>x | $\Delta$ ROT x | $\Delta$ ROTy | $\Delta$ TOTx | $\Delta$ TOTy | $\Delta$ Max | 5%h piso |
| 5                                      | A    | 0,0350            | -0,0010904     | -0,0008834    | 0,0338902     | -0,0008834    | 0,0339017    | 1,15     |
|                                        | B    | 0,0350            | -0,0010904     | 0,0008834     | 0,0338902     | 0,0008834     | 0,0339017    | 1,15     |
|                                        | C    | 0,0350            | 0,0003516      | 0,0013509     | 0,0353322     | 0,0013509     | 0,0353580    | 1,15     |
|                                        | D    | 0,0350            | 0,0003516      | -0,0013509    | 0,0353322     | -0,0013509    | 0,0353580    | 1,15     |
| 4                                      | A    | 0,0890            | -0,0045572     | -0,0036920    | 0,0844456     | -0,0036920    | 0,0845262    | 1,15     |
|                                        | B    | 0,0890            | -0,0045572     | 0,0036920     | 0,0844456     | 0,0036920     | 0,0845262    | 1,15     |
|                                        | C    | 0,0890            | 0,0014693      | 0,0056462     | 0,0904721     | 0,0056462     | 0,0906481    | 1,15     |
|                                        | D    | 0,0890            | 0,0014693      | -0,0056462    | 0,0904721     | -0,0056462    | 0,0906481    | 1,15     |
| 3                                      | A    | 0,0684            | -0,0073426     | -0,0059485    | 0,0611051     | -0,0059485    | 0,0613940    | 1,15     |
|                                        | B    | 0,0684            | -0,0073426     | 0,0059485     | 0,0611051     | 0,0059485     | 0,0613940    | 1,15     |



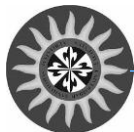
|   |   |        |            |            |           |            |           |      |
|---|---|--------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------|
|   | C | 0,0684 | 0,0023674  | 0,0090971  | 0,0708151 | 0,0090971  | 0,0713970 | 1,15 |
|   | D | 0,0684 | 0,0023674  | -0,0090971 | 0,0708151 | -0,0090971 | 0,0713970 | 1,15 |
| 2 | A | 0,0453 | -0,0091816 | -0,0074385 | 0,0361028 | -0,0074385 | 0,0368611 | 1,15 |
|   | B | 0,0453 | -0,0091816 | 0,0074385  | 0,0361028 | 0,0074385  | 0,0368611 | 1,15 |
|   | C | 0,0453 | 0,0029604  | 0,0113756  | 0,0482447 | 0,0113756  | 0,0495677 | 1,15 |
|   | D | 0,0453 | 0,0029604  | -0,0113756 | 0,0482447 | -0,0113756 | 0,0495677 | 1,15 |
| 1 | A | 0,0221 | -0,0100763 | -0,0081633 | 0,0120714 | -0,0081633 | 0,0145725 | 1,15 |
|   | B | 0,0221 | -0,0100763 | 0,0081633  | 0,0120714 | 0,0081633  | 0,0145725 | 1,15 |
|   | C | 0,0221 | 0,0032488  | 0,0124841  | 0,0253966 | 0,0124841  | 0,0282991 | 1,15 |
|   | D | 0,0221 | 0,0032488  | -0,0124841 | 0,0253966 | -0,0124841 | 0,0282991 | 1,15 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2.11.4-2. Calculo de derivas totales Y

| DERIVAS TOTALES ACTUANDO EL SISMO EN Y |      |                |                |                |                |                |              |            |
|----------------------------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------|
|                                        | 0    | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6            | 7          |
| PISO                                   | NUDO | $\Delta TRL y$ | $\Delta ROT x$ | $\Delta ROT y$ | $\Delta TOT x$ | $\Delta TOT y$ | $\Delta Max$ | 0.5%h piso |
| 5                                      | A    | 0,00446        | -0,0005953     | -0,0004823     | -0,0005953     | 0,0039805      | 0,0040247    | 1,15       |
|                                        | B    | 0,00446        | -0,0005953     | 0,0004823      | -0,0005953     | 0,0049450      | 0,0049807    | 1,15       |
|                                        | C    | 0,00446        | 0,0001919      | 0,0007375      | 0,0001919      | 0,0052003      | 0,0052038    | 1,15       |
|                                        | D    | 0,00446        | 0,0001919      | -0,0007375     | 0,0001919      | 0,0037252      | 0,0037302    | 1,15       |
| 4                                      | A    | 0,0114         | -0,0032784     | -0,0026560     | -0,0032784     | 0,0086987      | 0,0092960    | 1,15       |
|                                        | B    | 0,0114         | -0,0032784     | 0,0026560      | -0,0032784     | 0,0140108      | 0,0143892    | 1,15       |
|                                        | C    | 0,0114         | 0,0010570      | 0,0040618      | 0,0010570      | 0,0154166      | 0,0154528    | 1,15       |
|                                        | D    | 0,0114         | 0,0010570      | -0,0040618     | 0,0010570      | 0,0072929      | 0,0073691    | 1,15       |
| 3                                      | A    | 0,0087         | -0,0053154     | -0,0043063     | -0,0053154     | 0,0044261      | 0,0069169    | 1,15       |
|                                        | B    | 0,0087         | -0,0053154     | 0,0043063      | -0,0053154     | 0,0130386      | 0,0140805    | 1,15       |
|                                        | C    | 0,0087         | 0,0017138      | 0,0065855      | 0,0017138      | 0,0153179      | 0,0154135    | 1,15       |
|                                        | D    | 0,0087         | 0,0017138      | -0,0065855     | 0,0017138      | 0,0021468      | 0,0027470    | 1,15       |
| 2                                      | A    | 0,0058         | -0,0066603     | -0,0053958     | -0,0066603     | 0,0003815      | 0,0066712    | 1,15       |
|                                        | B    | 0,0058         | -0,0066603     | 0,0053958      | -0,0066603     | 0,0111731      | 0,0130076    | 1,15       |
|                                        | C    | 0,0058         | 0,0021474      | 0,0082518      | 0,0021474      | 0,0140290      | 0,0141924    | 1,15       |
|                                        | D    | 0,0058         | 0,0021474      | -0,0082518     | 0,0021474      | -0,0024745     | 0,0032764    | 1,15       |
| 1                                      | A    | 0,0028         | -0,0073146     | -0,0059259     | -0,0073146     | -0,0031003     | 0,0079445    | 1,15       |
|                                        | B    | 0,0028         | -0,0073146     | 0,0059259      | -0,0073146     | 0,0087514      | 0,0114057    | 1,15       |
|                                        | C    | 0,0028         | 0,0023584      | 0,0090624      | 0,0023584      | 0,0118879      | 0,0121196    | 1,15       |
|                                        | D    | 0,0028         | 0,0023584      | -0,0090624     | 0,0023584      | -0,0062368     | 0,0066679    | 1,15       |

Fuente: Elaboración propia



Además debe tenerse en cuenta el límite de la deriva máxima dado en A.6.4-1.

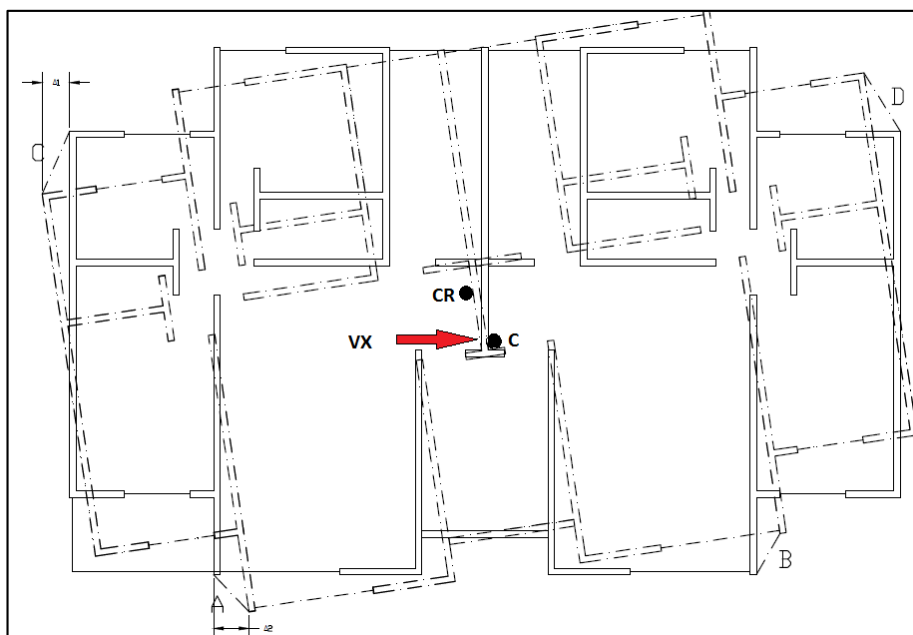
$$0.5\% \cdot h_{\text{piso}} = 0.005 \times 230 = 1.15 \text{ cm}; \text{ OK}$$

### 3.3. Diseño de los elementos estructurales

De acuerdo a los conceptos descritos en 2.8, procederemos a la etapa de diseño de los muros estructurales. Antes de empezar el diseño, necesitamos obtener las fuerzas de diseño (**E**) para lo cual es necesario evaluar finalmente la irregularidad torsional en planta, ya que solo hasta este momento se cuenta con las derivas de piso de la edificación.

Para proceder a la etapa de diseño de los muros estructurales es necesario entrar a reducir las solicitaciones debidas a las fuerzas sísmicas, mediante el coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía, el cual es afectado por dos coeficientes de irregularidad geométrica ( $\phi_P$  y  $\phi_A$ ).

Figura 3.3-1. Evaluación Irregularidad torsional en X



Fuente: Elaboración propia

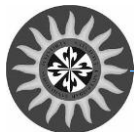
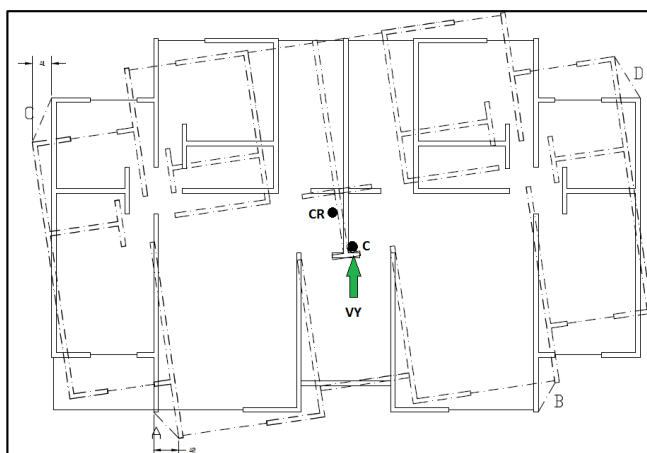


Tabla 3.3-1. Irregularidad torsional en X

| EVALUACION DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL (Sismo en x) |                       |            |                                         |                                         |           |          |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|----------|
| 0                                                     | 1                     | 2          | 3                                       | 4                                       | 5         | 6        |
| PISO                                                  | DESPLAZAMIENTO X (cm) | $\Delta 1$ | $1.2 \cdot ((\Delta 1 + \Delta 2) / 2)$ | $1.4 \cdot ((\Delta 1 + \Delta 2) / 2)$ | Irregular | $\Phi_p$ |
| 5                                                     | NUDO A 0,033890235    | 0,03533    | 0,042187654                             | 0,04921893                              | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B 0,033890235    |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C 0,035332157    |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D 0,035332157    |            |                                         |                                         |           |          |
| 4                                                     | NUDO A 0,084445557    | 0,09047    | 0,107684944                             | 0,125632434                             | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B 0,084445557    |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C 0,090472128    |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D 0,090472128    |            |                                         |                                         |           |          |
| 3                                                     | NUDO A 0,061105114    | 0,07082    | 0,083557643                             | 0,097483916                             | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B 0,061105114    |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C 0,07081507     |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D 0,07081507     |            |                                         |                                         |           |          |
| 2                                                     | NUDO A 0,036102783    | 0,04824    | 0,056117477                             | 0,06547039                              | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B 0,036102783    |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C 0,048244741    |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D 0,048244741    |            |                                         |                                         |           |          |
| 1                                                     | NUDO A -0,01207138    | 0,02540    | 0,02852657                              | 0,033280999                             | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B -0,01207138    |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C 0,025396561    |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D 0,025396561    |            |                                         |                                         |           |          |

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3-2. Evaluación Irregularidad torsional en Y



Fuente: Elaboración propia

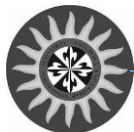


Tabla 3.3-2. Irregularidad torsional en Y

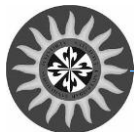
| EVALUACION DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL (Sismo en y) |                       |           |            |                                         |                                         |           |          |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|----------|
| 0                                                     | 1                     |           | 2          | 3                                       | 4                                       | 5         | 6        |
| PISO                                                  | DESPLAZAMIENTO X (cm) |           | $\Delta 1$ | $1.2 \cdot ((\Delta 1 + \Delta 2) / 2)$ | $1.4 \cdot ((\Delta 1 + \Delta 2) / 2)$ | Irregular | $\Phi_p$ |
| 5                                                     | NUDO A                | 0,0005953 | 0,00060    | 0,003034805                             | 0,003540605                             | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B                | 0,0005953 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C                | 0,0001919 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D                | 0,0001919 |            |                                         |                                         |           |          |
| 4                                                     | NUDO A                | 0,0032784 | 0,00328    | 0,008779906                             | 0,010243224                             | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B                | 0,0032784 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C                | 0,0010570 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D                | 0,0010570 |            |                                         |                                         |           |          |
| 3                                                     | NUDO A                | 0,0053154 | 0,00532    | 0,008428663                             | 0,00983344                              | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B                | 0,0053154 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C                | 0,0017138 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D                | 0,0017138 |            |                                         |                                         |           |          |
| 2                                                     | NUDO A                | 0,0066603 | 0,00666    | 0,007462519                             | 0,008706272                             | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B                | 0,0066603 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C                | 0,0021474 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D                | 0,0021474 |            |                                         |                                         |           |          |
| 1                                                     | NUDO A                | 0,0073146 | 0,00731    | 0,006084067                             | 0,007098078                             | NO        | 1        |
|                                                       | NUDO B                | 0,0073146 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO C                | 0,0023584 |            |                                         |                                         |           |          |
|                                                       | NUDO D                | 0,0023584 |            |                                         |                                         |           |          |

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1. Coeficiente de capacidad de disipación de energía (R)

Con los valores de  $\phi_p$  y  $\phi_A$  obtenidos, podemos proceder a calcular la capacidad de disipación de energía de la estructura utilizando la ecuación 2.7.3-1. Por lo tanto tenemos que:

$$R = \phi_A \cdot \phi_p \cdot R_o = 1.0 \times 1.0 \times 2.5 = 2.5$$



### 3.3.2. Fuerzas sísmicas reducidas de diseño

Con el coeficiente de disipación de energía calculado, se procede a calcular las fuerzas sísmicas reducidas para nuestro diseño.

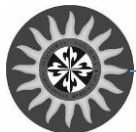
Tabla 3.3.2-1. Fuerzas sísmicas reducidas quinto piso

| REDUCCION DE LAS FUEZAS SISMICAS 5 PISO |                              |        |                            |       |
|-----------------------------------------|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| MURO                                    | Fuerzas sísmicas sin reducir |        | Fuerzas sísmicas reducidas |       |
|                                         | F                            | M      | F                          | M     |
| 5 (A-B)                                 | 43,36                        | 75,92  | 17,34                      | 30,37 |
| 5 (D-E)                                 | 82,19                        | 143,91 | 32,88                      | 57,57 |
| 6 (D-E)                                 | 54,10                        | 129,85 | 21,64                      | 51,94 |
| 5 (A'-B')                               | 43,36                        | 75,92  | 17,34                      | 30,37 |
| 5 (D'-E')                               | 82,19                        | 143,91 | 32,88                      | 57,57 |
| 6 (D'-E')                               | 54,10                        | 129,85 | 21,64                      | 51,94 |
| A (3-7)                                 | 51,99                        | 102,43 | 20,80                      | 40,97 |
| C (1-5)                                 | 33,88                        | 71,18  | 13,55                      | 28,47 |
| C (5-8)                                 | 17,14                        | 36,02  | 6,86                       | 14,41 |
| E (5-8)                                 | 21,49                        | 48,99  | 8,59                       | 19,60 |
| F (1-4)                                 | 22,08                        | 51,18  | 8,83                       | 20,47 |
| G (4-8)                                 | 33,23                        | 79,75  | 13,29                      | 31,90 |
| A' (3-7)                                | 42,68                        | 102,43 | 17,07                      | 40,97 |
| C' (1-5)                                | 29,66                        | 71,18  | 11,86                      | 28,47 |
| C' (5-8)                                | 15,01                        | 36,02  | 6,00                       | 14,41 |
| E' (5-8)                                | 20,41                        | 48,99  | 8,17                       | 19,60 |
| F' (1-4)                                | 21,33                        | 51,18  | 8,53                       | 20,47 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3.2-2. Fuerzas sísmicas reducidas cuarto piso

| REDUCCION DE LAS FUEZAS SISMICAS 4 PISO |                              |        |                            |       |
|-----------------------------------------|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| MURO                                    | Fuerzas sísmicas sin reducir |        | Fuerzas sísmicas reducidas |       |
|                                         | F                            | M      | F                          | M     |
| 5 (A-B)                                 | 43,36                        | 75,98  | 17,34                      | 30,39 |
| 5 (D-E)                                 | 82,19                        | 144,03 | 32,88                      | 57,61 |

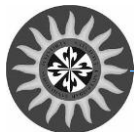


|           |       |        |       |       |
|-----------|-------|--------|-------|-------|
| 6 (D-E)   | 54,10 | 129,96 | 21,64 | 51,98 |
| 5 (A'-B') | 43,36 | 75,98  | 17,34 | 30,39 |
| 5 (D'-E') | 82,19 | 144,03 | 32,88 | 57,61 |
| 6 (D'-E') | 54,10 | 129,96 | 21,64 | 51,98 |
| A (3-7)   | 51,99 | 102,51 | 20,80 | 41,01 |
| C (1-5)   | 33,88 | 71,24  | 13,55 | 28,50 |
| C (5-8)   | 17,14 | 36,05  | 6,86  | 14,42 |
| E (5-8)   | 21,49 | 49,03  | 8,59  | 19,61 |
| F (1-4)   | 22,08 | 51,23  | 8,83  | 20,49 |
| G (4-8)   | 33,23 | 79,81  | 13,29 | 31,93 |
| A' (3-7)  | 42,68 | 102,51 | 17,07 | 41,01 |
| C' (1-5)  | 29,66 | 71,24  | 11,86 | 28,50 |
| C' (5-8)  | 15,01 | 36,05  | 6,00  | 14,42 |
| E' (5-8)  | 20,41 | 49,03  | 8,17  | 19,61 |
| F' (1-4)  | 21,33 | 51,23  | 8,53  | 20,49 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3.2-3. Fuerzas sísmicas reducidas tercer piso

| REDUCCION DE LAS FUEZAS SISMICAS 3 PISO |                              |        |                            |       |
|-----------------------------------------|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| MURO                                    | Fuerzas sísmicas sin reducir |        | Fuerzas sísmicas reducidas |       |
|                                         | F                            | M      | F                          | M     |
| 5 (A-B)                                 | 43,36                        | 75,92  | 17,34                      | 30,37 |
| 5 (D-E)                                 | 82,19                        | 143,91 | 32,88                      | 57,57 |
| 6 (D-E)                                 | 54,10                        | 129,85 | 21,64                      | 51,94 |
| 5 (A'-B')                               | 43,36                        | 75,92  | 17,34                      | 30,37 |
| 5 (D'-E')                               | 82,19                        | 143,91 | 32,88                      | 57,57 |
| 6 (D'-E')                               | 54,10                        | 129,85 | 21,64                      | 51,94 |
| A (3-7)                                 | 51,99                        | 102,43 | 20,80                      | 40,97 |
| C (1-5)                                 | 33,88                        | 71,18  | 13,55                      | 28,47 |
| C (5-8)                                 | 17,14                        | 36,02  | 6,86                       | 14,41 |
| E (5-8)                                 | 21,49                        | 48,99  | 8,59                       | 19,60 |
| F (1-4)                                 | 22,08                        | 51,18  | 8,83                       | 20,47 |
| G (4-8)                                 | 33,23                        | 79,75  | 13,29                      | 31,90 |
| A' (3-7)                                | 42,68                        | 102,43 | 17,07                      | 40,97 |
| C' (1-5)                                | 29,66                        | 71,18  | 11,86                      | 28,47 |
| C' (5-8)                                | 15,01                        | 36,02  | 6,00                       | 14,41 |



|          |       |       |      |       |
|----------|-------|-------|------|-------|
| E' (5-8) | 20,41 | 48,99 | 8,17 | 19,60 |
| F' (1-4) | 21,33 | 51,18 | 8,53 | 20,47 |

Fuente: Elaboración propia

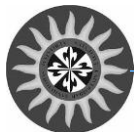
Tabla 3.3.2-4. Fuerzas sísmicas reducidas segundo piso

| REDUCCION DE LAS FUEZAS SISMICAS 2 PISO |                              |        |                            |       |
|-----------------------------------------|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| MURO                                    | Fuerzas sísmicas sin reducir |        | Fuerzas sísmicas reducidas |       |
|                                         | F                            | M      | F                          | M     |
| 5 (A-B)                                 | 43,36                        | 75,92  | 17,34                      | 30,37 |
| 5 (D-E)                                 | 82,19                        | 143,91 | 32,88                      | 57,57 |
| 6 (D-E)                                 | 54,10                        | 129,85 | 21,64                      | 51,94 |
| 5 (A'-B')                               | 43,36                        | 75,92  | 17,34                      | 30,37 |
| 5 (D'-E')                               | 82,19                        | 143,91 | 32,88                      | 57,57 |
| 6 (D'-E')                               | 54,10                        | 129,85 | 21,64                      | 51,94 |
| A (3-7)                                 | 51,99                        | 102,43 | 20,80                      | 40,97 |
| C (1-5)                                 | 33,88                        | 71,18  | 13,55                      | 28,47 |
| C (5-8)                                 | 17,14                        | 36,02  | 6,86                       | 14,41 |
| E (5-8)                                 | 21,49                        | 48,99  | 8,59                       | 19,60 |
| F (1-4)                                 | 22,08                        | 51,18  | 8,83                       | 20,47 |
| G (4-8)                                 | 33,23                        | 79,75  | 13,29                      | 31,90 |
| A' (3-7)                                | 42,68                        | 102,43 | 17,07                      | 40,97 |
| C' (1-5)                                | 29,66                        | 71,18  | 11,86                      | 28,47 |
| C' (5-8)                                | 15,01                        | 36,02  | 6,00                       | 14,41 |
| E' (5-8)                                | 20,41                        | 48,99  | 8,17                       | 19,60 |
| F' (1-4)                                | 21,33                        | 51,18  | 8,53                       | 20,47 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3.2-5. Fuerzas sísmicas reducidas primer piso

| REDUCCION DE LAS FUEZAS SISMICAS 1 PISO |                              |        |                            |       |
|-----------------------------------------|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| MURO                                    | Fuerzas sísmicas sin reducir |        | Fuerzas sísmicas reducidas |       |
|                                         | F                            | M      | F                          | M     |
| 5 (A-B)                                 | 43,36                        | 75,92  | 17,34                      | 30,37 |
| 5 (D-E)                                 | 82,19                        | 143,91 | 32,88                      | 57,57 |
| 6 (D-E)                                 | 54,10                        | 129,85 | 21,64                      | 51,94 |
| 5 (A'-B')                               | 43,36                        | 75,92  | 17,34                      | 30,37 |
| 5 (D'-E')                               | 82,19                        | 143,91 | 32,88                      | 57,57 |



|           |       |        |       |       |
|-----------|-------|--------|-------|-------|
| 6 (D'-E') | 54,10 | 129,85 | 21,64 | 51,94 |
| A (3-7)   | 51,99 | 102,43 | 20,80 | 40,97 |
| C (1-5)   | 33,88 | 71,18  | 13,55 | 28,47 |
| C (5-8)   | 17,14 | 36,02  | 6,86  | 14,41 |
| E (5-8)   | 21,49 | 48,99  | 8,59  | 19,60 |
| F (1-4)   | 22,08 | 51,18  | 8,83  | 20,47 |
| G (4-8)   | 33,23 | 79,75  | 13,29 | 31,90 |
| A' (3-7)  | 42,68 | 102,43 | 17,07 | 40,97 |
| C' (1-5)  | 29,66 | 71,18  | 11,86 | 28,47 |
| C' (5-8)  | 15,01 | 36,02  | 6,00  | 14,41 |
| E' (5-8)  | 20,41 | 48,99  | 8,17  | 19,60 |
| F' (1-4)  | 21,33 | 51,18  | 8,53  | 20,47 |

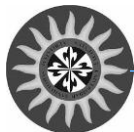
Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. Mayoración de las cargas verticales

Para la aplicación del diseño de los elementos por el método de la resistencia última, se deben mayorar las cargas con las combinaciones descritas en 3.2.10. De esas combinaciones sólo se evaluarán las N° 1, y 3, ya que son las combinaciones que acompañan los efectos sísmicos.

Tabla 3.3.3-1. Mayoración de cargas quinto piso

| CARGAS VERTICALES 5to PISO |                       |                |
|----------------------------|-----------------------|----------------|
| MURO                       | P para<br>(1.2D+1.6L) | P para<br>0.9D |
| 5 (A-B)                    | 12,41                 | 9,31           |
| 5 (D-E)                    | 31,16                 | 23,37          |
| 6 (D-E)                    | 16,99                 | 12,74          |
| 5 (A'-B')                  | 12,41                 | 9,31           |
| 5 (D'-E')                  | 31,16                 | 23,37          |
| 6 (D'-E')                  | 16,99                 | 12,74          |
| A (3-7)                    | 72,10                 | 49,07          |
| C (1-5)                    | 75,67                 | 47,12          |
| C (5-8)                    | 57,78                 | 37,81          |
| E (5-8)                    | 46,72                 | 29,37          |
| F (1-4)                    | 52,87                 | 33,45          |



|          |       |       |
|----------|-------|-------|
| G (4-8)  | 65,16 | 45,56 |
| A' (3-7) | 72,10 | 49,07 |
| C' (1-5) | 75,67 | 47,12 |
| C' (5-8) | 57,78 | 37,81 |
| E' (5-8) | 46,72 | 29,37 |
| F' (1-4) | 52,87 | 33,45 |

Fuente: Elaboración propia

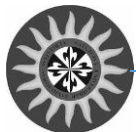
Tabla 3.3.3-2. Mayoración de cargas cuarto piso

| CARGAS VERTICALES 4to PISO |                       |             |
|----------------------------|-----------------------|-------------|
| MURO                       | P para<br>(1.2D+1.6L) | P para 0.9D |
| 5 (A-B)                    | 24,83                 | 18,62       |
| 5 (D-E)                    | 47,64                 | 35,73       |
| 6 (D-E)                    | 32,70                 | 24,53       |
| 5 (A'-B')                  | 24,83                 | 18,62       |
| 5 (D'-E')                  | 47,64                 | 35,73       |
| 6 (D'-E')                  | 32,70                 | 24,53       |
| A (3-7)                    | 142,94                | 84,17       |
| C (1-5)                    | 157,63                | 73,90       |
| C (5-8)                    | 107,57                | 55,28       |
| E (5-8)                    | 112,86                | 50,31       |
| F (1-4)                    | 137,44                | 81,11       |
| G (4-8)                    | 118,51                | 74,61       |
| A' (3-7)                   | 142,94                | 84,17       |
| C' (1-5)                   | 157,63                | 73,90       |
| C' (5-8)                   | 107,57                | 55,28       |
| E' (5-8)                   | 112,86                | 50,31       |
| F' (1-4)                   | 137,44                | 81,11       |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3.3-3. Mayoración de cargas tercer piso

| CARGAS VERTICALES 3er PISO |                       |             |
|----------------------------|-----------------------|-------------|
| MURO                       | P para<br>(1.2D+1.6L) | P para 0.9D |
| 5 (A-B)                    | 37,26                 | 27,94       |
| 5 (D-E)                    | 64,14                 | 48,11       |

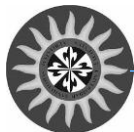


|           |        |        |
|-----------|--------|--------|
| 6 (D-E)   | 48,43  | 36,32  |
| 5 (A'-B') | 37,26  | 27,94  |
| 5 (D'-E') | 64,14  | 48,11  |
| 6 (D'-E') | 48,43  | 36,32  |
| A (3-7)   | 213,81 | 119,29 |
| C (1-5)   | 239,60 | 100,71 |
| C (5-8)   | 157,37 | 72,77  |
| E (5-8)   | 179,02 | 71,27  |
| F (1-4)   | 222,02 | 128,78 |
| G (4-8)   | 171,89 | 103,68 |
| A' (3-7)  | 213,81 | 119,29 |
| C' (1-5)  | 239,60 | 100,71 |
| C' (5-8)  | 157,37 | 72,77  |
| E' (5-8)  | 179,02 | 71,27  |
| F' (1-4)  | 222,02 | 128,78 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3.3-4. Mayoración de cargas segundo piso

| CARGAS VERTICALES 2do PISO |                       |             |
|----------------------------|-----------------------|-------------|
| MURO                       | P para<br>(1.2D+1.6L) | P para 0.9D |
| 5 (A-B)                    | 49,69                 | 37,27       |
| 5 (D-E)                    | 80,66                 | 60,49       |
| 6 (D-E)                    | 64,17                 | 48,13       |
| 5 (A'-B')                  | 49,69                 | 37,27       |
| 5 (D'-E')                  | 80,66                 | 60,49       |
| 6 (D'-E')                  | 64,17                 | 48,13       |
| A (3-7)                    | 284,71                | 154,44      |
| C (1-5)                    | 321,61                | 127,53      |
| C (5-8)                    | 207,20                | 90,26       |
| E (5-8)                    | 245,21                | 92,25       |
| F (1-4)                    | 306,62                | 176,47      |
| G (4-8)                    | 225,29                | 132,77      |
| A' (3-7)                   | 284,71                | 154,44      |
| C' (1-5)                   | 321,61                | 127,53      |
| C' (5-8)                   | 207,20                | 90,26       |
| E' (5-8)                   | 245,21                | 92,25       |



|          |        |        |
|----------|--------|--------|
| F' (1-4) | 306,62 | 176,47 |
|----------|--------|--------|

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3.3-5. Mayoración de cargas segundo piso

| CARGAS VERTICALES 1er PISO |                       |             |
|----------------------------|-----------------------|-------------|
| MURO                       | P para<br>(1.2D+1.6L) | P para 0.9D |
| 5 (A-B)                    | 62,14                 | 46,60       |
| 5 (D-E)                    | 97,18                 | 72,88       |
| 6 (D-E)                    | 79,92                 | 59,94       |
| 5 (A'-B')                  | 62,14                 | 46,60       |
| 5 (D'-E')                  | 97,18                 | 72,88       |
| 6 (D'-E')                  | 79,92                 | 59,94       |
| A (3-7)                    | 355,65                | 189,61      |
| C (1-5)                    | 403,64                | 154,37      |
| C (5-8)                    | 257,03                | 107,77      |
| E (5-8)                    | 311,41                | 113,23      |
| F (1-4)                    | 391,25                | 224,17      |
| G (4-8)                    | 278,72                | 161,87      |
| A' (3-7)                   | 355,65                | 189,61      |
| C' (1-5)                   | 403,64                | 154,37      |
| C' (5-8)                   | 257,03                | 107,77      |
| E' (5-8)                   | 311,41                | 113,23      |
| F' (1-4)                   | 391,25                | 224,17      |

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4. Diseño al flexo-compresión de los muros

Una vez calculadas las fuerzas sísmicas (mayoradas y reducidas), continuamos con el diseño de los muros estructurales por cada nivel para la combinación 1.2D + 1.6L.

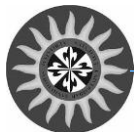


Tabla 3.3.4-1. Área del acero inicial piso 1

| <b>CALCULO DEL AREA DE ACERO INICIAL (REQUERIDA)</b><br><b>(PASO 1) 1er PISO</b> |                 |                |                |                  |              |                           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|--------------|---------------------------|
| <b>0</b>                                                                         | <b>1</b>        | <b>2</b>       | <b>3</b>       | <b>4</b>         | <b>5</b>     | <b>6</b>                  |
| <b>MURO</b>                                                                      | <b>LONG (m)</b> | <b>beq (m)</b> | <b>Pu (Kn)</b> | <b>Mu (Kn*m)</b> | <b>d (m)</b> | <b>As Requerida (cm2)</b> |
| 5 (A-B)                                                                          | 1,77            | 0,1150         | 62,14          | 30,367           | 1,66         | 8,74                      |
| 5 (D-E)                                                                          | 2,35            | 0,1150         | 97,18          | 57,565           | 2,24         | 12,26                     |
| 6 (D-E)                                                                          | 2,24            | 0,1150         | 79,92          | 51,940           | 2,13         | 11,64                     |
| 5 (A'-B')                                                                        | 1,77            | 0,1150         | 62,14          | 30,367           | 1,66         | 8,74                      |
| 5 (D'-E')                                                                        | 2,35            | 0,1150         | 97,18          | 57,565           | 2,24         | 12,26                     |
| 6 (D'-E')                                                                        | 2,24            | 0,1150         | 79,92          | 51,940           | 2,13         | 11,64                     |
| A (3-7)                                                                          | 6,67            | 0,1150         | 355,65         | 40,972           | 6,56         | 2,98                      |
| C (1-5)                                                                          | 5,09            | 0,1150         | 403,64         | 28,472           | 4,98         | 2,73                      |
| C (5-8)                                                                          | 3,32            | 0,1150         | 257,03         | 14,407           | 3,21         | 2,14                      |
| E (5-8)                                                                          | 3,98            | 0,1150         | 311,41         | 19,598           | 3,87         | 2,41                      |
| F (1-4)                                                                          | 4,09            | 0,1150         | 391,25         | 20,474           | 3,98         | 2,45                      |
| G (4-8)                                                                          | 5,52            | 0,1150         | 278,72         | 31,899           | 5,41         | 2,81                      |
| A' (3-7)                                                                         | 6,67            | 0,1150         | 355,65         | 40,972           | 6,56         | 2,98                      |
| C' (1-5)                                                                         | 5,09            | 0,1150         | 403,64         | 28,472           | 4,98         | 2,73                      |
| C' (5-8)                                                                         | 3,32            | 0,1150         | 257,03         | 14,407           | 3,21         | 2,14                      |
| E' (5-8)                                                                         | 3,98            | 0,1150         | 311,41         | 19,598           | 3,87         | 2,41                      |
| F' (1-4)                                                                         | 4,09            | 0,1150         | 391,25         | 20,474           | 3,98         | 2,45                      |

Fuente: elaboración propia

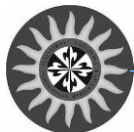


Tabla 3.3.4-2. Refuerzo tentativo piso 1

| REFUERZO TENTATIVO (PASO 1) 1er PISO |                     |                 |                  |                      |                           |                     |                       |                 |          |                    |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|----------|--------------------|
| 0                                    | 1                   | 2               | 3                | 4                    | 5                         | 6                   | 7                     | 8               | 9        | 10                 |
| MURO                                 | N° Mínimo de Barras | As (cm2) Mínima | Barra inicial N° | N° Barras Requeridas | N° de Barras Suministrada | Barra Definitiva N° | As (cm2) Suministrada | Ae (m2) Asumida | Ae1 (m2) | Ae (m2) Definitiva |
| 5 (A-B)                              | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,773                | 7                         | N°5                 | 14                    | 0,20            | 0,20     | 0,20               |
| 5 (D-E)                              | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,508                | 10                        | N°5                 | 20                    | 0,27            | 0,27     | 0,27               |
| 6 (D-E)                              | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,023                | 10                        | N°5                 | 20                    | 0,26            | 0,26     | 0,26               |
| 5 (A'-B')                            | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,773                | 7                         | N°5                 | 14                    | 0,20            | 0,20     | 0,20               |
| 5 (D'-E')                            | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,508                | 10                        | N°5                 | 20                    | 0,27            | 0,27     | 0,27               |
| 6 (D'-E')                            | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,023                | 10                        | N°5                 | 20                    | 0,26            | 0,26     | 0,26               |
| A (3-7)                              | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,307                | 7                         | N°4                 | 9                     | 0,77            | 0,77     | 0,77               |
| C (1-5)                              | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,113                | 6                         | N°4                 | 8                     | 0,59            | 0,59     | 0,59               |
| C (5-8)                              | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,659                | 4                         | N°4                 | 5                     | 0,38            | 0,38     | 0,38               |
| E (5-8)                              | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,872                | 5                         | N°4                 | 6                     | 0,46            | 0,46     | 0,46               |
| F (1-4)                              | 5                   | 3,29            | N°4              | 1,901                | 5                         | N°4                 | 6                     | 0,47            | 0,47     | 0,47               |
| G (4-8)                              | 6                   | 4,44            | N°4              | 2,179                | 6                         | N°4                 | 8                     | 0,63            | 0,63     | 0,63               |
| A' (3-7)                             | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,307                | 7                         | N°4                 | 9                     | 0,77            | 0,77     | 0,77               |
| C' (1-5)                             | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,113                | 6                         | N°4                 | 8                     | 0,59            | 0,59     | 0,59               |
| C' (5-8)                             | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,659                | 4                         | N°4                 | 5                     | 0,38            | 0,38     | 0,38               |
| E' (5-8)                             | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,872                | 5                         | N°4                 | 6                     | 0,46            | 0,46     | 0,46               |
| F' (1-4)                             | 5                   | 3,29            | N°4              | 1,901                | 5                         | N°4                 | 6                     | 0,47            | 0,47     | 0,47               |

Fuente: elaboración propia

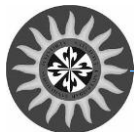


Tabla 3.3.4-3. Capacidad axial muros piso 1

| CAPACIDAD AXIAL MUROS (M = 0)<br>(PASOS 2 , 3 y 4 ) 1er PISO |          |          |                  |      |          |                       |          |                         |
|--------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|------|----------|-----------------------|----------|-------------------------|
| 0                                                            | 1        | 2        | 3                | 4    | 5        | 6                     | 7        | 8                       |
| MURO                                                         | Po(Kn )  | fm' · Ae | Po(Kn )<br>(DEF) | Re   | Pn (Kn ) | $\phi \cdot Pn$ (Kn ) | Pu (Kn ) | $Pu \leq \phi \cdot Pn$ |
| 5 (A-B)                                                      | 3431,84  | 3584,58  | 3431,84          | 1,00 | 2745,41  | 2745,41               | 62,14    | OK                      |
| 5 (D-E)                                                      | 4613,31  | 4759,18  | 4613,31          | 1,00 | 3690,56  | 3690,56               | 97,18    | OK                      |
| 6 (D-E)                                                      | 4435,09  | 4536,41  | 4435,09          | 1,00 | 3547,99  | 3547,99               | 79,92    | OK                      |
| 5 (A'-B')                                                    | 3431,84  | 3584,58  | 3431,84          | 1,00 | 2745,41  | 2745,41               | 62,14    | OK                      |
| 5 (D'-E')                                                    | 4613,31  | 4759,18  | 4613,31          | 1,00 | 3690,56  | 3690,56               | 97,18    | OK                      |
| 6 (D'-E')                                                    | 4435,09  | 4536,41  | 4435,09          | 1,00 | 3547,99  | 3547,99               | 79,92    | OK                      |
| A (3-7)                                                      | 11172,92 | 13507,98 | 11172,92         | 1,00 | 8938,13  | 8938,13               | 355,65   | OK                      |
| C (1-5)                                                      | 8560,72  | 10308,19 | 8560,72          | 1,00 | 6848,42  | 6848,42               | 403,64   | OK                      |
| C (5-8)                                                      | 5588,34  | 6723,61  | 5588,34          | 1,00 | 4470,57  | 4470,57               | 257,03   | OK                      |
| E (5-8)                                                      | 6710,00  | 8060,23  | 6710,00          | 1,00 | 5367,88  | 5367,88               | 311,41   | OK                      |
| F (1-4)                                                      | 6888,21  | 8283,00  | 6888,21          | 1,00 | 5510,45  | 5510,45               | 391,25   | OK                      |
| G (4-8)                                                      | 9257,39  | 11179,01 | 9257,39          | 1,00 | 7405,74  | 7405,74               | 278,72   | OK                      |
| A' (3-7)                                                     | 11172,92 | 13507,98 | 11172,92         | 1,00 | 8938,13  | 8938,13               | 355,65   | OK                      |
| C' (1-5)                                                     | 8560,72  | 10308,19 | 8560,72          | 1,00 | 6848,42  | 6848,42               | 403,64   | OK                      |
| C' (5-8)                                                     | 5588,34  | 6723,61  | 5588,34          | 1,00 | 4470,57  | 4470,57               | 257,03   | OK                      |
| E' (5-8)                                                     | 6710,00  | 8060,23  | 6710,00          | 1,00 | 5367,88  | 5367,88               | 311,41   | OK                      |
| F' (1-4)                                                     | 6888,21  | 8283,00  | 6888,21          | 1,00 | 5510,45  | 5510,45               | 391,25   | OK                      |

Fuente: elaboración propia

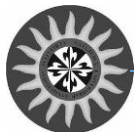
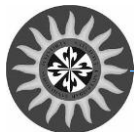


Tabla 3.3.4-4. Localización barras muros piso 1

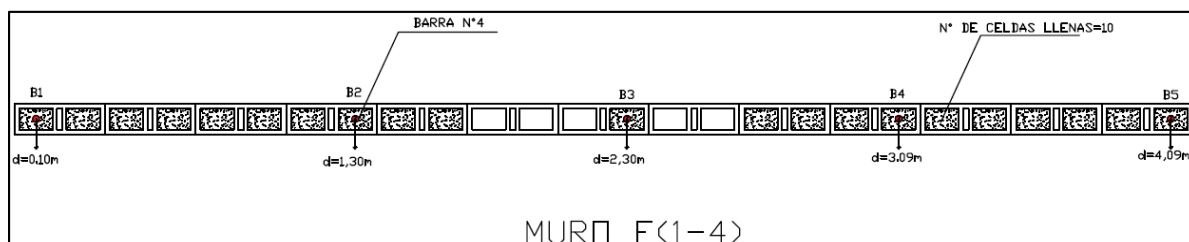
| LOCALIZACION DE LAS BARRAS DE REFUERZO<br>(PERALTES di ) 1er PISO |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0                                                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| MURO                                                              | B10   | B9    | B8    | B7    | B6    | B5    | B4    | B3    | B2    | B1    |
| 5 (A-B)                                                           |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D-E)                                                           | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D-E)                                                           | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (A'-B')                                                         |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D'-E')                                                         | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D'-E')                                                         | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| A (3-7)                                                           |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C (1-5)                                                           |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C (5-8)                                                           |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E (5-8)                                                           |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F (1-4)                                                           |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |
| G (4-8)                                                           |       |       |       |       | 5,520 | 4,400 | 3,400 | 2,300 | 1,200 | 0,100 |
| A' (3-7)                                                          |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C' (1-5)                                                          |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F' (1-4)                                                          |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |

Fuente: elaboración propia



Como ejemplo en la siguiente figura se ilustra la localización de las barras del muro F (1-4), así como las celdas llenas correspondientes:

Figura 3.3.4-1. Localización de las barras de refuerzo di



Fuente: elaboración propia

Para calcular la profundidad del bloque a compresión en la mampostería (C) del muro, inicialmente partiremos de un  $C = 0.4$  m con el cual calcularemos las fuerzas en cada barra con la siguiente ecuación:

$$f_{si} = E_s * \epsilon_{mu} * \frac{c-d_i}{c} \leq 420000 \text{ Kn/m}^2 \quad 3.3.4-1$$

Luego:

$$F_{si} = A_s * f_{si} \quad 3.3.4-2$$

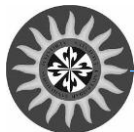
Fuerza de compresión en la mampostería:

$$c_m = 0.7225 * f'_m * C * b_{eq} \quad 3.3.4-3$$

Remplazando estos valores de cada fuerza en la ecuación de equilibrio del muro sería:

$$c_m + \sum F_{si} = P_n = 0 \quad 3.3.4-4$$

Si la ecuación de equilibrio 3.3.4-4 es diferente de cero, es necesario iterar el valor de C hasta que la condición de equilibrio se cumpla. Luego con el nuevo valor de



C se recalcula el valor del esfuerzo para cada barra  $F_{si}$  y  $f_{si}$ , con el cual se calculará nuevamente el valor de fuerza de compresión en la mampostería.

Tabla 3.3.4-5. Iteración valores de C piso 1

| <i>Cm</i> | <i>Cm + <math>\Sigma F_{Si} = P_n = 0</math></i> | <i>ITERACION<br/>©</i> | <i>CUMPLE?</i> |
|-----------|--------------------------------------------------|------------------------|----------------|
| 626,50    | 0,00                                             | 0,43                   | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                             | 1,47                   | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                             | 1,47                   | OK             |
| 626,50    | 0,00                                             | 0,43                   | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                             | 1,47                   | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                             | 1,47                   | OK             |
| 948,15    | 0,00                                             | 0,65                   | OK             |
| 650,16    | 0,00                                             | 0,44                   | OK             |
| 216,72    | 0,00                                             | 0,15                   | OK             |
| 406,35    | 0,00                                             | 0,28                   | OK             |
| 406,35    | 0,00                                             | 0,28                   | OK             |
| 650,16    | 0,00                                             | 0,44                   | OK             |
| 948,15    | 0,00                                             | 0,65                   | OK             |
| 650,16    | 0,00                                             | 0,44                   | OK             |
| 216,72    | 0,00                                             | 0,15                   | OK             |
| 406,35    | 0,00                                             | 0,28                   | OK             |
| 406,35    | 0,00                                             | 0,28                   | OK             |

Fuente: Elaboración propia

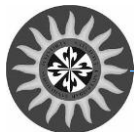
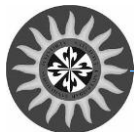


Tabla 3.3.4-6. Esfuerzos en las barras piso 1

| VALOR DE C Y ESFUERZOS EN CADA BARRA<br>(PASO 5) 1er PISO |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |     |
|-----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-----|
| 0                                                         | 1    | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18    | 19   | 20  |
| MURO                                                      | C    | B10  | B9   | B8   | B7   | B6   | B5   | B4   | B3    | B2   | B1  |
| 5 (A-B)                                                   | 0,43 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -272 | -13,5 | 224  | 420 |
| 5 (D-E)                                                   | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13,5 | 224  | 420 |
| 6 (D-E)                                                   | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13,5 | 224  | 420 |
| 5 (A'-B')                                                 | 0,43 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -272 | -13,5 | 224  | 420 |
| 5 (D'-E')                                                 | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13,5 | 224  | 420 |
| 6 (D'-E')                                                 | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13,5 | 224  | 420 |
| A (3-7)                                                   | 0,65 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420  | -420 | 420 |
| C (1-5)                                                   | 0,44 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420  | -420 | 420 |
| C (5-8)                                                   | 0,15 |      |      |      |      |      |      | -420 | -420  | -420 | 420 |
| E (5-8)                                                   | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420  | -420 | 420 |
| F (1-4)                                                   | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420  | -420 | 420 |
| G (4-8)                                                   | 0,44 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420  | -420 | 420 |
| A' (3-7)                                                  | 0,65 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420  | -420 | 420 |
| C' (1-5)                                                  | 0,44 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420  | -420 | 420 |
| C' (5-8)                                                  | 0,15 |      |      |      |      |      |      | -420 | -420  | -420 | 420 |
| E' (5-8)                                                  | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420  | -420 | 420 |
| F' (1-4)                                                  | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420  | -420 | 420 |

Fuente: Elaboración propia



Una vez calculada la aproximación del cierre podemos decir que el valor  $C$  es aceptable y termina la iteración. Por otra parte el valor de  $(a)$  es:

$$a = 0.85 \cdot C$$

Luego se realiza el cálculo del momento nominal a solo flexión ( $P = 0$ ) y además la verificación para momentos de agrietamiento, pasos 5 y 6

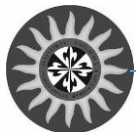
El momento nominal a flexión del muro, tal como se describe en el paso 6 con los valores de las fuerzas obtenidas con el valor final de  $C$  se reemplaza en la ecuación de equilibrio de momentos.

$$C_m * \left(\frac{a}{2}\right) + \sum F_{si} * d_i = M_n \quad 3.3.4-5$$

El signo negativo indica que gira en contra de las manecillas de reloj, es decir que contrarresta a  $M_u$  (que se considera positivo).

Tabla 3.3.4-7. Capacidad a flexión muros piso 1

| CAPACIDAD A FLEXION MUROS (P = 0)<br>(PASOS 5 y 6) 1er PISO |                |                             |              |               |                                |
|-------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------|--------------|---------------|--------------------------------|
| 0                                                           | 1              | 2                           | 3            | 4             | 5                              |
| MURO                                                        | Mn<br>(Kn · m) | $\phi \cdot Mn$<br>(Kn · m) | fr<br>(Mpa ) | Mcr<br>(Kn*m) | $\alpha \cdot Mcr$<br>(Kn · m) |
| 5 (A-B)                                                     | 1973,01        | 1578,41                     | 0,88         | 52,92         | 158,75                         |
| 5 (D-E)                                                     | 6343,99        | 5075,19                     | 0,88         | 93,28         | 279,84                         |
| 6 (D-E)                                                     | 7647,43        | 6117,95                     | 0,88         | 84,75         | 254,25                         |
| 5 (A'-B')                                                   | 1973,01        | 1578,41                     | 0,88         | 52,92         | 158,75                         |
| 5 (D'-E')                                                   | 6343,99        | 5075,19                     | 0,88         | 93,28         | 279,84                         |
| 6 (D'-E')                                                   | 7647,43        | 6117,95                     | 0,88         | 84,75         | 254,25                         |
| A (3-7)                                                     | 8727,34        | 6981,87                     | 0,88         | 751,45        | 2254,35                        |
| C (1-5)                                                     | 4873,70        | 3898,96                     | 0,88         | 437,61        | 1312,82                        |
| C (5-8)                                                     | 1425,38        | 1140,30                     | 0,88         | 186,18        | 558,53                         |
| E (5-8)                                                     | 2709,80        | 2167,84                     | 0,88         | 267,56        | 802,67                         |
| F (1-4)                                                     | 2845,25        | 2276,20                     | 0,88         | 282,55        | 847,65                         |



|          |         |         |      |        |         |
|----------|---------|---------|------|--------|---------|
| G (4-8)  | 5312,56 | 4250,05 | 0,88 | 514,67 | 1544,00 |
| A' (3-7) | 8727,34 | 6981,87 | 0,88 | 751,45 | 2254,35 |
| C' (1-5) | 4873,70 | 3898,96 | 0,88 | 437,61 | 1312,82 |
| C' (5-8) | 1425,38 | 1140,30 | 0,88 | 186,18 | 558,53  |
| E' (5-8) | 2709,80 | 2167,84 | 0,88 | 267,56 | 802,67  |
| F' (1-4) | 2845,25 | 2276,20 | 0,88 | 282,55 | 847,65  |

Fuente: Elaboración propia

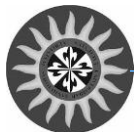
Luego es necesario hacer el cálculo del C balanceado y los consecuentes esfuerzos en cada barra para poder hallar así el momento y la carga axial balanceados.

$$C_b = \left( \frac{\varepsilon_{mu}}{\varepsilon_{mu} + \frac{f_y}{E_s}} \right) * d \quad 3.3.4-6$$

$$C_m + \sum F_{si} = P_b \quad 3.3.4-7$$

Tabla 3.3.4-8. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas piso 1

| VALOR DE C BALANCEADO Y ESFUERZOS EN LAS BARRAS<br>(PASO 7) 1er PISO |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |
|----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0                                                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
| MURO                                                                 | Cb   | B10  | B9   | B8   | B7   | B6   | B5  | B4  | B3  | B2  | B1  |
| 5 (A-B)                                                              | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174 | 265 | 364 | 420 | 420 |
| 5 (D-E)                                                              | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279 | 348 | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D-E)                                                              | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263 | 335 | 414 | 420 | 420 |
| 5 (A'-B')                                                            | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174 | 265 | 364 | 420 | 420 |

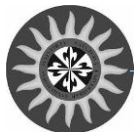


|           |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 5 (D'-E') | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279  | 348  | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D'-E') | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263  | 335  | 414 | 420 | 420 |
| A (3-7)   | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C (1-5)   | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C (5-8)   | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E (5-8)   | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F (1-4)   | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |
| G (4-8)   | 3,25 |      |      |      |      | -420 | -213 | -28  | 175 | 378 | 420 |
| A' (3-7)  | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C' (1-5)  | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C' (5-8)  | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E' (5-8)  | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F' (1-4)  | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3.4-9. Condiciones balanceadas muros piso 1

| CARGA AXIAL Y MOMENTO BALANCEADO<br>(PASOS 7, 8, 9 y 10) 1er PISO |         |              |               |                |
|-------------------------------------------------------------------|---------|--------------|---------------|----------------|
| 0                                                                 | 1       | 2            | 3             | 4              |
| MURO                                                              | Pb      | Pbu<br>(Kn ) | Mb<br>(Kn ·m) | Mbu<br>(Kn ·m) |
| 5 (A-B)                                                           | 1524,08 | 1219,27      | 578,24        | 462,6          |
| 5 (D-E)                                                           | 2023,53 | 1618,82      | 497,25        | 397,8          |
| 6 (D-E)                                                           | 1927,01 | 1541,61      | 1278,69       | 1023,0         |
| 5 (A'-B')                                                         | 1524,08 | 1219,27      | 578,24        | 462,6          |
| 5 (D'-E')                                                         | 2023,53 | 1618,82      | 497,25        | 397,8          |



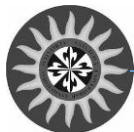
|           |         |         |         |        |
|-----------|---------|---------|---------|--------|
| 6 (D'-E') | 1927,01 | 1541,61 | 1278,69 | 1023,0 |
| A (3-7)   | 5594,45 | 4475,56 | 5690,28 | 4552,2 |
| C (1-5)   | 4380,90 | 3504,72 | 3315,22 | 2652,2 |
| C (5-8)   | 2857,39 | 2285,92 | 1171,33 | 937,1  |
| E (5-8)   | 3425,45 | 2740,36 | 1655,70 | 1324,6 |
| F (1-4)   | 3520,09 | 2816,07 | 1815,76 | 1452,6 |
| G (4-8)   | 4751,00 | 3800,80 | 4103,03 | 3282,4 |
| A' (3-7)  | 5594,45 | 4475,56 | 5690,28 | 4552,2 |
| C' (1-5)  | 4380,90 | 3504,72 | 3315,22 | 2652,2 |
| C' (5-8)  | 2857,39 | 2285,92 | 1171,33 | 937,1  |
| E' (5-8)  | 3425,45 | 2740,36 | 1655,70 | 1324,6 |
| F' (1-4)  | 3520,09 | 2816,07 | 1815,76 | 1452,6 |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se compilan los parámetros anteriormente calculados (**P0**, **Pn**,  $\phi \cdot \mathbf{Pn}$ , **Pb**, **Pbu**, **Mn**,  $\phi \cdot \mathbf{Mn}$  y **Mbu**) para definir el diagrama de interacción simplificado del muro y se realiza el diseño verificando si el refuerzo hallado en el paso 1 es adecuado para la condición de carga del muro (paso 11).

Tabla 3.3.4-10. Compilación de parámetros de diseño muros piso 1

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>(PASO 11) 1er PISO |                          |              |                             |                 |                      |                    |                 |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------------|
| 0                                                                     | 1                        | 2            | 3                           | 4               | 5                    | 6                  | 7               | 8                                       |
| MURO                                                                  | $\phi \cdot Pn$<br>(Kn ) | Pbu<br>(Kn ) | $\phi \cdot Mn$<br>(Kn · m) | Mbu<br>(Kn · m) | $Pu > \phi \cdot Pb$ | Mu<br>Suministrado | Mu<br>Requerido | Mu<br>Suministrado<br>> Mu<br>Requerido |
| 5 (A-B)                                                               | 2745,41                  | 1219,27      | 1578,41                     | 462,6           | NO                   | 1521,54            | 30,367          | OK                                      |



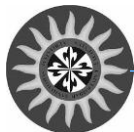
|           |         |         |         |        |    |         |        |    |
|-----------|---------|---------|---------|--------|----|---------|--------|----|
| 5 (D-E)   | 3690,56 | 1618,82 | 5075,19 | 397,8  | NO | 4794,41 | 57,565 | OK |
| 6 (D-E)   | 3547,99 | 1541,61 | 6117,95 | 1023,0 | NO | 5853,81 | 51,940 | OK |
| 5 (A'-B') | 2745,41 | 1219,27 | 1578,41 | 462,6  | NO | 1521,54 | 30,367 | OK |
| 5 (D'-E') | 3690,56 | 1618,82 | 5075,19 | 397,8  | NO | 4794,41 | 57,565 | OK |
| 6 (D'-E') | 3547,99 | 1541,61 | 6117,95 | 1023,0 | NO | 5853,81 | 51,940 | OK |
| A (3-7)   | 8938,13 | 4475,56 | 6981,87 | 4552,2 | NO | 6788,80 | 40,972 | OK |
| C (1-5)   | 6848,42 | 3504,72 | 3898,96 | 2652,2 | NO | 3755,37 | 28,472 | OK |
| C (5-8)   | 4470,57 | 2285,92 | 1140,30 | 937,1  | NO | 1117,45 | 14,407 | OK |
| E (5-8)   | 5367,88 | 2740,36 | 2167,84 | 1324,6 | NO | 2072,01 | 19,598 | OK |
| F (1-4)   | 5510,45 | 2816,07 | 2276,20 | 1452,6 | NO | 2161,78 | 20,474 | OK |
| G (4-8)   | 7405,74 | 3800,80 | 4250,05 | 3282,4 | NO | 4179,09 | 31,899 | OK |
| A' (3-7)  | 8938,13 | 4475,56 | 6981,87 | 4552,2 | NO | 6788,80 | 40,972 | OK |
| C' (1-5)  | 6848,42 | 3504,72 | 3898,96 | 2652,2 | NO | 3755,37 | 28,472 | OK |
| C' (5-8)  | 4470,57 | 2285,92 | 1140,30 | 937,1  | NO | 1117,45 | 14,407 | OK |
| E' (5-8)  | 5367,88 | 2740,36 | 2167,84 | 1324,6 | NO | 2072,01 | 19,598 | OK |
| F' (1-4)  | 5510,45 | 2816,07 | 2276,20 | 1452,6 | NO | 2161,78 | 20,474 | OK |

Fuente: Elaboración propia

Por último, se hace la verificación para elementos de borde, parte final del diseño a flexocompresión.

Tabla 3.3.4-11. Verificación de los elementos de borde piso 1

| ELEMENTOS DE BORDE<br>(PASO 11) 1er PISO |          |        |            |                    |                                    |                                             |                           |
|------------------------------------------|----------|--------|------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| 0                                        | 1        | 2      | 3          | 4                  | 5                                  | 6                                           | 7                         |
| MURO                                     | A<br>(m) | S (m3) | fm (Kn/m2) | 0,3*f'm<br>(Kn/m2) | REQUIERE<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE? | LONGITUD<br>DE LOS<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE | ESPACIAMIENTO<br>ESTRIBOS |
| 5 (A-B)                                  | 0,20     | 0,06   | 810,99     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (D-E)                                  | 0,27     | 0,11   | 903,44     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 6 (D-E)                                  | 0,26     | 0,10   | 850,32     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |



|           |      |      |        |         |    |     |   |
|-----------|------|------|--------|---------|----|-----|---|
| 5 (A'-B') | 0,20 | 0,06 | 810,99 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| 5 (D'-E') | 0,27 | 0,11 | 903,44 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| 6 (D'-E') | 0,26 | 0,10 | 850,32 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| A (3-7)   | 0,77 | 0,85 | 511,71 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| C (1-5)   | 0,59 | 0,50 | 746,91 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| C (5-8)   | 0,38 | 0,21 | 741,42 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| E (5-8)   | 0,46 | 0,30 | 744,92 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| F (1-4)   | 0,47 | 0,32 | 895,68 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| G (4-8)   | 0,63 | 0,58 | 493,69 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| A' (3-7)  | 0,77 | 0,85 | 511,71 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| C' (1-5)  | 0,59 | 0,50 | 746,91 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| C' (5-8)  | 0,38 | 0,21 | 741,42 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| E' (5-8)  | 0,46 | 0,30 | 744,92 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |
| F' (1-4)  | 0,47 | 0,32 | 895,68 | 5283,09 | NO | N/A | 0 |

Fuente: Elaboración propia

El diseño de los muros de los pisos siguientes, se hace de la misma manera siguiendo los lineamientos descritos para cada condición de carga y momento.

Los cálculos se consignan en las siguientes tablas

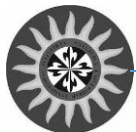


Tabla 3.3.4-12. Área del acero inicial piso 2

| <b>CALCULO DEL AREA DE ACERO INICIAL (REQUERIDA)</b><br><b>(PASO 1) 2DO PISO</b> |          |         |         |           |       |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|-----------|-------|--------------------|
| 0                                                                                | 1        | 2       | 3       | 4         | 5     | 6                  |
| MURO                                                                             | LONG (m) | beq (m) | Pu (Kn) | Mu (Kn*m) | d (m) | As Requerida (cm2) |
| 5 (A-B)                                                                          | 1,77     | 0,1149  | 49,69   | 30,367    | 1,66  | 8,74               |
| 5 (D-E)                                                                          | 2,35     | 0,1149  | 80,66   | 57,565    | 2,24  | 12,26              |
| 6 (D-E)                                                                          | 2,24     | 0,1149  | 64,17   | 51,940    | 2,13  | 11,64              |
| 5 (A'-B')                                                                        | 1,77     | 0,1149  | 49,69   | 30,367    | 1,66  | 8,74               |
| 5 (D'-E')                                                                        | 2,35     | 0,1149  | 80,66   | 57,565    | 2,24  | 12,26              |
| 6 (D'-E')                                                                        | 2,24     | 0,1149  | 64,17   | 51,940    | 2,13  | 11,64              |
| A (3-7)                                                                          | 6,67     | 0,1149  | 284,71  | 40,972    | 6,56  | 2,98               |
| C (1-5)                                                                          | 5,09     | 0,1149  | 321,61  | 28,472    | 4,98  | 2,73               |
| C (5-8)                                                                          | 3,32     | 0,1149  | 207,20  | 14,407    | 3,21  | 2,14               |
| E (5-8)                                                                          | 3,98     | 0,1149  | 245,21  | 19,598    | 3,87  | 2,41               |
| F (1-4)                                                                          | 4,09     | 0,1149  | 306,62  | 20,474    | 3,98  | 2,45               |
| G (4-8)                                                                          | 5,52     | 0,1149  | 225,29  | 31,899    | 5,41  | 2,81               |
| A' (3-7)                                                                         | 6,67     | 0,1149  | 284,71  | 40,972    | 6,56  | 2,98               |
| C' (1-5)                                                                         | 5,09     | 0,1149  | 321,61  | 28,472    | 4,98  | 2,73               |
| C' (5-8)                                                                         | 3,32     | 0,1149  | 207,20  | 14,407    | 3,21  | 2,14               |
| E' (5-8)                                                                         | 3,98     | 0,1149  | 245,21  | 19,598    | 3,87  | 2,41               |
| F' (1-4)                                                                         | 4,09     | 0,1149  | 306,62  | 20,474    | 3,98  | 2,45               |

Fuente: Elaboración propia

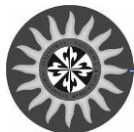


Tabla 3.3.4-13. Refuerzo tentativo piso 2

| REFUERZO TENTATIVO (PASO 1) 2DO PISO |                     |                 |                  |                      |                           |                     |                       |                 |          |                    |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|----------|--------------------|
| 0                                    | 1                   | 2               | 3                | 4                    | 5                         | 6                   | 7                     | 8               | 9        | 10                 |
| MURO                                 | N° Mínimo de Barras | As (cm2) Mínima | Barra inicial N° | N° Barras Requeridas | N° de Barras Suministrada | Barra Definitiva N° | As (cm2) Suministrada | Ae (m2) Asumida | Ae1 (m2) | Ae (m2) Definitiva |
| 5 (A-B)                              | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,773                | 7                         | N°5                 | 13,9                  | 0,20            | 0,19     | 0,20               |
| 5 (D-E)                              | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,507                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,27            | 0,25     | 0,27               |
| 6 (D-E)                              | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,022                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,26            | 0,24     | 0,26               |
| 5 (A'-B')                            | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,773                | 7                         | N°5                 | 13,9                  | 0,20            | 0,19     | 0,20               |
| 5 (D'-E')                            | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,507                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,27            | 0,25     | 0,27               |
| 6 (D'-E')                            | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,022                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,26            | 0,24     | 0,26               |
| A (3-7)                              | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,307                | 7                         | N°4                 | 9,0                   | 0,77            | 0,70     | 0,77               |
| C (1-5)                              | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,113                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,58            | 0,54     | 0,58               |
| C (5-8)                              | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,659                | 4                         | N°4                 | 5,2                   | 0,38            | 0,35     | 0,38               |
| E (5-8)                              | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,872                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,46            | 0,42     | 0,46               |
| F (1-4)                              | 5                   | 3,29            | N°4              | 1,901                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,47            | 0,43     | 0,47               |
| G (4-8)                              | 6                   | 4,44            | N°4              | 2,179                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,63            | 0,58     | 0,63               |
| A' (3-7)                             | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,307                | 7                         | N°4                 | 9,0                   | 0,77            | 0,70     | 0,77               |
| C' (1-5)                             | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,113                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,58            | 0,54     | 0,58               |
| C' (5-8)                             | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,659                | 4                         | N°4                 | 5,2                   | 0,38            | 0,35     | 0,38               |
| E' (5-8)                             | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,872                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,46            | 0,42     | 0,46               |
| F' (1-4)                             | 5                   | 3,29            | N°4              | 1,901                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,47            | 0,43     | 0,47               |

Fuente: Elaboración propia

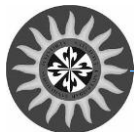


Tabla 3.3.4-14. Capacidad axial muros piso 2

| CAPACIDAD AXIAL MUROS (M = 0)<br>(PASOS 2 , 3 y 4 ) 2DO PISO |          |          |                  |      |          |                       |          |                         |
|--------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|------|----------|-----------------------|----------|-------------------------|
| 0                                                            | 1        | 2        | 3                | 4    | 5        | 6                     | 7        | 8                       |
| MURO                                                         | Po(Kn )  | fm' · Ae | Po(Kn )<br>(DEF) | Re   | Pn (Kn ) | $\phi \cdot Pn$ (Kn ) | Pu (Kn ) | $Pu \leq \phi \cdot Pn$ |
| 5 (A-B)                                                      | 3429,44  | 3581,58  | 3429,44          | 1,00 | 2743,49  | 2743,49               | 49,69    | OK                      |
| 5 (D-E)                                                      | 4610,13  | 4755,21  | 4610,13          | 1,00 | 3688,02  | 3688,02               | 80,66    | OK                      |
| 6 (D-E)                                                      | 4432,06  | 4532,62  | 4432,06          | 1,00 | 3545,57  | 3545,57               | 64,17    | OK                      |
| 5 (A'-B')                                                    | 3429,44  | 3581,58  | 3429,44          | 1,00 | 2743,49  | 2743,49               | 49,69    | OK                      |
| 5 (D'-E')                                                    | 4610,13  | 4755,21  | 4610,13          | 1,00 | 3688,02  | 3688,02               | 80,66    | OK                      |
| 6 (D'-E')                                                    | 4432,06  | 4532,62  | 4432,06          | 1,00 | 3545,57  | 3545,57               | 64,17    | OK                      |
| A (3-7)                                                      | 11163,90 | 13496,70 | 11163,90         | 1,00 | 8930,92  | 8930,92               | 284,71   | OK                      |
| C (1-5)                                                      | 8553,84  | 10299,58 | 8553,84          | 1,00 | 6842,92  | 6842,92               | 321,61   | OK                      |
| C (5-8)                                                      | 5583,85  | 6718,00  | 5583,85          | 1,00 | 4466,98  | 4466,98               | 207,20   | OK                      |
| E (5-8)                                                      | 6704,62  | 8053,50  | 6704,62          | 1,00 | 5363,57  | 5363,57               | 245,21   | OK                      |
| F (1-4)                                                      | 6882,68  | 8276,09  | 6882,68          | 1,00 | 5506,02  | 5506,02               | 306,62   | OK                      |
| G (4-8)                                                      | 9249,92  | 11169,68 | 9249,92          | 1,00 | 7399,77  | 7399,77               | 225,29   | OK                      |
| A' (3-7)                                                     | 11163,90 | 13496,70 | 11163,90         | 1,00 | 8930,92  | 8930,92               | 284,71   | OK                      |
| C' (1-5)                                                     | 8553,84  | 10299,58 | 8553,84          | 1,00 | 6842,92  | 6842,92               | 321,61   | OK                      |
| C' (5-8)                                                     | 5583,85  | 6718,00  | 5583,85          | 1,00 | 4466,98  | 4466,98               | 207,20   | OK                      |
| E' (5-8)                                                     | 6704,62  | 8053,50  | 6704,62          | 1,00 | 5363,57  | 5363,57               | 245,21   | OK                      |
| F' (1-4)                                                     | 6882,68  | 8276,09  | 6882,68          | 1,00 | 5506,02  | 5506,02               | 306,62   | OK                      |

Fuente: Elaboración propia

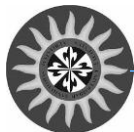


Tabla 3.3.4-15. Localización barras muros piso 2

| LOCALIZACION DE LAS BARRAS DE REFUERZO<br>(PERALTES di ) 2DO PISO |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0                                                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| MURO                                                              | B10   | B9    | B8    | B7    | B6    | B5    | B4    | B3    | B2    | B1    |
| 5 (A-B)                                                           |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D-E)                                                           | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D-E)                                                           | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (A'-B')                                                         |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D'-E')                                                         | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D'-E')                                                         | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| A (3-7)                                                           |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C (1-5)                                                           |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C (5-8)                                                           |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E (5-8)                                                           |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F (1-4)                                                           |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |
| G (4-8)                                                           |       |       |       |       | 5,520 | 4,400 | 3,400 | 2,300 | 1,200 | 0,100 |
| A' (3-7)                                                          |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C' (1-5)                                                          |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F' (1-4)                                                          |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |

Fuente: Elaboración propia

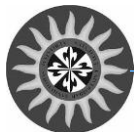


Tabla 3.3.4-16. Iteración valor de C muros piso 2

| <i>Cm</i> | <i>Cm + <math>\Sigma FSi = Pn = 0</math></i> | <i>ITERACION</i><br>© | <i>CUMPLE?</i> |
|-----------|----------------------------------------------|-----------------------|----------------|
| 626,50    | 0,00                                         | 0,43                  | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47                  | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47                  | OK             |
| 626,50    | 0,00                                         | 0,43                  | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47                  | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47                  | OK             |
| 948,15    | 0,00                                         | 0,65                  | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,44                  | OK             |
| 216,72    | 0,00                                         | 0,15                  | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28                  | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28                  | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,44                  | OK             |
| 948,15    | 0,00                                         | 0,65                  | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,44                  | OK             |
| 216,72    | 0,00                                         | 0,15                  | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28                  | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28                  | OK             |

Fuente: Elaboración propia

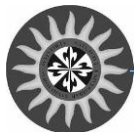


Tabla 3.3.4-17. Esfuerzos en las barras piso 2

| VALOR DE C Y ESFUERZOS EN CADA BARRA<br>(PASO 5) 2DO PISO |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 0                                                         | 1    | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20  |
| MURO                                                      | C    | B10  | B9   | B8   | B7   | B6   | B5   | B4   | B3   | B2   | B1  |
| 5 (A-B)                                                   | 0,43 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 5 (D-E)                                                   | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 6 (D-E)                                                   | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 5 (A'-B')                                                 | 0,43 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 5 (D'-E')                                                 | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 6 (D'-E')                                                 | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| A (3-7)                                                   | 0,65 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C (1-5)                                                   | 0,44 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C (5-8)                                                   | 0,15 |      |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | 420 |
| E (5-8)                                                   | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| F (1-4)                                                   | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| G (4-8)                                                   | 0,44 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| A' (3-7)                                                  | 0,65 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C' (1-5)                                                  | 0,44 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C' (5-8)                                                  | 0,15 |      |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | 420 |
| E' (5-8)                                                  | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| F' (1-4)                                                  | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |

Fuente: Elaboración propia

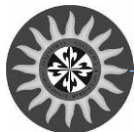


Tabla 3.3.4-18. Capacidad a flexión muros piso 2

| CAPACIDAD A FLEXION MUROS (P = 0)<br>(PASOS 5 y 6) 2DO PISO |                |                             |              |            |                                |
|-------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------|--------------|------------|--------------------------------|
| 0                                                           | 1              | 2                           | 3            | 4          | 5                              |
| MURO                                                        | Mn<br>(Kn · m) | $\phi \cdot Mn$<br>(Kn · m) | fr<br>(Mpa ) | Mcr (Kn*m) | $\alpha \cdot Mcr$<br>(Kn · m) |
| 5 (A-B)                                                     | 1972,92        | 1578,33                     | 0,88         | 52,87      | 158,62                         |
| 5 (D-E)                                                     | 6342,87        | 5074,30                     | 0,88         | 93,20      | 279,60                         |
| 6 (D-E)                                                     | 7646,32        | 6117,05                     | 0,88         | 84,68      | 254,04                         |
| 5 (A'-B')                                                   | 1972,92        | 1578,33                     | 0,88         | 52,87      | 158,62                         |
| 5 (D'-E')                                                   | 6342,87        | 5074,30                     | 0,88         | 93,20      | 279,60                         |
| 6 (D'-E')                                                   | 7646,32        | 6117,05                     | 0,88         | 84,68      | 254,04                         |
| A (3-7)                                                     | 8727,12        | 6981,70                     | 0,88         | 750,82     | 2252,47                        |
| C (1-5)                                                     | 4873,60        | 3898,88                     | 0,88         | 437,24     | 1311,73                        |
| C (5-8)                                                     | 1425,37        | 1140,29                     | 0,88         | 186,02     | 558,06                         |
| E (5-8)                                                     | 2709,76        | 2167,81                     | 0,88         | 267,33     | 802,00                         |
| F (1-4)                                                     | 2845,21        | 2276,17                     | 0,88         | 282,31     | 846,94                         |
| G (4-8)                                                     | 5312,46        | 4249,96                     | 0,88         | 514,24     | 1542,72                        |
| A' (3-7)                                                    | 8727,12        | 6981,70                     | 0,88         | 750,82     | 2252,47                        |
| C' (1-5)                                                    | 4873,60        | 3898,88                     | 0,88         | 437,24     | 1311,73                        |
| C' (5-8)                                                    | 1425,37        | 1140,29                     | 0,88         | 186,02     | 558,06                         |
| E' (5-8)                                                    | 2709,76        | 2167,81                     | 0,88         | 267,33     | 802,00                         |
| F' (1-4)                                                    | 2845,21        | 2276,17                     | 0,88         | 282,31     | 846,94                         |

Fuente: Elaboración propia

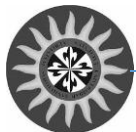


Tabla 3.3.4-19. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas piso 2

| VALOR DE C BALANCEADO Y ESFUERZOS EN LAS BARRAS<br>(PASO 7) 2DO PISO |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 0                                                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9   | 10  | 11  |
| MURO                                                                 | Cb   | B10  | B9   | B8   | B7   | B6   | B5   | B4   | B3  | B2  | B1  |
| 5 (A-B)                                                              | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174  | 265  | 364 | 420 | 420 |
| 5 (D-E)                                                              | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279  | 348  | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D-E)                                                              | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263  | 335  | 414 | 420 | 420 |
| 5 (A'-B')                                                            | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174  | 265  | 364 | 420 | 420 |
| 5 (D'-E')                                                            | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279  | 348  | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D'-E')                                                            | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263  | 335  | 414 | 420 | 420 |
| A (3-7)                                                              | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C (1-5)                                                              | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C (5-8)                                                              | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E (5-8)                                                              | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F (1-4)                                                              | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |
| G (4-8)                                                              | 3,25 |      |      |      |      | -420 | -213 | -28  | 175 | 378 | 420 |
| A' (3-7)                                                             | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C' (1-5)                                                             | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C' (5-8)                                                             | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E' (5-8)                                                             | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F' (1-4)                                                             | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |

Fuente: Elaboración propia

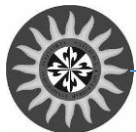


Tabla 3.3.4-20. Condiciones balanceadas piso 2

| CARGA AXIAL Y MOMENTO BALANCEADO<br>(PASOS 7, 8, 9 y 10) 2DO PISO |         |              |               |                |
|-------------------------------------------------------------------|---------|--------------|---------------|----------------|
| 0                                                                 | 1       | 2            | 3             | 4              |
| MURO                                                              | Pb      | Pbu<br>(Kn ) | Mb<br>(Kn ·m) | Mbu<br>(Kn ·m) |
| 5 (A-B)                                                           | 1522,81 | 1218,25      | 577,68        | 462,1          |
| 5 (D-E)                                                           | 2021,84 | 1617,47      | 496,26        | 397,0          |
| 6 (D-E)                                                           | 1925,40 | 1540,32      | 1279,59       | 1023,7         |
| 5 (A'-B')                                                         | 1522,81 | 1218,25      | 577,68        | 462,1          |
| 5 (D'-E')                                                         | 2021,84 | 1617,47      | 496,26        | 397,0          |
| 6 (D'-E')                                                         | 1925,40 | 1540,32      | 1279,59       | 1023,7         |
| A (3-7)                                                           | 5589,78 | 4471,82      | 5682,70       | 4546,2         |
| C (1-5)                                                           | 4377,24 | 3501,80      | 3310,57       | 2648,5         |
| C (5-8)                                                           | 2855,01 | 2284,01      | 1169,35       | 935,5          |
| E (5-8)                                                           | 3422,59 | 2738,07      | 1652,86       | 1322,3         |
| F (1-4)                                                           | 3517,15 | 2813,72      | 1812,75       | 1450,2         |
| G (4-8)                                                           | 4747,03 | 3797,63      | 4097,55       | 3278,0         |
| A' (3-7)                                                          | 5589,78 | 4471,82      | 5682,70       | 4546,2         |
| C' (1-5)                                                          | 4377,24 | 3501,80      | 3310,57       | 2648,5         |
| C' (5-8)                                                          | 2855,01 | 2284,01      | 1169,35       | 935,5          |
| E' (5-8)                                                          | 3422,59 | 2738,07      | 1652,86       | 1322,3         |
| F' (1-4)                                                          | 3517,15 | 2813,72      | 1812,75       | 1450,2         |

Fuente: Elaboración propia

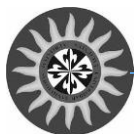


Tabla 3.3.4-21. Parámetros para el diagrama de interacción muros segundo piso

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>(PASO 11) 2DO PISO |                           |                   |                             |                     |                                |                       |                    |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------------------|
| 0                                                                     | 1                         | 2                 | 3                           | 4                   | 5                              | 6                     | 7                  | 8                                          |
| MURO                                                                  | $\phi \cdot P_n$<br>(Kn ) | $P_{bu}$<br>(Kn ) | $\phi \cdot M_n$<br>(Kn ·m) | $M_{bu}$<br>(Kn ·m) | $P_u$<br>><br>$\phi \cdot P_b$ | $M_u$<br>Suministrado | $M_u$<br>Requerido | $M_u$ Suministrado<br>> $M_u$<br>Requerido |
| 5 (A-B)                                                               | 2743,49                   | 1218,25           | 1578,33                     | 462,1               | NO                             | 1532,80               | 30,367             | OK                                         |
| 5 (D-E)                                                               | 3688,02                   | 1617,47           | 5074,30                     | 397,0               | NO                             | 4841,06               | 57,565             | OK                                         |
| 6 (D-E)                                                               | 3545,57                   | 1540,32           | 6117,05                     | 1023,7              | NO                             | 5904,86               | 51,940             | OK                                         |
| 5 (A'-B')                                                             | 2743,49                   | 1218,25           | 1578,33                     | 462,1               | NO                             | 1532,80               | 30,367             | OK                                         |
| 5 (D'-E')                                                             | 3688,02                   | 1617,47           | 5074,30                     | 397,0               | NO                             | 4841,06               | 57,565             | OK                                         |
| 6 (D'-E')                                                             | 3545,57                   | 1540,32           | 6117,05                     | 1023,7              | NO                             | 5904,86               | 51,940             | OK                                         |
| A (3-7)                                                               | 8930,92                   | 4471,82           | 6981,70                     | 4546,2              | NO                             | 6826,63               | 40,972             | OK                                         |
| C (1-5)                                                               | 6842,92                   | 3501,80           | 3898,88                     | 2648,5              | NO                             | 3784,04               | 28,472             | OK                                         |
| C (5-8)                                                               | 4466,98                   | 2284,01           | 1140,29                     | 935,5               | NO                             | 1121,71               | 14,407             | OK                                         |
| E (5-8)                                                               | 5363,57                   | 2738,07           | 2167,81                     | 1322,3              | NO                             | 2092,09               | 19,598             | OK                                         |
| F (1-4)                                                               | 5506,02                   | 2813,72           | 2276,17                     | 1450,2              | NO                             | 2186,16               | 20,474             | OK                                         |
| G (4-8)                                                               | 7399,77                   | 3797,63           | 4249,96                     | 3278,0              | NO                             | 4192,31               | 31,899             | OK                                         |
| A' (3-7)                                                              | 8930,92                   | 4471,82           | 6981,70                     | 4546,2              | NO                             | 6826,63               | 40,972             | OK                                         |
| C' (1-5)                                                              | 6842,92                   | 3501,80           | 3898,88                     | 2648,5              | NO                             | 3784,04               | 28,472             | OK                                         |
| C' (5-8)                                                              | 4466,98                   | 2284,01           | 1140,29                     | 935,5               | NO                             | 1121,71               | 14,407             | OK                                         |
| E' (5-8)                                                              | 5363,57                   | 2738,07           | 2167,81                     | 1322,3              | NO                             | 2092,09               | 19,598             | OK                                         |
| F' (1-4)                                                              | 5506,02                   | 2813,72           | 2276,17                     | 1450,2              | NO                             | 2186,16               | 20,474             | OK                                         |

Fuente: Elaboración propia

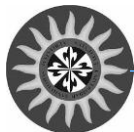


Tabla 3.3.4-22. Verificación de los elementos de borde piso 2

| VERIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE BORDE<br>(PASO 11) 2DO PISO |          |        |            |                    |                                    |                                             |                           |
|--------------------------------------------------------------|----------|--------|------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| 0                                                            | 1        | 2      | 3          | 4                  | 5                                  | 6                                           | 7                         |
| MURO                                                         | A<br>(m) | S (m3) | fm (Kn/m2) | 0,3*f'm<br>(Kn/m2) | REQUIERE<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE? | LONGITUD<br>DE LOS<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE | ESPACIAMIENTO<br>ESTRIBOS |
| 5 (A-B)                                                      | 0,20     | 0,06   | 750,48     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (D-E)                                                      | 0,27     | 0,11   | 843,00     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 6 (D-E)                                                      | 0,26     | 0,10   | 789,84     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (A'-B')                                                    | 0,20     | 0,06   | 750,48     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (D'-E')                                                    | 0,27     | 0,11   | 843,00     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 6 (D'-E')                                                    | 0,26     | 0,10   | 789,84     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| A (3-7)                                                      | 0,77     | 0,85   | 419,58     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C (1-5)                                                      | 0,58     | 0,50   | 607,28     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C (5-8)                                                      | 0,38     | 0,21   | 611,39     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| E (5-8)                                                      | 0,46     | 0,30   | 600,79     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| F (1-4)                                                      | 0,47     | 0,32   | 716,36     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| G (4-8)                                                      | 0,63     | 0,58   | 409,86     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| A' (3-7)                                                     | 0,77     | 0,85   | 419,58     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C' (1-5)                                                     | 0,58     | 0,50   | 607,28     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C' (5-8)                                                     | 0,38     | 0,21   | 611,39     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| E' (5-8)                                                     | 0,46     | 0,30   | 600,79     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| F' (1-4)                                                     | 0,47     | 0,32   | 716,36     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |

Fuente: Elaboración propia

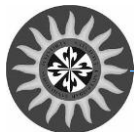


Tabla 3.3.4-23. Área de acero inicial muros tercer piso

| <b>CALCULO DEL AREA DE ACERO INICIAL (REQUERIDA)</b><br><b>(PASO 1) 3ER PISO</b> |          |         |         |           |       |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|-----------|-------|--------------------|
| 0                                                                                | 1        | 2       | 3       | 4         | 5     | 6                  |
| MURO                                                                             | LONG (m) | beq (m) | Pu (Kn) | Mu (Kn*m) | d (m) | As Requerida (cm2) |
| 5 (A-B)                                                                          | 1,77     | 0,1148  | 37,26   | 30,367    | 1,66  | 8,74               |
| 5 (D-E)                                                                          | 2,35     | 0,1148  | 64,14   | 57,565    | 2,24  | 12,26              |
| 6 (D-E)                                                                          | 2,24     | 0,1148  | 48,43   | 51,940    | 2,13  | 11,64              |
| 5 (A'-B')                                                                        | 1,77     | 0,1148  | 37,26   | 30,367    | 1,66  | 8,74               |
| 5 (D'-E')                                                                        | 2,35     | 0,1148  | 64,14   | 57,565    | 2,24  | 12,26              |
| 6 (D'-E')                                                                        | 2,24     | 0,1148  | 48,43   | 51,940    | 2,13  | 11,64              |
| A (3-7)                                                                          | 6,67     | 0,1148  | 213,81  | 40,972    | 6,56  | 2,98               |
| C (1-5)                                                                          | 5,09     | 0,1148  | 239,60  | 28,472    | 4,98  | 2,73               |
| C (5-8)                                                                          | 3,32     | 0,1148  | 157,37  | 14,407    | 3,21  | 2,14               |
| E (5-8)                                                                          | 3,98     | 0,1148  | 179,02  | 19,598    | 3,87  | 2,41               |
| F (1-4)                                                                          | 4,09     | 0,1148  | 222,02  | 20,474    | 3,98  | 2,45               |
| G (4-8)                                                                          | 5,52     | 0,1148  | 171,89  | 31,899    | 5,41  | 2,81               |
| A' (3-7)                                                                         | 6,67     | 0,1148  | 213,81  | 40,972    | 6,56  | 2,98               |
| C' (1-5)                                                                         | 5,09     | 0,1148  | 239,60  | 28,472    | 4,98  | 2,73               |
| C' (5-8)                                                                         | 3,32     | 0,1148  | 157,37  | 14,407    | 3,21  | 2,14               |
| E' (5-8)                                                                         | 3,98     | 0,1148  | 179,02  | 19,598    | 3,87  | 2,41               |
| F' (1-4)                                                                         | 4,09     | 0,1148  | 222,02  | 20,474    | 3,98  | 2,45               |

Fuente: Elaboración propia

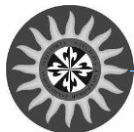


Tabla 3.3.4-24. Refuerzo tentativo muros tercer piso

| REFUERZO TENTATIVO (PASO 1) 3ER PISO |                     |                 |                  |                      |                           |                     |                       |                 |          |                    |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|----------|--------------------|
| 0                                    | 1                   | 2               | 3                | 4                    | 5                         | 6                   | 7                     | 8               | 9        | 10                 |
| MURO                                 | N° Mínimo de Barras | As (cm2) Mínima | Barra inicial N° | N° Barras Requeridas | N° de Barras Suministrada | Barra Definitiva N° | As (cm2) Suministrada | Ae (m2) Asumida | Ae1 (m2) | Ae (m2) Definitiva |
| 5 (A-B)                              | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,772                | 7                         | N°5                 | 13,9                  | 0,20            | 0,17     | 0,20               |
| 5 (D-E)                              | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,507                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,27            | 0,23     | 0,27               |
| 6 (D-E)                              | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,022                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,26            | 0,21     | 0,26               |
| 5 (A'-B')                            | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,772                | 7                         | N°5                 | 13,9                  | 0,20            | 0,17     | 0,20               |
| 5 (D'-E')                            | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,507                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,27            | 0,23     | 0,27               |
| 6 (D'-E')                            | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,022                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,26            | 0,21     | 0,26               |
| A (3-7)                              | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,307                | 7                         | N°4                 | 9,0                   | 0,77            | 0,64     | 0,77               |
| C (1-5)                              | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,112                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,58            | 0,49     | 0,58               |
| C (5-8)                              | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,659                | 4                         | N°4                 | 5,2                   | 0,38            | 0,32     | 0,38               |
| E (5-8)                              | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,872                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,46            | 0,38     | 0,46               |
| F (1-4)                              | 5                   | 3,29            | N°4              | 1,901                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,47            | 0,39     | 0,47               |
| G (4-8)                              | 6                   | 4,44            | N°4              | 2,179                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,63            | 0,53     | 0,63               |
| A' (3-7)                             | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,307                | 7                         | N°4                 | 9,0                   | 0,77            | 0,64     | 0,77               |
| C' (1-5)                             | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,112                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,58            | 0,49     | 0,58               |
| C' (5-8)                             | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,659                | 4                         | N°4                 | 5,2                   | 0,38            | 0,32     | 0,38               |
| E' (5-8)                             | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,872                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,46            | 0,38     | 0,46               |

Fuente: Elaboración propia

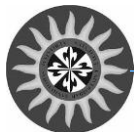


Tabla 3.3.4-25. Capacidad axial muros tercer piso

| CAPACIDAD AXIAL MUROS (M = 0)<br>(PASOS 2 , 3 y 4 ) 3ER PISO |          |          |                  |      |          |                       |          |                         |
|--------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|------|----------|-----------------------|----------|-------------------------|
| 0                                                            | 1        | 2        | 3                | 4    | 5        | 6                     | 7        | 8                       |
| MURO                                                         | Po(Kn )  | fm' ·Ae  | Po(Kn )<br>(DEF) | Re   | Pn (Kn ) | $\phi \cdot Pn$ (Kn ) | Pu (Kn ) | $Pu \leq \phi \cdot Pn$ |
| 5 (A-B)                                                      | 3427,05  | 3578,59  | 3427,05          | 1,00 | 2741,58  | 2741,58               | 37,26    | OK                      |
| 5 (D-E)                                                      | 4606,95  | 4751,24  | 4606,95          | 1,00 | 3685,48  | 3685,48               | 64,14    | OK                      |
| 6 (D-E)                                                      | 4429,03  | 4528,84  | 4429,03          | 1,00 | 3543,15  | 3543,15               | 48,43    | OK                      |
| 5 (A'-B')                                                    | 3427,05  | 3578,59  | 3427,05          | 1,00 | 2741,58  | 2741,58               | 37,26    | OK                      |
| 5 (D'-E')                                                    | 4606,95  | 4751,24  | 4606,95          | 1,00 | 3685,48  | 3685,48               | 64,14    | OK                      |
| 6 (D'-E')                                                    | 4429,03  | 4528,84  | 4429,03          | 1,00 | 3543,15  | 3543,15               | 48,43    | OK                      |
| A (3-7)                                                      | 11154,88 | 13485,42 | 11154,88         | 1,00 | 8923,70  | 8923,70               | 213,81   | OK                      |
| C (1-5)                                                      | 8546,96  | 10290,98 | 8546,96          | 1,00 | 6837,41  | 6837,41               | 239,60   | OK                      |
| C (5-8)                                                      | 5579,36  | 6712,38  | 5579,36          | 1,00 | 4463,39  | 4463,39               | 157,37   | OK                      |
| E (5-8)                                                      | 6699,23  | 8046,77  | 6699,23          | 1,00 | 5359,26  | 5359,26               | 179,02   | OK                      |
| F (1-4)                                                      | 6877,15  | 8269,17  | 6877,15          | 1,00 | 5501,60  | 5501,60               | 222,02   | OK                      |
| G (4-8)                                                      | 9242,46  | 11160,35 | 9242,46          | 1,00 | 7393,80  | 7393,80               | 171,89   | OK                      |
| A' (3-7)                                                     | 11154,88 | 13485,42 | 11154,88         | 1,00 | 8923,70  | 8923,70               | 213,81   | OK                      |
| C' (1-5)                                                     | 8546,96  | 10290,98 | 8546,96          | 1,00 | 6837,41  | 6837,41               | 239,60   | OK                      |
| C' (5-8)                                                     | 5579,36  | 6712,38  | 5579,36          | 1,00 | 4463,39  | 4463,39               | 157,37   | OK                      |
| E' (5-8)                                                     | 6699,23  | 8046,77  | 6699,23          | 1,00 | 5359,26  | 5359,26               | 179,02   | OK                      |
| F' (1-4)                                                     | 6877,15  | 8269,17  | 6877,15          | 1,00 | 5501,60  | 5501,60               | 222,02   | OK                      |

Fuente: Elaboración propia

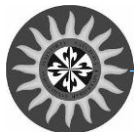


Tabla 3.3.4-26. Localización barras muros tercer piso

| LOCALIZACION DE LAS BARRAS DE REFUERZO<br>(PERALTES di ) 3ER PISO |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0                                                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| MURO                                                              | B10   | B9    | B8    | B7    | B6    | B5    | B4    | B3    | B2    | B1    |
| 5 (A-B)                                                           |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D-E)                                                           | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D-E)                                                           | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (A'-B')                                                         |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D'-E')                                                         | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D'-E')                                                         | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| A (3-7)                                                           |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C (1-5)                                                           |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C (5-8)                                                           |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E (5-8)                                                           |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F (1-4)                                                           |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |
| G (4-8)                                                           |       |       |       |       | 5,520 | 4,400 | 3,400 | 2,300 | 1,200 | 0,100 |
| A' (3-7)                                                          |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C' (1-5)                                                          |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F' (1-4)                                                          |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |

Fuente: Elaboración propia

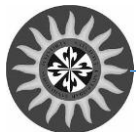


Tabla 3.3.4-27. Esfuerzos en la barras muros tercer piso

| VALOR DE C Y ESFUERZOS EN CADA BARRA<br>(PASO 5) 3ER PISO |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 0                                                         | 1    | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20  |
| MURO                                                      | C    | B10  | B9   | B8   | B7   | B6   | B5   | B4   | B3   | B2   | B1  |
| 5 (A-B)                                                   | 0,43 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 5 (D-E)                                                   | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 6 (D-E)                                                   | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 5 (A'-B')                                                 | 0,43 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 5 (D'-E')                                                 | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 6 (D'-E')                                                 | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| A (3-7)                                                   | 0,65 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C (1-5)                                                   | 0,45 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C (5-8)                                                   | 0,15 |      |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | 420 |
| E (5-8)                                                   | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| F (1-4)                                                   | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| G (4-8)                                                   | 0,45 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| A' (3-7)                                                  | 0,65 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C' (1-5)                                                  | 0,45 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C' (5-8)                                                  | 0,15 |      |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | 420 |
| E' (5-8)                                                  | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| F' (1-4)                                                  | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |

Fuente: Elaboración propia

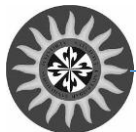


Tabla 3.3.4-28. Iteración valores de C muros tercer piso

| <i>Cm</i> | <i>Cm + <math>\Sigma FSi = Pn = 0</math></i> | <i>ITERACION ©</i> | <i>CUMPLE?</i> |
|-----------|----------------------------------------------|--------------------|----------------|
| 626,50    | 0,00                                         | 0,43               | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47               | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47               | OK             |
| 626,50    | 0,00                                         | 0,43               | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47               | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47               | OK             |
| 948,15    | 0,00                                         | 0,65               | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,45               | OK             |
| 216,72    | 0,00                                         | 0,15               | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28               | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28               | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,45               | OK             |
| 948,15    | 0,00                                         | 0,65               | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,45               | OK             |
| 216,72    | 0,00                                         | 0,15               | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28               | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28               | OK             |

Fuente: Elaboración propia

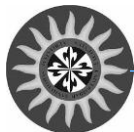


Tabla 3.3.4-29. Capacidad axial muros tercer piso

| CAPACIDAD A FLEXION MUROS (P = 0)<br>(PASOS 5 y 6) 3ER PISO |                |                             |              |               |                                |
|-------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------|--------------|---------------|--------------------------------|
| 0                                                           | 1              | 2                           | 3            | 4             | 5                              |
| MURO                                                        | Mn<br>(Kn · m) | $\phi \cdot Mn$<br>(Kn · m) | fr<br>(Mpa ) | Mcr<br>(Kn*m) | $\alpha \cdot Mcr$<br>(Kn · m) |
| 5 (A-B)                                                     | 1972,82        | 1578,26                     | 0,88         | 52,83         | 158,49                         |
| 5 (D-E)                                                     | 6341,75        | 5073,40                     | 0,88         | 93,12         | 279,37                         |
| 6 (D-E)                                                     | 7645,20        | 6116,16                     | 0,88         | 84,61         | 253,83                         |
| 5 (A'-B')                                                   | 1972,82        | 1578,26                     | 0,88         | 52,83         | 158,49                         |
| 5 (D'-E')                                                   | 6341,75        | 5073,40                     | 0,88         | 93,12         | 279,37                         |
| 6 (D'-E')                                                   | 7645,20        | 6116,16                     | 0,88         | 84,61         | 253,83                         |
| A (3-7)                                                     | 8726,90        | 6981,52                     | 0,88         | 750,20        | 2250,59                        |
| C (1-5)                                                     | 4873,49        | 3898,80                     | 0,88         | 436,88        | 1310,63                        |
| C (5-8)                                                     | 1425,36        | 1140,28                     | 0,88         | 185,87        | 557,60                         |
| E (5-8)                                                     | 2709,72        | 2167,78                     | 0,88         | 267,11        | 801,33                         |
| F (1-4)                                                     | 2845,17        | 2276,14                     | 0,88         | 282,08        | 846,24                         |
| G (4-8)                                                     | 5312,35        | 4249,88                     | 0,88         | 513,81        | 1541,43                        |
| A' (3-7)                                                    | 8726,90        | 6981,52                     | 0,88         | 750,20        | 2250,59                        |
| C' (1-5)                                                    | 4873,49        | 3898,80                     | 0,88         | 436,88        | 1310,63                        |
| C' (5-8)                                                    | 1425,36        | 1140,28                     | 0,88         | 185,87        | 557,60                         |
| E' (5-8)                                                    | 2709,72        | 2167,78                     | 0,88         | 267,11        | 801,33                         |
| F' (1-4)                                                    | 2845,17        | 2276,14                     | 0,88         | 282,08        | 846,24                         |

Fuente: Elaboración propia

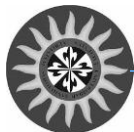


Tabla 3.3.4-30. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas tercer piso

| VALOR DE C BALANCEADO Y ESFUERZOS EN LAS BARRAS<br>(PASO 7) 3ER PISO |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 0                                                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9   | 10  | 11  |
| MURO                                                                 | Cb   | B10  | B9   | B8   | B7   | B6   | B5   | B4   | B3  | B2  | B1  |
| 5 (A-B)                                                              | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174  | 265  | 364 | 420 | 420 |
| 5 (D-E)                                                              | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279  | 348  | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D-E)                                                              | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263  | 335  | 414 | 420 | 420 |
| 5 (A'-B')                                                            | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174  | 265  | 364 | 420 | 420 |
| 5 (D'-E')                                                            | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279  | 348  | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D'-E')                                                            | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263  | 335  | 414 | 420 | 420 |
| A (3-7)                                                              | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C (1-5)                                                              | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C (5-8)                                                              | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E (5-8)                                                              | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F (1-4)                                                              | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |
| G (4-8)                                                              | 3,25 |      |      |      |      | -420 | -213 | -28  | 175 | 378 | 420 |
| A' (3-7)                                                             | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C' (1-5)                                                             | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C' (5-8)                                                             | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E' (5-8)                                                             | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F' (1-4)                                                             | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |

Fuente: Elaboración propia

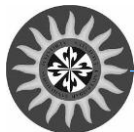


Tabla 3.3.4-31. Parámetros de carga balanceados muros tercer piso

| CARGA AXIAL Y MOMENTO BALANCEADO<br>(PASOS 7, 8, 9 y 10) 3ER PISO |         |              |               |                |
|-------------------------------------------------------------------|---------|--------------|---------------|----------------|
| 0                                                                 | 1       | 2            | 3             | 4              |
| MURO                                                              | Pb      | Pbu<br>(Kn ) | Mb<br>(Kn ·m) | Mbu<br>(Kn ·m) |
| 5 (A-B)                                                           | 1521,54 | 1217,23      | 577,12        | 461,7          |
| 5 (D-E)                                                           | 2020,15 | 1616,12      | 495,27        | 396,2          |
| 6 (D-E)                                                           | 1923,79 | 1539,03      | 1280,49       | 1024,4         |
| 5 (A'-B')                                                         | 1521,54 | 1217,23      | 577,12        | 461,7          |
| 5 (D'-E')                                                         | 2020,15 | 1616,12      | 495,27        | 396,2          |
| 6 (D'-E')                                                         | 1923,79 | 1539,03      | 1280,49       | 1024,4         |
| A (3-7)                                                           | 5585,11 | 4468,09      | 5675,11       | 4540,1         |
| C (1-5)                                                           | 4373,59 | 3498,87      | 3305,92       | 2644,7         |
| C (5-8)                                                           | 2852,62 | 2282,10      | 1167,37       | 933,9          |
| E (5-8)                                                           | 3419,73 | 2735,78      | 1650,01       | 1320,0         |
| F (1-4)                                                           | 3514,21 | 2811,37      | 1809,75       | 1447,8         |
| G (4-8)                                                           | 4743,07 | 3794,45      | 4092,08       | 3273,7         |
| A' (3-7)                                                          | 5585,11 | 4468,09      | 5675,11       | 4540,1         |
| C' (1-5)                                                          | 4373,59 | 3498,87      | 3305,92       | 2644,7         |
| C' (5-8)                                                          | 2852,62 | 2282,10      | 1167,37       | 933,9          |
| E' (5-8)                                                          | 3419,73 | 2735,78      | 1650,01       | 1320,0         |
| F' (1-4)                                                          | 3514,21 | 2811,37      | 1809,75       | 1447,8         |

Fuente: Elaboración propia

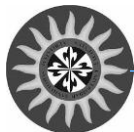


Tabla 3.3.4-32. Parámetros diagrama de interacción muros tercer piso

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>(PASO 11) 3ER PISO |                           |                   |                             |                     |                                |                       |                    |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------------------|
| 0                                                                     | 1                         | 2                 | 3                           | 4                   | 5                              | 6                     | 7                  | 8                                          |
| MURO                                                                  | $\phi \cdot P_n$<br>(Kn ) | $P_{bu}$<br>(Kn ) | $\phi \cdot M_n$<br>(Kn ·m) | $M_{bu}$<br>(Kn ·m) | $P_u$<br>><br>$\phi \cdot P_b$ | $M_u$<br>Suministrado | $M_u$<br>Requerido | $M_u$ Suministrado<br>> $M_u$<br>Requerido |
| 5 (A-B)                                                               | 2741,58                   | 1217,23           | 1578,26                     | 461,7               | NO                             | 1544,08               | 30,367             | OK                                         |
| 5 (D-E)                                                               | 3685,48                   | 1616,12           | 5073,40                     | 396,2               | NO                             | 4887,76               | 57,565             | OK                                         |
| 6 (D-E)                                                               | 3543,15                   | 1539,03           | 6116,16                     | 1024,4              | NO                             | 5955,93               | 51,940             | OK                                         |
| 5 (A'-B')                                                             | 2741,58                   | 1217,23           | 1578,26                     | 461,7               | NO                             | 1544,08               | 30,367             | OK                                         |
| 5 (D'-E')                                                             | 3685,48                   | 1616,12           | 5073,40                     | 396,2               | NO                             | 4887,76               | 57,565             | OK                                         |
| 6 (D'-E')                                                             | 3543,15                   | 1539,03           | 6116,16                     | 1024,4              | NO                             | 5955,93               | 51,940             | OK                                         |
| A (3-7)                                                               | 8923,70                   | 4468,09           | 6981,52                     | 4540,1              | NO                             | 6864,70               | 40,972             | OK                                         |
| C (1-5)                                                               | 6837,41                   | 3498,87           | 3898,80                     | 2644,7              | NO                             | 3812,92               | 28,472             | OK                                         |
| C (5-8)                                                               | 4463,39                   | 2282,10           | 1140,28                     | 933,9               | NO                             | 1126,05               | 14,407             | OK                                         |
| E (5-8)                                                               | 5359,26                   | 2735,78           | 2167,78                     | 1320,0              | NO                             | 2112,30               | 19,598             | OK                                         |
| F (1-4)                                                               | 5501,60                   | 2811,37           | 2276,14                     | 1447,8              | NO                             | 2210,72               | 20,474             | OK                                         |
| G (4-8)                                                               | 7393,80                   | 3794,45           | 4249,88                     | 3273,7              | NO                             | 4205,66               | 31,899             | OK                                         |
| A' (3-7)                                                              | 8923,70                   | 4468,09           | 6981,52                     | 4540,1              | NO                             | 6864,70               | 40,972             | OK                                         |
| C' (1-5)                                                              | 6837,41                   | 3498,87           | 3898,80                     | 2644,7              | NO                             | 3812,92               | 28,472             | OK                                         |
| C' (5-8)                                                              | 4463,39                   | 2282,10           | 1140,28                     | 933,9               | NO                             | 1126,05               | 14,407             | OK                                         |
| E' (5-8)                                                              | 5359,26                   | 2735,78           | 2167,78                     | 1320,0              | NO                             | 2112,30               | 19,598             | OK                                         |
| F' (1-4)                                                              | 5501,60                   | 2811,37           | 2276,14                     | 1447,8              | NO                             | 2210,72               | 20,474             | OK                                         |

Fuente: Elaboración propia

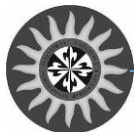


Tabla 3.3.4-33. Verificación elementos de borde muros tercer piso

| VERIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE BORDE<br>(PASO 11) 3ER PISO |          |        |            |                             |                                    |                                             |                           |
|--------------------------------------------------------------|----------|--------|------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| 0                                                            | 1        | 2      | 3          | 4                           | 5                                  | 6                                           | 7                         |
| MURO                                                         | A<br>(m) | S (m3) | fm (Kn/m2) | $0,3 \cdot f' m$<br>(Kn/m2) | REQUIERE<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE? | LONGITUD<br>DE LOS<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE | ESPACIAMIENTO<br>ESTRIBOS |
| 5 (A-B)                                                      | 0,20     | 0,06   | 689,91     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (D-E)                                                      | 0,27     | 0,11   | 782,51     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 6 (D-E)                                                      | 0,26     | 0,10   | 729,31     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (A'-B')                                                    | 0,20     | 0,06   | 689,91     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (D'-E')                                                    | 0,27     | 0,11   | 782,51     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 6 (D'-E')                                                    | 0,26     | 0,10   | 729,31     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| A (3-7)                                                      | 0,77     | 0,85   | 327,33     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C (1-5)                                                      | 0,58     | 0,50   | 467,45     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C (5-8)                                                      | 0,38     | 0,21   | 481,19     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| E (5-8)                                                      | 0,46     | 0,30   | 456,45     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| F (1-4)                                                      | 0,47     | 0,32   | 536,78     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| G (4-8)                                                      | 0,63     | 0,58   | 325,94     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| A' (3-7)                                                     | 0,77     | 0,85   | 327,33     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C' (1-5)                                                     | 0,58     | 0,50   | 467,45     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C' (5-8)                                                     | 0,38     | 0,21   | 481,19     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| E' (5-8)                                                     | 0,46     | 0,30   | 456,45     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| F' (1-4)                                                     | 0,47     | 0,32   | 536,78     | 5283,09                     | NO                                 | N/A                                         | 0                         |

Fuente: Elaboración propia

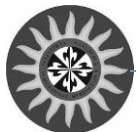


Tabla 3.3.4-34. Cálculo área inicial muros cuarto piso

| <b>CALCULO DEL AREA DE ACERO INICIAL (REQUERIDA)</b><br><b>(PASO 1) 4TO PISO</b> |          |         |         |           |       |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|-----------|-------|--------------------|
| 0                                                                                | 1        | 2       | 3       | 4         | 5     | 6                  |
| MURO                                                                             | LONG (m) | beq (m) | Pu (Kn) | Mu (Kn*m) | d (m) | As Requerida (cm2) |
| 5 (A-B)                                                                          | 1,77     | 0,1147  | 24,83   | 30,392    | 1,66  | 8,74               |
| 5 (D-E)                                                                          | 2,35     | 0,1147  | 47,64   | 57,614    | 2,24  | 12,27              |
| 6 (D-E)                                                                          | 2,24     | 0,1147  | 32,70   | 51,983    | 2,13  | 11,65              |
| 5 (A'-B')                                                                        | 1,77     | 0,1147  | 24,83   | 30,392    | 1,66  | 8,74               |
| 5 (D'-E')                                                                        | 2,35     | 0,1147  | 47,64   | 57,614    | 2,24  | 12,27              |
| 6 (D'-E')                                                                        | 2,24     | 0,1147  | 32,70   | 51,983    | 2,13  | 11,65              |
| A (3-7)                                                                          | 6,67     | 0,1147  | 142,94  | 41,006    | 6,56  | 2,98               |
| C (1-5)                                                                          | 5,09     | 0,1147  | 157,63  | 28,496    | 4,98  | 2,73               |
| C (5-8)                                                                          | 3,32     | 0,1147  | 107,57  | 14,420    | 3,21  | 2,14               |
| E (5-8)                                                                          | 3,98     | 0,1147  | 112,86  | 19,614    | 3,87  | 2,42               |
| F (1-4)                                                                          | 4,09     | 0,1147  | 137,44  | 20,491    | 3,98  | 2,45               |
| G (4-8)                                                                          | 5,52     | 0,1147  | 118,51  | 31,926    | 5,41  | 2,81               |
| A' (3-7)                                                                         | 6,67     | 0,1147  | 142,94  | 41,006    | 6,56  | 2,98               |
| C' (1-5)                                                                         | 5,09     | 0,1147  | 157,63  | 28,496    | 4,98  | 2,73               |
| C' (5-8)                                                                         | 3,32     | 0,1147  | 107,57  | 14,420    | 3,21  | 2,14               |
| E' (5-8)                                                                         | 3,98     | 0,1147  | 112,86  | 19,614    | 3,87  | 2,42               |
| F' (1-4)                                                                         | 4,09     | 0,1147  | 137,44  | 20,491    | 3,98  | 2,45               |

Fuente: Elaboración propia

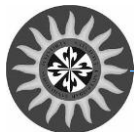


Tabla 3.3.4-35. Refuerzo tentativo muros cuarto piso

| REFUERZO TENTATIVO (PASO 1) 4TO PISO |                     |                 |                  |                      |                           |                     |                       |                 |          |                    |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|----------|--------------------|
| 0                                    | 1                   | 2               | 3                | 4                    | 5                         | 6                   | 7                     | 8               | 9        | 10                 |
| MURO                                 | N° Mínimo de Barras | As (cm2) Mínima | Barra inicial N° | N° Barras Requeridas | N° de Barras Suministrada | Barra Definitiva N° | As (cm2) Suministrada | Ae (m2) Asumida | Ae1 (m2) | Ae (m2) Definitiva |
| 5 (A-B)                              | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,778                | 7                         | N°5                 | 13,9                  | 0,20            | 0,15     | 0,20               |
| 5 (D-E)                              | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,514                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,27            | 0,20     | 0,27               |
| 6 (D-E)                              | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,029                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,26            | 0,19     | 0,26               |
| 5 (A'-B')                            | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,778                | 7                         | N°5                 | 13,9                  | 0,20            | 0,15     | 0,20               |
| 5 (D'-E')                            | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,514                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,27            | 0,20     | 0,27               |
| 6 (D'-E')                            | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,029                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,26            | 0,19     | 0,26               |
| A (3-7)                              | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,309                | 7                         | N°4                 | 9,0                   | 0,77            | 0,57     | 0,77               |
| C (1-5)                              | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,114                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,58            | 0,44     | 0,58               |
| C (5-8)                              | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,661                | 4                         | N°4                 | 5,2                   | 0,38            | 0,29     | 0,38               |
| E (5-8)                              | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,873                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,46            | 0,34     | 0,46               |
| F (1-4)                              | 5                   | 3,29            | N°4              | 1,903                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,47            | 0,35     | 0,47               |
| G (4-8)                              | 6                   | 4,44            | N°4              | 2,18                 | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,63            | 0,48     | 0,63               |
| A' (3-7)                             | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,309                | 7                         | N°4                 | 9,0                   | 0,77            | 0,57     | 0,77               |
| C' (1-5)                             | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,114                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,58            | 0,44     | 0,58               |
| C' (5-8)                             | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,661                | 4                         | N°4                 | 5,2                   | 0,38            | 0,29     | 0,38               |
| E' (5-8)                             | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,873                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,46            | 0,34     | 0,46               |
| F' (1-4)                             | 5                   | 3,29            | N°4              | 1,903                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,47            | 0,35     | 0,47               |

Fuente: Elaboración propia

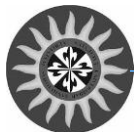


Tabla 3.3.4-36. Capacidad axial muros cuarto piso

| CAPACIDAD AXIAL MUROS (M = 0)<br>(PASOS 2 , 3 y 4 ) 4TO PISO |          |          |                  |      |          |                       |          |                         |
|--------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|------|----------|-----------------------|----------|-------------------------|
| 0                                                            | 1        | 2        | 3                | 4    | 5        | 6                     | 7        | 8                       |
| MURO                                                         | Po(Kn )  | fm' ·Ae  | Po(Kn )<br>(DEF) | Re   | Pn (Kn ) | $\phi \cdot Pn$ (Kn ) | Pu (Kn ) | $Pu \leq \phi \cdot Pn$ |
| 5 (A-B)                                                      | 3424,65  | 3575,60  | 3424,65          | 1,00 | 2739,66  | 2739,66               | 24,83    | OK                      |
| 5 (D-E)                                                      | 4603,77  | 4747,26  | 4603,77          | 1,00 | 3682,94  | 3682,94               | 47,64    | OK                      |
| 6 (D-E)                                                      | 4426,01  | 4525,05  | 4426,01          | 1,00 | 3540,72  | 3540,72               | 32,70    | OK                      |
| 5 (A'-B')                                                    | 3424,65  | 3575,60  | 3424,65          | 1,00 | 2739,66  | 2739,66               | 24,83    | OK                      |
| 5 (D'-E')                                                    | 4603,77  | 4747,26  | 4603,77          | 1,00 | 3682,94  | 3682,94               | 47,64    | OK                      |
| 6 (D'-E')                                                    | 4426,01  | 4525,05  | 4426,01          | 1,00 | 3540,72  | 3540,72               | 32,70    | OK                      |
| A (3-7)                                                      | 11145,86 | 13474,15 | 11145,86         | 1,00 | 8916,48  | 8916,48               | 142,94   | OK                      |
| C (1-5)                                                      | 8540,07  | 10282,37 | 8540,07          | 1,00 | 6831,90  | 6831,90               | 157,63   | OK                      |
| C (5-8)                                                      | 5574,87  | 6706,77  | 5574,87          | 1,00 | 4459,79  | 4459,79               | 107,57   | OK                      |
| E (5-8)                                                      | 6693,85  | 8040,05  | 6693,85          | 1,00 | 5354,96  | 5354,96               | 112,86   | OK                      |
| F (1-4)                                                      | 6871,62  | 8262,26  | 6871,62          | 1,00 | 5497,17  | 5497,17               | 137,44   | OK                      |
| G (4-8)                                                      | 9234,99  | 11151,02 | 9234,99          | 1,00 | 7387,82  | 7387,82               | 118,51   | OK                      |
| A' (3-7)                                                     | 11145,86 | 13474,15 | 11145,86         | 1,00 | 8916,48  | 8916,48               | 142,94   | OK                      |
| C' (1-5)                                                     | 8540,07  | 10282,37 | 8540,07          | 1,00 | 6831,90  | 6831,90               | 157,63   | OK                      |
| C' (5-8)                                                     | 5574,87  | 6706,77  | 5574,87          | 1,00 | 4459,79  | 4459,79               | 107,57   | OK                      |
| E' (5-8)                                                     | 6693,85  | 8040,05  | 6693,85          | 1,00 | 5354,96  | 5354,96               | 112,86   | OK                      |
| F' (1-4)                                                     | 6871,62  | 8262,26  | 6871,62          | 1,00 | 5497,17  | 5497,17               | 137,44   | OK                      |

Fuente: Elaboración propia

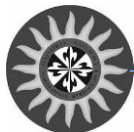


Tabla 3.3.4-37. Localización barras muros cuarto piso

| LOCALIZACION DE LAS BARRAS DE REFUERZO<br>(PERALTES di ) 4TO PISO |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0                                                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| MURO                                                              | B10   | B9    | B8    | B7    | B6    | B5    | B4    | B3    | B2    | B1    |
| 5 (A-B)                                                           |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D-E)                                                           | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D-E)                                                           | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (A'-B')                                                         |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D'-E')                                                         | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D'-E')                                                         | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| A (3-7)                                                           |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C (1-5)                                                           |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C (5-8)                                                           |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E (5-8)                                                           |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F (1-4)                                                           |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |
| G (4-8)                                                           |       |       |       |       | 5,520 | 4,400 | 3,400 | 2,300 | 1,200 | 0,100 |
| A' (3-7)                                                          |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C' (1-5)                                                          |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F' (1-4)                                                          |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |

Fuente: Elaboración propia

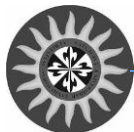


Tabla 3.3.4-38. Iteración de C para muros cuarto piso

| <i>Cm</i> | <i>Cm + <math>\Sigma FSi = Pn = 0</math></i> | <i>ITERACION</i><br>© | <i>CUMPLE?</i> |
|-----------|----------------------------------------------|-----------------------|----------------|
| 626,50    | 0,00                                         | 0,43                  | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47                  | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47                  | OK             |
| 626,50    | 0,00                                         | 0,43                  | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47                  | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47                  | OK             |
| 948,15    | 0,00                                         | 0,65                  | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,45                  | OK             |
| 216,72    | 0,00                                         | 0,15                  | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28                  | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28                  | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,45                  | OK             |
| 948,15    | 0,00                                         | 0,65                  | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,45                  | OK             |
| 216,72    | 0,00                                         | 0,15                  | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28                  | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28                  | OK             |

Fuente: Elaboración propia

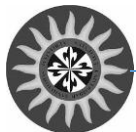


Tabla 3.3.4-39. Esfuerzos en las barras muros cuarto piso

| VALOR DE C Y ESFUERZOS EN CADA BARRA<br>(PASO 5) 4TO PISO |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 0                                                         | 1    | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20  |
| MURO                                                      | C    | B10  | B9   | B8   | B7   | B6   | B5   | B4   | B3   | B2   | B1  |
| 5 (A-B)                                                   | 0,43 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 5 (D-E)                                                   | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 6 (D-E)                                                   | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 5 (A'-B')                                                 | 0,43 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 5 (D'-E')                                                 | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| 6 (D'-E')                                                 | 1,47 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -272 | -13  | 224  | 420 |
| A (3-7)                                                   | 0,65 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C (1-5)                                                   | 0,45 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C (5-8)                                                   | 0,15 |      |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | 420 |
| E (5-8)                                                   | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| F (1-4)                                                   | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| G (4-8)                                                   | 0,45 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| A' (3-7)                                                  | 0,65 |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C' (1-5)                                                  | 0,45 |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| C' (5-8)                                                  | 0,15 |      |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | 420 |
| E' (5-8)                                                  | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |
| F' (1-4)                                                  | 0,28 |      |      |      |      |      | -420 | -420 | -420 | -420 | 420 |

Fuente: Elaboración propia

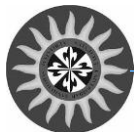


Tabla 3.3.4-40. Capacidad axial muros cuarto piso

| CAPACIDAD A FLEXION MUROS (P = 0)<br>(PASOS 5 y 6) 4TO PISO |                |                             |              |               |                                 |
|-------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------------------------|
| 0                                                           | 1              | 2                           | 3            | 4             | 5                               |
| MURO                                                        | Mn<br>(Kn · m) | $\phi \cdot Mn$<br>(Kn · m) | fr<br>(Mpa ) | Mcr<br>(Kn*m) | $\alpha \cdot Mcr$<br>( Kn · m) |
| 5 (A-B)                                                     | 1972,73        | 1578,18                     | 0,88         | 52,78         | 158,35                          |
| 5 (D-E)                                                     | 6340,63        | 5072,50                     | 0,88         | 93,05         | 279,14                          |
| 6 (D-E)                                                     | 7644,08        | 6115,26                     | 0,88         | 84,54         | 253,62                          |
| 5 (A'-B')                                                   | 1972,73        | 1578,18                     | 0,88         | 52,78         | 158,35                          |
| 5 (D'-E')                                                   | 6340,63        | 5072,50                     | 0,88         | 93,05         | 279,14                          |
| 6 (D'-E')                                                   | 7644,08        | 6115,26                     | 0,88         | 84,54         | 253,62                          |
| A (3-7)                                                     | 8726,69        | 6981,35                     | 0,88         | 749,57        | 2248,71                         |
| C (1-5)                                                     | 4873,39        | 3898,71                     | 0,88         | 436,51        | 1309,53                         |
| C (5-8)                                                     | 1425,34        | 1140,28                     | 0,88         | 185,71        | 557,13                          |
| E (5-8)                                                     | 2709,68        | 2167,74                     | 0,88         | 266,89        | 800,66                          |
| F (1-4)                                                     | 2845,13        | 2276,10                     | 0,88         | 281,84        | 845,53                          |
| G (4-8)                                                     | 5312,25        | 4249,80                     | 0,88         | 513,38        | 1540,14                         |
| A' (3-7)                                                    | 8726,69        | 6981,35                     | 0,88         | 749,57        | 2248,71                         |
| C' (1-5)                                                    | 4873,39        | 3898,71                     | 0,88         | 436,51        | 1309,53                         |
| C' (5-8)                                                    | 1425,34        | 1140,28                     | 0,88         | 185,71        | 557,13                          |
| E' (5-8)                                                    | 2709,68        | 2167,74                     | 0,88         | 266,89        | 800,66                          |
| F' (1-4)                                                    | 2845,13        | 2276,10                     | 0,88         | 281,84        | 845,53                          |

Fuente: Elaboración propia

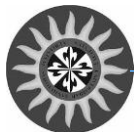


Tabla 3.3.4-41. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas cuarto piso

| VALOR DE C BALANCEADO Y ESFUERZOS EN LAS BARRAS<br>(PASO 7) 4TO PISO |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 0                                                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9   | 10  | 11  |
| MURO                                                                 | Cb   | B10  | B9   | B8   | B7   | B6   | B5   | B4   | B3  | B2  | B1  |
| 5 (A-B)                                                              | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174  | 265  | 364 | 420 | 420 |
| 5 (D-E)                                                              | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279  | 348  | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D-E)                                                              | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263  | 335  | 414 | 420 | 420 |
| 5 (A'-B')                                                            | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174  | 265  | 364 | 420 | 420 |
| 5 (D'-E')                                                            | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279  | 348  | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D'-E')                                                            | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263  | 335  | 414 | 420 | 420 |
| A (3-7)                                                              | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C (1-5)                                                              | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C (5-8)                                                              | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E (5-8)                                                              | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F (1-4)                                                              | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |
| G (4-8)                                                              | 3,25 |      |      |      |      | -420 | -213 | -28  | 175 | 378 | 420 |
| A' (3-7)                                                             | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C' (1-5)                                                             | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C' (5-8)                                                             | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E' (5-8)                                                             | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F' (1-4)                                                             | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |

Fuente: Elaboración propia

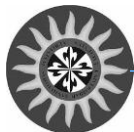


Tabla 3.3.4-42. Condiciones de carga balanceadas muros cuarto piso

| CARGA AXIAL Y MOMENTO BALANCEADO<br>(PASOS 7, 8, 9 y 10) 4TO PISO |         |              |               |                |
|-------------------------------------------------------------------|---------|--------------|---------------|----------------|
| 0                                                                 | 1       | 2            | 3             | 4              |
| MURO                                                              | Pb      | Pbu<br>(Kn ) | Mb<br>(Kn ·m) | Mbu<br>(Kn ·m) |
| 5 (A-B)                                                           | 1520,27 | 1216,21      | 576,56        | 461,2          |
| 5 (D-E)                                                           | 2018,46 | 1614,77      | 494,27        | 395,4          |
| 6 (D-E)                                                           | 1922,18 | 1537,74      | 1281,39       | 1025,1         |
| 5 (A'-B')                                                         | 1520,27 | 1216,21      | 576,56        | 461,2          |
| 5 (D'-E')                                                         | 2018,46 | 1614,77      | 494,27        | 395,4          |
| 6 (D'-E')                                                         | 1922,18 | 1537,74      | 1281,39       | 1025,1         |
| A (3-7)                                                           | 5580,44 | 4464,35      | 5667,52       | 4534,0         |
| C (1-5)                                                           | 4369,93 | 3495,94      | 3301,26       | 2641,0         |
| C (5-8)                                                           | 2850,24 | 2280,19      | 1165,39       | 932,3          |
| E (5-8)                                                           | 3416,87 | 2733,49      | 1647,17       | 1317,7         |
| F (1-4)                                                           | 3511,27 | 2809,02      | 1806,75       | 1445,4         |
| G (4-8)                                                           | 4739,10 | 3791,28      | 4086,61       | 3269,3         |
| A' (3-7)                                                          | 5580,44 | 4464,35      | 5667,52       | 4534,0         |
| C' (1-5)                                                          | 4369,93 | 3495,94      | 3301,26       | 2641,0         |
| C' (5-8)                                                          | 2850,24 | 2280,19      | 1165,39       | 932,3          |
| E' (5-8)                                                          | 3416,87 | 2733,49      | 1647,17       | 1317,7         |
| F' (1-4)                                                          | 3511,27 | 2809,02      | 1806,75       | 1445,4         |

Fuente: Elaboración propia

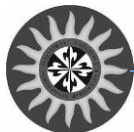


Tabla 3.3.4-43. Parámetros diagrama de interacción muros cuarto piso

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>(PASO 11) 4TO PISO |                           |                          |                             |                            |                              |                                |                             |                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 0                                                                     | 1                         | 2                        | 3                           | 4                          | 5                            | 6                              | 7                           | 8                                                               |
| MURO                                                                  | $\phi \cdot P_n$<br>(Kn ) | P <sub>bu</sub><br>(Kn ) | $\phi \cdot M_n$<br>(Kn ·m) | M <sub>bu</sub><br>(Kn ·m) | $\frac{P_u}{\phi \cdot P_b}$ | M <sub>u</sub><br>Suministrado | M <sub>u</sub><br>Requerido | M <sub>u</sub><br>Suministrado<br>> M <sub>u</sub><br>Requerido |
| 5 (A-B)                                                               | 2739,66                   | 1216,21                  | 1578,18                     | 461,2                      | NO                           | 1555,38                        | 30,392                      | OK                                                              |
| 5 (D-E)                                                               | 3682,94                   | 1614,77                  | 5072,50                     | 395,4                      | NO                           | 4934,51                        | 57,614                      | OK                                                              |
| 6 (D-E)                                                               | 3540,72                   | 1537,74                  | 6115,26                     | 1025,1                     | NO                           | 6007,01                        | 51,983                      | OK                                                              |
| 5 (A'-B')                                                             | 2739,66                   | 1216,21                  | 1578,18                     | 461,2                      | NO                           | 1555,38                        | 30,392                      | OK                                                              |
| 5 (D'-E')                                                             | 3682,94                   | 1614,77                  | 5072,50                     | 395,4                      | NO                           | 4934,51                        | 57,614                      | OK                                                              |
| 6 (D'-E')                                                             | 3540,72                   | 1537,74                  | 6115,26                     | 1025,1                     | NO                           | 6007,01                        | 51,983                      | OK                                                              |
| A (3-7)                                                               | 8916,48                   | 4464,35                  | 6981,35                     | 4534,0                     | NO                           | 6902,99                        | 41,006                      | OK                                                              |
| C (1-5)                                                               | 6831,90                   | 3495,94                  | 3898,71                     | 2641,0                     | NO                           | 3842,01                        | 28,496                      | OK                                                              |
| C (5-8)                                                               | 4459,79                   | 2280,19                  | 1140,28                     | 932,3                      | NO                           | 1130,46                        | 14,420                      | OK                                                              |
| E (5-8)                                                               | 5354,96                   | 2733,49                  | 2167,74                     | 1317,7                     | NO                           | 2132,65                        | 19,614                      | OK                                                              |
| F (1-4)                                                               | 5497,17                   | 2809,02                  | 2276,10                     | 1445,4                     | NO                           | 2235,46                        | 20,491                      | OK                                                              |
| G (4-8)                                                               | 7387,82                   | 3791,28                  | 4249,80                     | 3269,3                     | NO                           | 4219,15                        | 31,926                      | OK                                                              |
| A' (3-7)                                                              | 8916,48                   | 4464,35                  | 6981,35                     | 4534,0                     | NO                           | 6902,99                        | 41,006                      | OK                                                              |
| C' (1-5)                                                              | 6831,90                   | 3495,94                  | 3898,71                     | 2641,0                     | NO                           | 3842,01                        | 28,496                      | OK                                                              |
| C' (5-8)                                                              | 4459,79                   | 2280,19                  | 1140,28                     | 932,3                      | NO                           | 1130,46                        | 14,420                      | OK                                                              |
| E' (5-8)                                                              | 5354,96                   | 2733,49                  | 2167,74                     | 1317,7                     | NO                           | 2132,65                        | 19,614                      | OK                                                              |
| F' (1-4)                                                              | 5497,17                   | 2809,02                  | 2276,10                     | 1445,4                     | NO                           | 2235,46                        | 20,491                      | OK                                                              |

Fuente: Elaboración propia

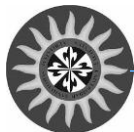


Tabla 3.3.4-44. Verificación elementos de borde cuarto piso

| VERIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE BORDE<br>(PASO 11) 4TO PISO |          |           |               |                    |                                    |                                             |                           |
|--------------------------------------------------------------|----------|-----------|---------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| 0                                                            | 1        | 2         | 3             | 4                  | 5                                  | 6                                           | 7                         |
| MURO                                                         | A<br>(m) | S<br>(m3) | fm<br>(Kn/m2) | 0,3*f'm<br>(Kn/m2) | REQUIERE<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE? | LONGITUD<br>DE LOS<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE | ESPACIAMIENTO<br>ESTRIBOS |
| 5 (A-B)                                                      | 0,20     | 0,06      | 629,70        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (D-E)                                                      | 0,27     | 0,11      | 722,41        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 6 (D-E)                                                      | 0,26     | 0,10      | 669,16        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (A'-B')                                                    | 0,20     | 0,06      | 629,70        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (D'-E')                                                    | 0,27     | 0,11      | 722,41        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 6 (D'-E')                                                    | 0,26     | 0,10      | 669,16        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| A (3-7)                                                      | 0,77     | 0,85      | 235,02        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C (1-5)                                                      | 0,58     | 0,50      | 327,49        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C (5-8)                                                      | 0,38     | 0,21      | 350,87        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| E (5-8)                                                      | 0,46     | 0,30      | 311,97        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| F (1-4)                                                      | 0,47     | 0,32      | 357,00        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| G (4-8)                                                      | 0,63     | 0,58      | 241,96        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| A' (3-7)                                                     | 0,77     | 0,85      | 235,02        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C' (1-5)                                                     | 0,58     | 0,50      | 327,49        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C' (5-8)                                                     | 0,38     | 0,21      | 350,87        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| E' (5-8)                                                     | 0,46     | 0,30      | 311,97        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| F' (1-4)                                                     | 0,47     | 0,32      | 357,00        | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |

Fuente: Elaboración propia

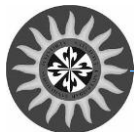


Tabla 3.3.4-45. Área inicial de acero muros quinto piso

| <b>CALCULO DEL AREA DE ACERO INICIAL (REQUERIDA)</b><br><b>(PASO 1) 5TO PISO</b> |          |         |         |           |       |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|-----------|-------|--------------------|
| 0                                                                                | 1        | 2       | 3       | 4         | 5     | 6                  |
| MURO                                                                             | LONG (m) | beq (m) | Pu (Kn) | Mu (Kn*m) | d (m) | As Requerida (cm2) |
| 5 (A-B)                                                                          | 1,77     | 0,1146  | 12,41   | 30,367    | 1,66  | 8,74               |
| 5 (D-E)                                                                          | 2,35     | 0,1146  | 31,16   | 57,565    | 2,24  | 12,26              |
| 6 (D-E)                                                                          | 2,24     | 0,1146  | 16,99   | 51,940    | 2,13  | 11,64              |
| 5 (A'-B')                                                                        | 1,77     | 0,1146  | 12,41   | 30,367    | 1,66  | 8,74               |
| 5 (D'-E')                                                                        | 2,35     | 0,1146  | 31,16   | 57,565    | 2,24  | 12,26              |
| 6 (D'-E')                                                                        | 2,24     | 0,1146  | 16,99   | 51,940    | 2,13  | 11,64              |
| A (3-7)                                                                          | 6,67     | 0,1146  | 72,10   | 40,972    | 6,56  | 2,98               |
| C (1-5)                                                                          | 5,09     | 0,1146  | 75,67   | 28,472    | 4,98  | 2,73               |
| C (5-8)                                                                          | 3,32     | 0,1146  | 57,78   | 14,407    | 3,21  | 2,14               |
| E (5-8)                                                                          | 3,98     | 0,1146  | 46,72   | 19,598    | 3,87  | 2,41               |
| F (1-4)                                                                          | 4,09     | 0,1146  | 52,87   | 20,474    | 3,98  | 2,45               |
| G (4-8)                                                                          | 5,52     | 0,1146  | 65,16   | 31,899    | 5,41  | 2,81               |
| A' (3-7)                                                                         | 6,67     | 0,1146  | 72,10   | 40,972    | 6,56  | 2,98               |
| C' (1-5)                                                                         | 5,09     | 0,1146  | 75,67   | 28,472    | 4,98  | 2,73               |
| C' (5-8)                                                                         | 3,32     | 0,1146  | 57,78   | 14,407    | 3,21  | 2,14               |
| E' (5-8)                                                                         | 3,98     | 0,1146  | 46,72   | 19,598    | 3,87  | 2,41               |
| F' (1-4)                                                                         | 4,09     | 0,1146  | 52,87   | 20,474    | 3,98  | 2,45               |

Fuente: Elaboración propia

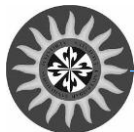


Tabla 3.3.4-46. Refuerzo tentativo muros quinto piso

| REFUERZO TENTATIVO (PASO 1) 5TO PISO |                     |                 |                  |                      |                           |                     |                       |                 |          |                    |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|----------|--------------------|
| 0                                    | 1                   | 2               | 3                | 4                    | 5                         | 6                   | 7                     | 8               | 9        | 10                 |
| MURO                                 | N° Mínimo de Barras | As (cm2) Mínima | Barra inicial N° | N° Barras Requeridas | N° de Barras Suministrada | Barra Definitiva N° | As (cm2) Suministrada | Ae (m2) Asumida | Ae1 (m2) | Ae (m2) Definitiva |
| 5 (A-B)                              | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,772                | 7                         | N°5                 | 13,9                  | 0,20            | 0,14     | 0,20               |
| 5 (D-E)                              | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,506                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,27            | 0,18     | 0,27               |
| 6 (D-E)                              | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,021                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,26            | 0,17     | 0,26               |
| 5 (A'-B')                            | 3                   | 1,42            | N°4              | 6,772                | 7                         | N°5                 | 13,9                  | 0,20            | 0,14     | 0,20               |
| 5 (D'-E')                            | 3                   | 1,89            | N°4              | 9,506                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,27            | 0,18     | 0,27               |
| 6 (D'-E')                            | 3                   | 1,80            | N°4              | 9,021                | 10                        | N°5                 | 19,9                  | 0,26            | 0,17     | 0,26               |
| A (3-7)                              | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,307                | 7                         | N°4                 | 9,0                   | 0,76            | 0,51     | 0,76               |
| C (1-5)                              | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,112                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,58            | 0,39     | 0,58               |
| C (5-8)                              | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,659                | 4                         | N°4                 | 5,2                   | 0,38            | 0,25     | 0,38               |
| E (5-8)                              | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,872                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,46            | 0,30     | 0,46               |
| F (1-4)                              | 5                   | 3,29            | N°4              | 1,901                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,47            | 0,31     | 0,47               |
| G (4-8)                              | 6                   | 4,44            | N°4              | 2,178                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,63            | 0,42     | 0,63               |
| A' (3-7)                             | 7                   | 5,37            | N°4              | 2,307                | 7                         | N°4                 | 9,0                   | 0,76            | 0,51     | 0,76               |
| C' (1-5)                             | 6                   | 4,10            | N°4              | 2,112                | 6                         | N°4                 | 7,7                   | 0,58            | 0,39     | 0,58               |
| C' (5-8)                             | 4                   | 2,67            | N°4              | 1,659                | 4                         | N°4                 | 5,2                   | 0,38            | 0,25     | 0,38               |
| E' (5-8)                             | 5                   | 3,20            | N°4              | 1,872                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,46            | 0,30     | 0,46               |
| F' (1-4)                             | 5                   | 3,29            | N°4              | 1,901                | 5                         | N°4                 | 6,5                   | 0,47            | 0,31     | 0,47               |

Fuente: Elaboración propia

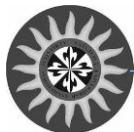


Tabla 3.3.4-47. Capacidad axial muros quinto piso

| CAPACIDAD AXIAL MUROS (M = 0)<br>(PASOS 2 , 3 y 4 ) 5TO PISO |          |          |                  |      |          |                       |          |                         |
|--------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|------|----------|-----------------------|----------|-------------------------|
| 0                                                            | 1        | 2        | 3                | 4    | 5        | 6                     | 7        | 8                       |
| MURO                                                         | Po(Kn )  | fm' · Ae | Po(Kn )<br>(DEF) | Re   | Pn (Kn ) | $\phi \cdot Pn$ (Kn ) | Pu (Kn ) | $Pu \leq \phi \cdot Pn$ |
| 5 (A-B)                                                      | 3422,26  | 3572,61  | 3422,26          | 1,00 | 2737,75  | 2737,75               | 12,41    | OK                      |
| 5 (D-E)                                                      | 4600,60  | 4743,29  | 4600,60          | 1,00 | 3680,39  | 3680,39               | 31,16    | OK                      |
| 6 (D-E)                                                      | 4422,98  | 4521,26  | 4422,98          | 1,00 | 3538,30  | 3538,30               | 16,99    | OK                      |
| 5 (A'-B')                                                    | 3422,26  | 3572,61  | 3422,26          | 1,00 | 2737,75  | 2737,75               | 12,41    | OK                      |
| 5 (D'-E')                                                    | 4600,60  | 4743,29  | 4600,60          | 1,00 | 3680,39  | 3680,39               | 31,16    | OK                      |
| 6 (D'-E')                                                    | 4422,98  | 4521,26  | 4422,98          | 1,00 | 3538,30  | 3538,30               | 16,99    | OK                      |
| A (3-7)                                                      | 11136,84 | 13462,87 | 11136,84         | 1,00 | 8909,27  | 8909,27               | 72,10    | OK                      |
| C (1-5)                                                      | 8533,19  | 10273,77 | 8533,19          | 1,00 | 6826,40  | 6826,40               | 75,67    | OK                      |
| C (5-8)                                                      | 5570,38  | 6701,16  | 5570,38          | 1,00 | 4456,20  | 4456,20               | 57,78    | OK                      |
| E (5-8)                                                      | 6688,47  | 8033,32  | 6688,47          | 1,00 | 5350,65  | 5350,65               | 46,72    | OK                      |
| F (1-4)                                                      | 6866,09  | 8255,34  | 6866,09          | 1,00 | 5492,75  | 5492,75               | 52,87    | OK                      |
| G (4-8)                                                      | 9227,52  | 11141,69 | 9227,52          | 1,00 | 7381,85  | 7381,85               | 65,16    | OK                      |
| A' (3-7)                                                     | 11136,84 | 13462,87 | 11136,84         | 1,00 | 8909,27  | 8909,27               | 72,10    | OK                      |
| C' (1-5)                                                     | 8533,19  | 10273,77 | 8533,19          | 1,00 | 6826,40  | 6826,40               | 75,67    | OK                      |
| C' (5-8)                                                     | 5570,38  | 6701,16  | 5570,38          | 1,00 | 4456,20  | 4456,20               | 57,78    | OK                      |
| E' (5-8)                                                     | 6688,47  | 8033,32  | 6688,47          | 1,00 | 5350,65  | 5350,65               | 46,72    | OK                      |
| F' (1-4)                                                     | 6866,09  | 8255,34  | 6866,09          | 1,00 | 5492,75  | 5492,75               | 52,87    | OK                      |

Fuente: Elaboración propia

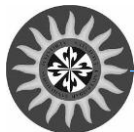


Tabla 3.3.4-48. Localización de barras muros quinto piso

| LOCALIZACION DE LAS BARRAS DE REFUERZO<br>(PERALTES di ) 5TO PISO |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0                                                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| MURO                                                              | B10   | B9    | B8    | B7    | B6    | B5    | B4    | B3    | B2    | B1    |
| 5 (A-B)                                                           |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D-E)                                                           | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D-E)                                                           | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (A'-B')                                                         |       |       |       | 1,770 | 0,911 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 5 (D'-E')                                                         | 2,350 | 1,949 | 1,540 | 1,289 | 1,189 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| 6 (D'-E')                                                         | 2,240 | 2,161 | 1,989 | 1,831 | 1,659 | 0,739 | 0,581 | 0,409 | 0,251 | 0,100 |
| A (3-7)                                                           |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C (1-5)                                                           |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C (5-8)                                                           |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E (5-8)                                                           |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F (1-4)                                                           |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |
| G (4-8)                                                           |       |       |       |       | 5,520 | 4,400 | 3,400 | 2,300 | 1,200 | 0,100 |
| A' (3-7)                                                          |       |       |       | 6,500 | 5,500 | 4,500 | 3,500 | 2,500 | 1,300 | 0,100 |
| C' (1-5)                                                          |       |       |       |       | 5,090 | 4,090 | 3,090 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| C' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       |       | 3,320 | 2,120 | 1,300 | 0,100 |
| E' (5-8)                                                          |       |       |       |       |       | 3,980 | 3,100 | 2,100 | 1,100 | 0,100 |
| F' (1-4)                                                          |       |       |       |       |       | 4,090 | 3,090 | 2,300 | 1,300 | 0,100 |

Fuente: Elaboración propia

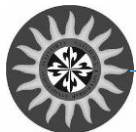


Tabla 3.3.4-49. Iteración valores de C muros quinto piso

| <i>Cm</i> | <i>Cm + <math>\Sigma FSi = Pn = 0</math></i> | <i>ITERACION ©</i> | <i>CUMPLE?</i> |
|-----------|----------------------------------------------|--------------------|----------------|
| 626,50    | 0,00                                         | 0,43               | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47               | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47               | OK             |
| 626,50    | 0,00                                         | 0,43               | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47               | OK             |
| 2145,90   | 0,00                                         | 1,47               | OK             |
| 948,15    | 0,00                                         | 0,65               | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,45               | OK             |
| 216,72    | 0,00                                         | 0,15               | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28               | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28               | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,45               | OK             |
| 948,15    | 0,00                                         | 0,65               | OK             |
| 650,16    | 0,00                                         | 0,45               | OK             |
| 216,72    | 0,00                                         | 0,15               | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28               | OK             |
| 406,35    | 0,00                                         | 0,28               | OK             |

Fuente: Elaboración propia

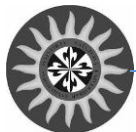


Tabla 3.3.4-50. Capacidad a flexión muros quinto piso

| CAPACIDAD A FLEXION MUROS (P = 0)<br>(PASOS 5 y 6) 5TO PISO |               |                            |              |               |                               |
|-------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|
| 0                                                           | 1             | 2                          | 3            | 4             | 5                             |
| MURO                                                        | Mn<br>(Kn ·m) | $\phi \cdot Mn$<br>(Kn ·m) | fr<br>(Mpa ) | Mcr<br>(Kn*m) | $\alpha \cdot Mcr$<br>(Kn ·m) |
| 5 (A-B)                                                     | 1972,63       | 1578,11                    | 0,88         | 52,74         | 158,22                        |
| 5 (D-E)                                                     | 6339,51       | 5071,61                    | 0,88         | 92,97         | 278,90                        |
| 6 (D-E)                                                     | 7642,95       | 6114,36                    | 0,88         | 84,47         | 253,40                        |
| 5 (A'-B')                                                   | 1972,63       | 1578,11                    | 0,88         | 52,74         | 158,22                        |
| 5 (D'-E')                                                   | 6339,51       | 5071,61                    | 0,88         | 92,97         | 278,90                        |
| 6 (D'-E')                                                   | 7642,95       | 6114,36                    | 0,88         | 84,47         | 253,40                        |
| A (3-7)                                                     | 8726,47       | 6981,17                    | 0,88         | 748,94        | 2246,83                       |
| C (1-5)                                                     | 4873,29       | 3898,63                    | 0,88         | 436,15        | 1308,44                       |
| C (5-8)                                                     | 1425,33       | 1140,27                    | 0,88         | 185,56        | 556,67                        |
| E (5-8)                                                     | 2709,64       | 2167,71                    | 0,88         | 266,66        | 799,99                        |
| F (1-4)                                                     | 2845,09       | 2276,07                    | 0,88         | 281,61        | 844,82                        |
| G (4-8)                                                     | 5312,15       | 4249,72                    | 0,88         | 512,95        | 1538,85                       |
| A' (3-7)                                                    | 8726,47       | 6981,17                    | 0,88         | 748,94        | 2246,83                       |
| C' (1-5)                                                    | 4873,29       | 3898,63                    | 0,88         | 436,15        | 1308,44                       |
| C' (5-8)                                                    | 1425,33       | 1140,27                    | 0,88         | 185,56        | 556,67                        |
| E' (5-8)                                                    | 2709,64       | 2167,71                    | 0,88         | 266,66        | 799,99                        |
| F' (1-4)                                                    | 2845,09       | 2276,07                    | 0,88         | 281,61        | 844,82                        |

Fuente: Elaboración propia

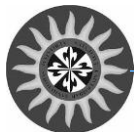


Tabla 3.3.4-51. Profundidad del bloque para condiciones balanceadas muros quinto piso

| VALOR DE C BALANCEADO Y ESFUERZOS EN LAS BARRAS<br>(PASO 7) 5TO PISO |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 0                                                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9   | 10  | 11  |
| MURO                                                                 | Cb   | B10  | B9   | B8   | B7   | B6   | B5   | B4   | B3  | B2  | B1  |
| 5 (A-B)                                                              | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174  | 265  | 364 | 420 | 420 |
| 5 (D-E)                                                              | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279  | 348  | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D-E)                                                              | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263  | 335  | 414 | 420 | 420 |
| 5 (A'-B')                                                            | 1,04 |      |      |      | -420 | 75   | 174  | 265  | 364 | 420 | 420 |
| 5 (D'-E')                                                            | 1,38 | -420 | -246 | -68  | 41   | 84   | 279  | 348  | 422 | 420 | 420 |
| 6 (D'-E')                                                            | 1,32 | -420 | -384 | -306 | -234 | -155 | 263  | 335  | 414 | 420 | 420 |
| A (3-7)                                                              | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C (1-5)                                                              | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C (5-8)                                                              | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E (5-8)                                                              | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F (1-4)                                                              | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |
| G (4-8)                                                              | 3,25 |      |      |      |      | -420 | -213 | -28  | 175 | 378 | 420 |
| A' (3-7)                                                             | 3,82 |      |      |      | -420 | -263 | -106 | 51   | 208 | 396 | 420 |
| C' (1-5)                                                             | 2,99 |      |      |      |      | -420 | -220 | -19  | 179 | 380 | 420 |
| C' (5-8)                                                             | 1,95 |      |      |      |      |      |      | -420 | -51 | 201 | 420 |
| E' (5-8)                                                             | 2,34 |      |      |      |      |      | -420 | -194 | 62  | 318 | 420 |
| F' (1-4)                                                             | 2,41 |      |      |      |      |      | -420 | -171 | 26  | 276 | 420 |

Fuente: Elaboración propia

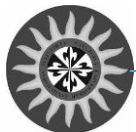


Tabla 3.3.4-52. Condiciones de carga balanceadas muros quinto piso

| CARGA AXIAL Y MOMENTO BALANCEADO<br>(PASOS 7, 8, 9 y 10) 5TO PISO |         |              |               |                |
|-------------------------------------------------------------------|---------|--------------|---------------|----------------|
| 0                                                                 | 1       | 2            | 3             | 4              |
| MURO                                                              | Pb      | Pbu<br>(Kn ) | Mb<br>(Kn ·m) | Mbu<br>(Kn ·m) |
| 5 (A-B)                                                           | 1519,00 | 1215,20      | 575,99        | 460,8          |
| 5 (D-E)                                                           | 2016,77 | 1613,42      | 493,28        | 394,6          |
| 6 (D-E)                                                           | 1920,57 | 1536,46      | 1282,30       | 1025,8         |
| 5 (A'-B')                                                         | 1519,00 | 1215,20      | 575,99        | 460,8          |
| 5 (D'-E')                                                         | 2016,77 | 1613,42      | 493,28        | 394,6          |
| 6 (D'-E')                                                         | 1920,57 | 1536,46      | 1282,30       | 1025,8         |
| A (3-7)                                                           | 5575,77 | 4460,61      | 5659,93       | 4527,9         |
| C (1-5)                                                           | 4366,27 | 3493,02      | 3296,61       | 2637,3         |
| C (5-8)                                                           | 2847,85 | 2278,28      | 1163,41       | 930,7          |
| E (5-8)                                                           | 3414,01 | 2731,21      | 1644,32       | 1315,5         |
| F (1-4)                                                           | 3508,34 | 2806,67      | 1803,74       | 1443,0         |
| G (4-8)                                                           | 4735,13 | 3788,11      | 4081,13       | 3264,9         |
| A' (3-7)                                                          | 5575,77 | 4460,61      | 5659,93       | 4527,9         |
| C' (1-5)                                                          | 4366,27 | 3493,02      | 3296,61       | 2637,3         |
| C' (5-8)                                                          | 2847,85 | 2278,28      | 1163,41       | 930,7          |
| E' (5-8)                                                          | 3414,01 | 2731,21      | 1644,32       | 1315,5         |
| F' (1-4)                                                          | 3508,34 | 2806,67      | 1803,74       | 1443,0         |

Fuente: Elaboración propia

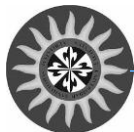


Tabla 3.3.4-53. Parámetros diagrama de interacción muros quinto piso

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>(PASO 11) 5TO PISO |                           |                          |                             |                            |                        |                                |                             |                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 0                                                                     | 1                         | 2                        | 3                           | 4                          | 5                      | 6                              | 7                           | 8                                                         |
| MURO                                                                  | $\phi \cdot P_n$<br>(Kn ) | P <sub>bu</sub><br>(Kn ) | $\phi \cdot M_n$<br>(Kn ·m) | M <sub>bu</sub><br>(Kn ·m) | $P_u > \phi \cdot P_b$ | M <sub>u</sub><br>Suministrado | M <sub>u</sub><br>Requerido | M <sub>u</sub> Suministrado<br>> M <sub>u</sub> Requerido |
| 5 (A-B)                                                               | 2737,75                   | 1215,20                  | 1578,11                     | 460,8                      | NO                     | 1566,69                        | 30,367                      | OK                                                        |
| 5 (D-E)                                                               | 3680,39                   | 1613,42                  | 5071,61                     | 394,6                      | NO                     | 4981,29                        | 57,565                      | OK                                                        |
| 6 (D-E)                                                               | 3538,30                   | 1536,46                  | 6114,36                     | 1025,8                     | NO                     | 6058,10                        | 51,940                      | OK                                                        |
| 5 (A'-B')                                                             | 2737,75                   | 1215,20                  | 1578,11                     | 460,8                      | NO                     | 1566,69                        | 30,367                      | OK                                                        |
| 5 (D'-E')                                                             | 3680,39                   | 1613,42                  | 5071,61                     | 394,6                      | NO                     | 4981,29                        | 57,565                      | OK                                                        |
| 6 (D'-E')                                                             | 3538,30                   | 1536,46                  | 6114,36                     | 1025,8                     | NO                     | 6058,10                        | 51,940                      | OK                                                        |
| A (3-7)                                                               | 8909,27                   | 4460,61                  | 6981,17                     | 4527,9                     | NO                     | 6941,52                        | 40,972                      | OK                                                        |
| C (1-5)                                                               | 6826,40                   | 3493,02                  | 3898,63                     | 2637,3                     | NO                     | 3871,31                        | 28,472                      | OK                                                        |
| C (5-8)                                                               | 4456,20                   | 2278,28                  | 1140,27                     | 930,7                      | NO                     | 1134,95                        | 14,407                      | OK                                                        |
| E (5-8)                                                               | 5350,65                   | 2731,21                  | 2167,71                     | 1315,5                     | NO                     | 2153,13                        | 19,598                      | OK                                                        |
| F (1-4)                                                               | 5492,75                   | 2806,67                  | 2276,07                     | 1443,0                     | NO                     | 2260,38                        | 20,474                      | OK                                                        |
| G (4-8)                                                               | 7381,85                   | 3788,11                  | 4249,72                     | 3264,9                     | NO                     | 4232,78                        | 31,899                      | OK                                                        |
| A' (3-7)                                                              | 8909,27                   | 4460,61                  | 6981,17                     | 4527,9                     | NO                     | 6941,52                        | 40,972                      | OK                                                        |
| C' (1-5)                                                              | 6826,40                   | 3493,02                  | 3898,63                     | 2637,3                     | NO                     | 3871,31                        | 28,472                      | OK                                                        |
| C' (5-8)                                                              | 4456,20                   | 2278,28                  | 1140,27                     | 930,7                      | NO                     | 1134,95                        | 14,407                      | OK                                                        |
| E' (5-8)                                                              | 5350,65                   | 2731,21                  | 2167,71                     | 1315,5                     | NO                     | 2153,13                        | 19,598                      | OK                                                        |
| F' (1-4)                                                              | 5492,75                   | 2806,67                  | 2276,07                     | 1443,0                     | NO                     | 2260,38                        | 20,474                      | OK                                                        |

Fuente: Elaboración propia

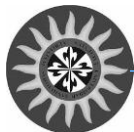
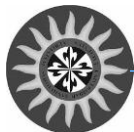


Tabla 3.3.4-54. Verificación elementos de borde quinto piso

| VERIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE BORDE<br>(PASO 11) 5TO PISO |          |        |            |                    |                                    |                                             |                           |
|--------------------------------------------------------------|----------|--------|------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| 0                                                            | 1        | 2      | 3          | 4                  | 5                                  | 6                                           | 7                         |
| MURO                                                         | A<br>(m) | S (m3) | fm (Kn/m2) | 0,3*f'm<br>(Kn/m2) | REQUIERE<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE? | LONGITUD<br>DE LOS<br>ELEMENTOS<br>DE BORDE | ESPACIAMIENTO<br>ESTRIBOS |
| 5 (A-B)                                                      | 0,20     | 0,06   | 568,59     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (D-E)                                                      | 0,27     | 0,11   | 661,34     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 6 (D-E)                                                      | 0,26     | 0,10   | 608,05     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (A'-B')                                                    | 0,20     | 0,06   | 568,59     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 5 (D'-E')                                                    | 0,27     | 0,11   | 661,34     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| 6 (D'-E')                                                    | 0,26     | 0,10   | 608,05     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| A (3-7)                                                      | 0,76     | 0,85   | 142,52     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C (1-5)                                                      | 0,58     | 0,49   | 187,24     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C (5-8)                                                      | 0,38     | 0,21   | 220,26     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| E (5-8)                                                      | 0,46     | 0,30   | 167,18     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| F (1-4)                                                      | 0,47     | 0,32   | 176,85     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| G (4-8)                                                      | 0,63     | 0,58   | 157,80     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| A' (3-7)                                                     | 0,76     | 0,85   | 142,52     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C' (1-5)                                                     | 0,58     | 0,49   | 187,24     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| C' (5-8)                                                     | 0,38     | 0,21   | 220,26     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| E' (5-8)                                                     | 0,46     | 0,30   | 167,18     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |
| F' (1-4)                                                     | 0,47     | 0,32   | 176,85     | 5283,09            | NO                                 | N/A                                         | 0                         |

Fuente: Elaboración propia



### 3.3.5. Diseño a cortante de los muros Estructurales

A continuación se presenta tabulado el diseño a cortante de los muros estructurales por piso:

Tabla 3.3.5-1. Requerimiento de refuerzo a cortante muros primer piso

| DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DEL REFUERZO A<br>CORTANTE DE LOS MUROS 1 PISO |          |         |         |       |         |         |                      |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|-------|---------|---------|----------------------|--------------------|
| 0                                                                              | 1        | 2       | 3       | 4     | 5       | 6       | 7                    | 8                  |
| MURO                                                                           | LONG (m) | Ae (m2) | Vu (Kn) | d (m) | Mu/Vu*d | Vm (Kn) | $\phi \cdot Vm$ (Kn) | Requiere Refuerzo? |
| 5 (A-B)                                                                        | 1,77     | 0,204   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 15,71   | 9,42                 | SI                 |
| 5 (D-E)                                                                        | 2,35     | 0,270   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 24,53   | 14,72                | SI                 |
| 6 (D-E)                                                                        | 2,24     | 0,258   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 20,20   | 12,12                | SI                 |
| 5 (A'-B')                                                                      | 1,77     | 0,204   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 15,71   | 9,42                 | SI                 |
| 5 (D'-E')                                                                      | 2,35     | 0,270   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 24,53   | 14,72                | SI                 |
| 6 (D'-E')                                                                      | 2,24     | 0,258   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 20,20   | 12,12                | SI                 |
| A (3-7)                                                                        | 6,67     | 0,767   | 20,80   | 5,34  | 0,37    | 89,82   | 53,89                | NO                 |
| C (1-5)                                                                        | 5,09     | 0,585   | 13,55   | 4,07  | 0,52    | 101,56  | 60,93                | NO                 |
| C (5-8)                                                                        | 3,32     | 0,382   | 6,86    | 2,66  | 0,79    | 64,62   | 38,77                | NO                 |
| E (5-8)                                                                        | 3,98     | 0,458   | 8,59    | 3,18  | 0,72    | 78,31   | 46,98                | NO                 |
| F (1-4)                                                                        | 4,09     | 0,470   | 8,83    | 3,27  | 0,71    | 98,28   | 58,97                | NO                 |
| G (4-8)                                                                        | 5,52     | 0,635   | 13,29   | 4,42  | 0,54    | 70,37   | 42,22                | NO                 |
| A' (3-7)                                                                       | 6,67     | 0,767   | 17,07   | 5,34  | 0,45    | 89,79   | 53,87                | NO                 |
| C' (1-5)                                                                       | 5,09     | 0,585   | 11,86   | 4,07  | 0,59    | 101,53  | 60,92                | NO                 |
| C' (5-8)                                                                       | 3,32     | 0,382   | 6,00    | 2,66  | 0,90    | 64,60   | 38,76                | NO                 |
| E' (5-8)                                                                       | 3,98     | 0,458   | 8,17    | 3,18  | 0,75    | 78,30   | 46,98                | NO                 |
| F' (1-4)                                                                       | 4,09     | 0,470   | 8,53    | 3,27  | 0,73    | 98,28   | 58,97                | NO                 |

Fuente: Elaboración propia

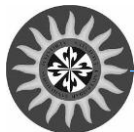


Tabla 3.3.5-2. Diseño a cortante muros primer piso

| DISEÑO A CORTANTE 1 PISO |                                 |        |                 |                              |             |                  |
|--------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|------------------------------|-------------|------------------|
| 0                        | 1                               | 2      | 3               | 4                            | 5           | 6                |
| MURO                     | REFUERZO EN UNIDADES ESPECIALES |        | ACERO EN JUNTAS | VERIFICACION ROTULA PLASTICA |             |                  |
|                          | Vs (cm)                         | S (cm) | S (cm)          | Vn (Kn)                      | Vn (Máximo) | Rótula Plástica? |
| 5 (A-B)                  | 28,9                            | 3      | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D-E)                  | 54,8                            | 2      | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D-E)                  | 36,1                            | 3      | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| 5 (A'-B')                | 28,9                            | 3      | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D'-E')                | 54,8                            | 2      | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D'-E')                | 36,1                            | 3      | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| A (3-7)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,54                         | 1,53        | NO               |
| C (1-5)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,41                         | 1,08        | NO               |
| C (5-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,61        | NO               |
| E (5-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,32                         | 0,76        | NO               |
| F (1-4)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,33                         | 0,78        | NO               |
| G (4-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,44                         | 1,16        | NO               |
| A' (3-7)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,54                         | 1,47        | NO               |
| C' (1-5)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,41                         | 1,04        | NO               |
| C' (5-8)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,56        | NO               |
| E' (5-8)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,32                         | 0,74        | NO               |
| F' (1-4)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,33                         | 0,77        | NO               |

Fuente: Elaboración propia

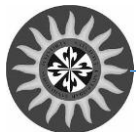
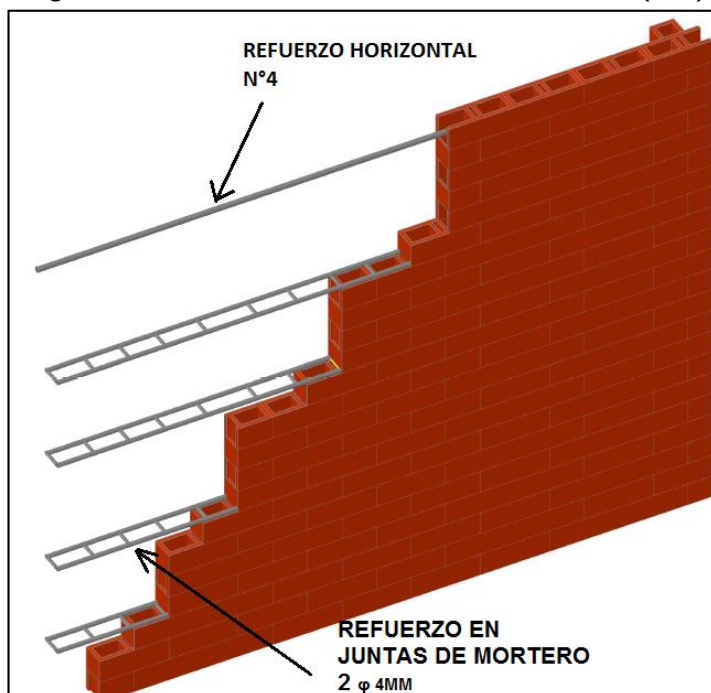
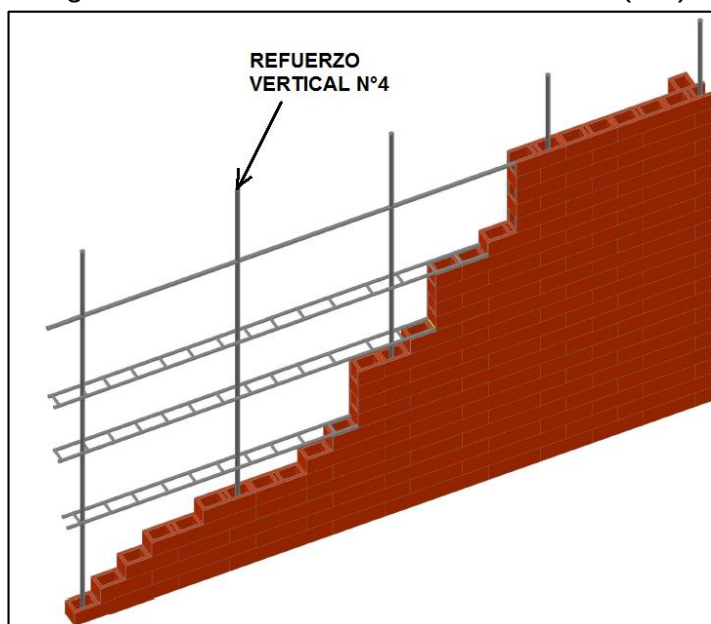


Figura 3.3.5-1. Refuerzo Horizontal muro F (1-4)



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3.5-2. Refuerzo Vertical muro F (1-4)



Fuente: Elaboración propia

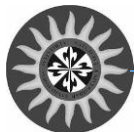


Tabla 3.3.5-3. Requerimiento de refuerzo a cortante muros segundo piso

| DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DEL REFUERZO A CORTANTE DE LOS MUROS 2 PISO |          |         |         |       |         |         |                      |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|-------|---------|---------|----------------------|--------------------|
| 0                                                                           | 1        | 2       | 3       | 4     | 5       | 6       | 7                    | 8                  |
| MURO                                                                        | LONG (m) | Ae (m2) | Vu (Kn) | d (m) | Mu/Vu*d | Vm (Kn) | $\phi \cdot Vm$ (Kn) | Requiere Refuerzo? |
| 5 (A-B)                                                                     | 1,77     | 0,203   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 12,59   | 7,56                 | SI                 |
| 5 (D-E)                                                                     | 2,35     | 0,270   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 20,40   | 12,24                | SI                 |
| 6 (D-E)                                                                     | 2,24     | 0,257   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 16,26   | 9,76                 | SI                 |
| 5 (A'-B')                                                                   | 1,77     | 0,203   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 12,59   | 7,56                 | SI                 |
| 5 (D'-E')                                                                   | 2,35     | 0,270   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 20,40   | 12,24                | SI                 |
| 6 (D'-E')                                                                   | 2,24     | 0,257   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 16,26   | 9,76                 | SI                 |
| A (3-7)                                                                     | 6,67     | 0,766   | 20,80   | 5,34  | 0,37    | 72,08   | 43,25                | NO                 |
| C (1-5)                                                                     | 5,09     | 0,585   | 13,55   | 4,07  | 0,52    | 81,05   | 48,63                | NO                 |
| C (5-8)                                                                     | 3,32     | 0,381   | 6,86    | 2,66  | 0,79    | 52,16   | 31,30                | NO                 |
| E (5-8)                                                                     | 3,98     | 0,457   | 8,59    | 3,18  | 0,72    | 61,76   | 37,05                | NO                 |
| F (1-4)                                                                     | 4,09     | 0,470   | 8,83    | 3,27  | 0,71    | 77,13   | 46,28                | NO                 |
| G (4-8)                                                                     | 5,52     | 0,634   | 13,29   | 4,42  | 0,54    | 57,01   | 34,21                | NO                 |
| A' (3-7)                                                                    | 6,67     | 0,766   | 17,07   | 5,34  | 0,45    | 72,05   | 43,23                | NO                 |
| C' (1-5)                                                                    | 5,09     | 0,585   | 11,86   | 4,07  | 0,59    | 81,02   | 48,61                | NO                 |
| C' (5-8)                                                                    | 3,32     | 0,381   | 6,00    | 2,66  | 0,90    | 52,14   | 31,28                | NO                 |
| E' (5-8)                                                                    | 3,98     | 0,457   | 8,17    | 3,18  | 0,75    | 61,75   | 37,05                | NO                 |
| F' (1-4)                                                                    | 4,09     | 0,470   | 8,53    | 3,27  | 0,73    | 77,12   | 46,27                | NO                 |

Fuente: Elaboración propia

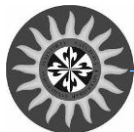


Tabla 3.3.5-4. Diseño a cortante muros segundo piso

| DISEÑO A CORTANTE 2 PISO |                                 |        |                 |                              |             |                  |
|--------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|------------------------------|-------------|------------------|
| 0                        | 1                               | 2      | 3               | 4                            | 5           | 6                |
| MURO                     | REFUERZO EN UNIDADES ESPECIALES |        | ACERO EN JUNTAS | VERIFICACION ROTULA PLASTICA |             |                  |
|                          | Vs (cm)                         | S (cm) | S (cm)          | Vn (Kn)                      | Vn (Máximo) | Rótula Plástica? |
| 5 (A-B)                  | 28,904                          | 2,654  | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D-E)                  | 54,793                          | 1,859  | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D-E)                  | 36,069                          | 2,692  | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| 5 (A'-B')                | 28,904                          | 2,654  | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D'-E')                | 54,793                          | 1,859  | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D'-E')                | 36,069                          | 2,692  | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| A (3-7)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,54                         | 1,53        | NO               |
| C (1-5)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,41                         | 1,08        | NO               |
| C (5-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,61        | NO               |
| E (5-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,32                         | 0,76        | NO               |
| F (1-4)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,33                         | 0,78        | NO               |
| G (4-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,44                         | 1,16        | NO               |
| A' (3-7)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,54                         | 1,47        | NO               |
| C' (1-5)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,41                         | 1,04        | NO               |
| C' (5-8)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,56        | NO               |
| E' (5-8)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,32                         | 0,74        | NO               |
| F' (1-4)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,33                         | 0,77        | NO               |

Fuente: Elaboración propia

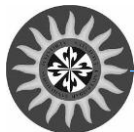


Tabla 3.3.5-5. Requerimiento de refuerzo a cortante muros tercer piso

| DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DEL REFUERZO A CORTANTE DE LOS MUROS 3 PISO |          |         |         |       |         |         |                      |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|-------|---------|---------|----------------------|--------------------|
| 0                                                                           | 1        | 2       | 3       | 4     | 5       | 6       | 7                    | 8                  |
| MURO                                                                        | LONG (m) | Ae (m2) | Vu (Kn) | d (m) | Mu/Vu*d | Vm (Kn) | $\phi \cdot Vm$ (Kn) | Requiere Refuerzo? |
| 5 (A-B)                                                                     | 1,77     | 0,203   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 9,48    | 5,69                 | SI                 |
| 5 (D-E)                                                                     | 2,35     | 0,270   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 16,27   | 9,76                 | SI                 |
| 6 (D-E)                                                                     | 2,24     | 0,257   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 12,32   | 7,39                 | SI                 |
| 5 (A'-B')                                                                   | 1,77     | 0,203   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 9,48    | 5,69                 | SI                 |
| 5 (D'-E')                                                                   | 2,35     | 0,270   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 16,27   | 9,76                 | SI                 |
| 6 (D'-E')                                                                   | 2,24     | 0,257   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 12,32   | 7,39                 | SI                 |
| A (3-7)                                                                     | 6,67     | 0,766   | 20,80   | 5,34  | 0,37    | 54,36   | 32,61                | NO                 |
| C (1-5)                                                                     | 5,09     | 0,584   | 13,55   | 4,07  | 0,52    | 60,55   | 36,33                | NO                 |
| C (5-8)                                                                     | 3,32     | 0,381   | 6,86    | 2,66  | 0,79    | 39,71   | 23,82                | NO                 |
| E (5-8)                                                                     | 3,98     | 0,457   | 8,59    | 3,18  | 0,72    | 45,21   | 27,13                | NO                 |
| F (1-4)                                                                     | 4,09     | 0,470   | 8,83    | 3,27  | 0,71    | 55,97   | 33,58                | NO                 |
| G (4-8)                                                                     | 5,52     | 0,634   | 13,29   | 4,42  | 0,54    | 43,66   | 26,20                | NO                 |
| A' (3-7)                                                                    | 6,67     | 0,766   | 17,07   | 5,34  | 0,45    | 54,32   | 32,59                | NO                 |
| C' (1-5)                                                                    | 5,09     | 0,584   | 11,86   | 4,07  | 0,59    | 60,52   | 36,31                | NO                 |
| C' (5-8)                                                                    | 3,32     | 0,381   | 6,00    | 2,66  | 0,90    | 39,68   | 23,81                | NO                 |
| E' (5-8)                                                                    | 3,98     | 0,457   | 8,17    | 3,18  | 0,75    | 45,20   | 27,12                | NO                 |
| F' (1-4)                                                                    | 4,09     | 0,470   | 8,53    | 3,27  | 0,73    | 55,97   | 33,58                | NO                 |

Fuente: Elaboración propia

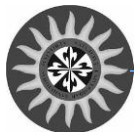


Tabla 3.3.5-6. Diseño a cortante muros tercer piso

| DISEÑO A CORTANTE 3 PISO |                                 |        |                 |                              |             |                  |
|--------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|------------------------------|-------------|------------------|
| 0                        | 1                               | 2      | 3               | 4                            | 5           | 6                |
| MURO                     | REFUERZO EN UNIDADES ESPECIALES |        | ACERO EN JUNTAS | VERIFICACION ROTULA PLASTICA |             |                  |
|                          | Vs (cm)                         | S (cm) | S (cm)          | Vn (Kn)                      | Vn (Máximo) | Rótula Plástica? |
| 5 (A-B)                  | 28,904                          | 2,654  | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D-E)                  | 54,793                          | 1,859  | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D-E)                  | 36,069                          | 2,692  | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| 5 (A'-B')                | 28,904                          | 2,654  | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D'-E')                | 54,793                          | 1,859  | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D'-E')                | 36,069                          | 2,692  | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| A (3-7)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,54                         | 1,53        | NO               |
| C (1-5)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,41                         | 1,08        | NO               |
| C (5-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,60        | NO               |
| E (5-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,32                         | 0,76        | NO               |
| F (1-4)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,33                         | 0,78        | NO               |
| G (4-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,44                         | 1,16        | NO               |
| A' (3-7)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,54                         | 1,47        | NO               |
| C' (1-5)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,41                         | 1,04        | NO               |
| C' (5-8)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,56        | NO               |
| E' (5-8)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,32                         | 0,74        | NO               |
| F' (1-4)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,33                         | 0,77        | NO               |

Fuente: Elaboración propia

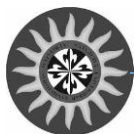


Tabla 3.3.5-7. Requerimiento de refuerzo a cortante muros cuarto piso

| DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DEL REFUERZO A CORTANTE DE LOS MUROS 4 PISO |          |         |         |       |         |         |                      |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|-------|---------|---------|----------------------|--------------------|
| 0                                                                           | 1        | 2       | 3       | 4     | 5       | 6       | 7                    | 8                  |
| MURO                                                                        | LONG (m) | Ae (m2) | Vu (Kn) | d (m) | Mu/Vu*d | Vm (Kn) | $\phi \cdot Vm$ (Kn) | Requiere Refuerzo? |
| 5 (A-B)                                                                     | 1,77     | 0,203   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 6,38    | 3,83                 | SI                 |
| 5 (D-E)                                                                     | 2,35     | 0,270   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 12,15   | 7,29                 | SI                 |
| 6 (D-E)                                                                     | 2,24     | 0,257   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 8,39    | 5,03                 | SI                 |
| 5 (A'-B')                                                                   | 1,77     | 0,203   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 6,38    | 3,83                 | SI                 |
| 5 (D'-E')                                                                   | 2,35     | 0,270   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 12,15   | 7,29                 | SI                 |
| 6 (D'-E')                                                                   | 2,24     | 0,257   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 8,39    | 5,03                 | SI                 |
| A (3-7)                                                                     | 6,67     | 0,765   | 20,80   | 5,34  | 0,37    | 36,64   | 21,98                | NO                 |
| C (1-5)                                                                     | 5,09     | 0,584   | 13,55   | 4,07  | 0,52    | 40,05   | 24,03                | NO                 |
| C (5-8)                                                                     | 3,32     | 0,381   | 6,86    | 2,66  | 0,79    | 27,25   | 16,35                | NO                 |
| E (5-8)                                                                     | 3,98     | 0,457   | 8,59    | 3,18  | 0,72    | 28,67   | 17,20                | NO                 |
| F (1-4)                                                                     | 4,09     | 0,469   | 8,83    | 3,27  | 0,71    | 34,83   | 20,90                | NO                 |
| G (4-8)                                                                     | 5,52     | 0,633   | 13,29   | 4,42  | 0,54    | 30,32   | 18,19                | NO                 |
| A' (3-7)                                                                    | 6,67     | 0,765   | 17,07   | 5,34  | 0,45    | 36,61   | 21,96                | NO                 |
| C' (1-5)                                                                    | 5,09     | 0,584   | 11,86   | 4,07  | 0,59    | 40,03   | 24,02                | NO                 |
| C' (5-8)                                                                    | 3,32     | 0,381   | 6,00    | 2,66  | 0,90    | 27,23   | 16,34                | NO                 |
| E' (5-8)                                                                    | 3,98     | 0,457   | 8,17    | 3,18  | 0,75    | 28,66   | 17,20                | NO                 |
| F' (1-4)                                                                    | 4,09     | 0,469   | 8,53    | 3,27  | 0,73    | 34,82   | 20,89                | NO                 |

Fuente: Elaboración propia

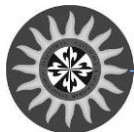


Tabla 3.3.5-8. Diseño a cortante muros cuarto piso

| DISEÑO A CORTANTE 4 PISO |                                 |        |                 |                              |             |                  |
|--------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|------------------------------|-------------|------------------|
| 0                        | 1                               | 2      | 3               | 4                            | 5           | 6                |
| MURO                     | REFUERZO EN UNIDADES ESPECIALES |        | ACERO EN JUNTAS | VERIFICACION ROTULA PLASTICA |             |                  |
|                          | Vs (cm)                         | S (cm) | S (cm)          | Vn (Kn)                      | Vn (Máximo) | Rótula Plástica? |
| 5 (A-B)                  | 28,90                           | 2,65   | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D-E)                  | 54,79                           | 1,86   | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D-E)                  | 36,07                           | 2,69   | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| 5 (A'-B')                | 28,90                           | 2,65   | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D'-E')                | 54,79                           | 1,86   | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D'-E')                | 36,07                           | 2,69   | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| A (3-7)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,54                         | 1,53        | NO               |
| C (1-5)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,41                         | 1,08        | NO               |
| C (5-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,60        | NO               |
| E (5-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,32                         | 0,76        | NO               |
| F (1-4)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,33                         | 0,78        | NO               |
| G (4-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,44                         | 1,16        | NO               |
| A' (3-7)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,54                         | 1,47        | NO               |
| C' (1-5)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,41                         | 1,04        | NO               |
| C' (5-8)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,56        | NO               |
| E' (5-8)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,32                         | 0,74        | NO               |
| F' (1-4)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,33                         | 0,77        | NO               |

Fuente: Elaboración propia

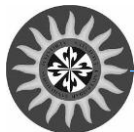


Tabla 3.3.5-9. Requerimiento de refuerzo a cortante muros quinto piso

| DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DEL REFUERZO A CORTANTE DE LOS MUROS 5 PISO |          |         |         |       |         |         |                      |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|---------|---------|-------|---------|---------|----------------------|--------------------|
| 0                                                                           | 1        | 2       | 3       | 4     | 5       | 6       | 7                    | 8                  |
| MURO                                                                        | LONG (m) | Ae (m2) | Vu (Kn) | d (m) | Mu/Vu*d | Vm (Kn) | $\phi \cdot Vm$ (Kn) | Requiere Refuerzo? |
| 5 (A-B)                                                                     | 1,77     | 0,203   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 3,27    | 1,96                 | SI                 |
| 5 (D-E)                                                                     | 2,35     | 0,269   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 8,02    | 4,81                 | SI                 |
| 6 (D-E)                                                                     | 2,24     | 0,257   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 4,46    | 2,68                 | SI                 |
| 5 (A'-B')                                                                   | 1,77     | 0,203   | 17,34   | 1,42  | 1,24    | 3,27    | 1,96                 | SI                 |
| 5 (D'-E')                                                                   | 2,35     | 0,269   | 32,88   | 1,88  | 0,93    | 8,02    | 4,81                 | SI                 |
| 6 (D'-E')                                                                   | 2,24     | 0,257   | 21,64   | 1,79  | 1,34    | 4,46    | 2,68                 | SI                 |
| A (3-7)                                                                     | 6,67     | 0,764   | 20,80   | 5,34  | 0,37    | 18,93   | 11,36                | SI                 |
| C (1-5)                                                                     | 5,09     | 0,583   | 13,55   | 4,07  | 0,52    | 19,56   | 11,74                | SI                 |
| C (5-8)                                                                     | 3,32     | 0,381   | 6,86    | 2,66  | 0,79    | 14,81   | 8,88                 | NO                 |
| E (5-8)                                                                     | 3,98     | 0,456   | 8,59    | 3,18  | 0,72    | 12,13   | 7,28                 | SI                 |
| F (1-4)                                                                     | 4,09     | 0,469   | 8,83    | 3,27  | 0,71    | 13,69   | 8,21                 | SI                 |
| G (4-8)                                                                     | 5,52     | 0,633   | 13,29   | 4,42  | 0,54    | 16,98   | 10,19                | SI                 |
| A' (3-7)                                                                    | 6,67     | 0,764   | 17,07   | 5,34  | 0,45    | 18,90   | 11,34                | SI                 |
| C' (1-5)                                                                    | 5,09     | 0,583   | 11,86   | 4,07  | 0,59    | 19,54   | 11,72                | SI                 |
| C' (5-8)                                                                    | 3,32     | 0,381   | 6,00    | 2,66  | 0,90    | 14,78   | 8,87                 | NO                 |
| E' (5-8)                                                                    | 3,98     | 0,456   | 8,17    | 3,18  | 0,75    | 12,12   | 7,27                 | SI                 |
| F' (1-4)                                                                    | 4,09     | 0,469   | 8,53    | 3,27  | 0,73    | 13,68   | 8,21                 | SI                 |

Fuente: Elaboración propia

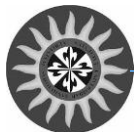
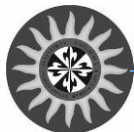


Tabla 3.3.5-10. Diseño a cortante muros quinto piso

| DISEÑO A CORTANTE 5 PISO |                                 |        |                 |                              |             |                  |
|--------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|------------------------------|-------------|------------------|
| 0                        | 1                               | 2      | 3               | 4                            | 5           | 6                |
| MURO                     | REFUERZO EN UNIDADES ESPECIALES |        | ACERO EN JUNTAS | VERIFICACION ROTULA PLASTICA |             |                  |
|                          | Vs (cm)                         | S (cm) | S (cm)          | Vn (Kn)                      | Vn (Máximo) | Rótula Plástica? |
| 5 (A-B)                  | 28,904                          | 2,654  | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D-E)                  | 54,793                          | 1,859  | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D-E)                  | 36,069                          | 2,692  | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| 5 (A'-B')                | 28,904                          | 2,654  | 60              | 0,14                         | 0,28        | NO               |
| 5 (D'-E')                | 54,793                          | 1,859  | 60              | 0,19                         | 0,39        | NO               |
| 6 (D'-E')                | 36,069                          | 2,692  | 60              | 0,18                         | 0,36        | NO               |
| A (3-7)                  | 34,662                          | 8,341  | 60              | 0,53                         | 1,52        | NO               |
| C (1-5)                  | 22,587                          | 9,768  | 60              | 0,41                         | 1,08        | NO               |
| C (5-8)                  | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,60        | NO               |
| E (5-8)                  | 14,324                          | 12,04  | 60              | 0,32                         | 0,76        | NO               |
| F (1-4)                  | 14,721                          | 12,04  | 60              | 0,33                         | 0,78        | NO               |
| G (4-8)                  | 22,15                           | 10,8   | 60              | 0,44                         | 1,15        | NO               |
| A' (3-7)                 | 28,452                          | 10,16  | 60              | 0,53                         | 1,46        | NO               |
| C' (1-5)                 | 19,772                          | 11,16  | 60              | 0,41                         | 1,04        | NO               |
| C' (5-8)                 | 0                               | 230    | 60              | 0,27                         | 0,56        | NO               |
| E' (5-8)                 | 13,609                          | 12,68  | 60              | 0,32                         | 0,74        | NO               |
| F' (1-4)                 | 14,218                          | 12,47  | 60              | 0,33                         | 0,77        | NO               |

Fuente: Elaboración propia



### 3.3.6. Verificación de la cuantía mínima

De acuerdo a lo que establece la NSR-10 en D.7.3.1 A continuación se evaluarán los requisitos mínimos que en cuanto a cuantía la

Tabla 3.3.6-1. Verificación cuantías mínima muros primer piso

| VERIFICACIONES DE LAS CUANTIAS MINIMAS 1er PISO |        |        |                                |                 |                   |                                  |                   |                   |                   |                            |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 0                                               | 1      | 2      | 3                              | 4               | 5                 | 6                                | 7                 | 8                 | 9                 | 10                         |
| MURO                                            | H (cm) | L (cm) | As Vertical (cm <sup>2</sup> ) | $\rho$ Vertical | $\rho_v > 0,0007$ | As Horizontal (cm <sup>2</sup> ) | $\rho$ Horizontal | $\rho_H > 0,0007$ | $\rho_v + \rho_H$ | $\rho_v + \rho_H > 0,0020$ |
| 5 (A-B)                                         | 230    | 177    | 13,90                          | 0,0073          | OK                | 5,16                             | 0,0032            | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D-E)                                         | 230    | 235    | 19,86                          | 0,0077          | OK                | 5,16                             | 0,0024            | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D-E)                                         | 230    | 224    | 19,86                          | 0,0081          | OK                | 5,16                             | 0,0025            | OK                | 0,0106            | OK                         |
| 5 (A'-B')                                       | 230    | 177    | 13,90                          | 0,0073          | OK                | 5,16                             | 0,0032            | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D'-E')                                       | 230    | 235    | 19,86                          | 0,0077          | OK                | 5,16                             | 0,0024            | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D'-E')                                       | 230    | 224    | 19,86                          | 0,0081          | OK                | 5,16                             | 0,0025            | OK                | 0,0106            | OK                         |
| A (3-7)                                         | 230    | 667    | 9,03                           | 0,0012          | OK                | 2,58                             | 0,0070            | OK                | 0,0082            | OK                         |
| C (1-5)                                         | 230    | 509    | 7,74                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0070            | OK                | 0,0084            | OK                         |
| C (5-8)                                         | 230    | 332    | 5,16                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0008            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E (5-8)                                         | 230    | 398    | 6,45                           | 0,0015          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| F (1-4)                                         | 230    | 409    | 6,45                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0070            | OK                | 0,0084            | OK                         |
| G (4-8)                                         | 230    | 552    | 7,74                           | 0,0012          | OK                | 2,58                             | 0,0070            | OK                | 0,0082            | OK                         |
| A' (3-7)                                        | 230    | 667    | 9,03                           | 0,0012          | OK                | 2,58                             | 0,0070            | OK                | 0,0082            | OK                         |
| C' (1-5)                                        | 230    | 509    | 7,74                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0070            | OK                | 0,0084            | OK                         |
| C' (5-8)                                        | 230    | 332    | 5,16                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0008            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E' (5-8)                                        | 230    | 398    | 6,45                           | 0,0015          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| F' (1-4)                                        | 230    | 409    | 6,45                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0070            | OK                | 0,0084            | OK                         |

Fuente: Elaboración propia

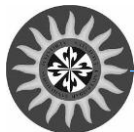


Tabla 3.3.6-2. Verificación cuantías mínimas muros segundo piso

| VERIFICACIONES DE LAS CUANTIAS MINIMAS 2DO PISO |        |        |                                |                 |                   |                                  |                   |                   |                   |                            |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 0                                               | 1      | 2      | 3                              | 4               | 5                 | 6                                | 7                 | 8                 | 9                 | 10                         |
| MURO                                            | H (cm) | L (cm) | As Vertical (cm <sup>2</sup> ) | $\rho$ Vertical | $\rho_v > 0,0007$ | As Horizontal (cm <sup>2</sup> ) | $\rho$ Horizontal | $\rho_H > 0,0007$ | $\rho_v + \rho_H$ | $\rho_v + \rho_H > 0,0020$ |
| 5 (A-B)                                         | 230    | 177    | 13,90                          | 0,0073          | OK                | 5,16                             | 0,0032            | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D-E)                                         | 230    | 235    | 19,86                          | 0,0077          | OK                | 5,16                             | 0,0024            | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D-E)                                         | 230    | 224    | 19,86                          | 0,0081          | OK                | 5,16                             | 0,0025            | OK                | 0,0106            | OK                         |
| 5 (A'-B')                                       | 230    | 177    | 13,90                          | 0,0073          | OK                | 5,16                             | 0,0032            | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D'-E')                                       | 230    | 235    | 19,86                          | 0,0077          | OK                | 5,16                             | 0,0024            | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D'-E')                                       | 230    | 224    | 19,86                          | 0,0081          | OK                | 5,16                             | 0,0025            | OK                | 0,0106            | OK                         |
| A (3-7)                                         | 230    | 667    | 9,03                           | 0,0012          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | NO CUMPLE         | 0,0020            | NO CUMPLE                  |
| C (1-5)                                         | 230    | 509    | 7,74                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | NO CUMPLE         | 0,0021            | OK                         |
| C (5-8)                                         | 230    | 332    | 5,16                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0008            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E (5-8)                                         | 230    | 398    | 6,45                           | 0,0015          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| F (1-4)                                         | 230    | 409    | 6,45                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | NO CUMPLE         | 0,0021            | OK                         |
| G (4-8)                                         | 230    | 552    | 7,74                           | 0,0012          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | NO CUMPLE         | 0,0020            | NO CUMPLE                  |
| A' (3-7)                                        | 230    | 667    | 9,03                           | 0,0012          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | NO CUMPLE         | 0,0020            | NO CUMPLE                  |
| C' (1-5)                                        | 230    | 509    | 7,74                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | NO CUMPLE         | 0,0021            | OK                         |
| C' (5-8)                                        | 230    | 332    | 5,16                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0008            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E' (5-8)                                        | 230    | 398    | 6,45                           | 0,0015          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| F' (1-4)                                        | 230    | 409    | 6,45                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0007            | NO CUMPLE         | 0,0021            | OK                         |

Fuente: Elaboración propia

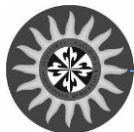


Tabla 3.3.6-3. Verificación cuantía mínima tercer piso

| VERIFICACIONES DE LAS CUANTIAS MINIMAS 3er PISO |        |        |                                |                 |                   |                                  |                   |                   |                   |                            |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 0                                               | 1      | 2      | 3                              | 4               | 5                 | 6                                | 7                 | 8                 | 9                 | 10                         |
| MURO                                            | H (cm) | L (cm) | As Vertical (cm <sup>2</sup> ) | $\rho$ Vertical | $\rho_v > 0,0007$ | As Horizontal (cm <sup>2</sup> ) | $\rho$ Horizontal | $\rho_H > 0,0007$ | $\rho_v + \rho_H$ | $\rho_v + \rho_H > 0,0020$ |
| 5 (A-B)                                         | 230    | 177    | 13,90                          | 0,0073          | OK                | 5,16                             | 0,00317           | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D-E)                                         | 230    | 235    | 19,86                          | 0,0077          | OK                | 5,16                             | 0,00239           | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D-E)                                         | 230    | 224    | 19,86                          | 0,0081          | OK                | 5,16                             | 0,00250           | OK                | 0,0106            | OK                         |
| 5 (A'-B')                                       | 230    | 177    | 13,90                          | 0,0073          | OK                | 5,16                             | 0,00317           | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D'-E')                                       | 230    | 235    | 19,86                          | 0,0077          | OK                | 5,16                             | 0,00239           | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D'-E')                                       | 230    | 224    | 19,86                          | 0,0081          | OK                | 5,16                             | 0,00250           | OK                | 0,0106            | OK                         |
| A (3-7)                                         | 230    | 667    | 9,03                           | 0,0012          | OK                | 2,58                             | 0,00700           | OK                | 0,0082            | OK                         |
| C (1-5)                                         | 230    | 509    | 7,74                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,00700           | OK                | 0,0084            | OK                         |
| C (5-8)                                         | 230    | 332    | 5,16                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,00084           | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E (5-8)                                         | 230    | 398    | 6,45                           | 0,0015          | OK                | 2,58                             | 0,00070           | OK                | 0,0022            | OK                         |
| F (1-4)                                         | 230    | 409    | 6,45                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,00700           | OK                | 0,0084            | OK                         |
| G (4-8)                                         | 230    | 552    | 7,74                           | 0,0012          | OK                | 2,58                             | 0,00700           | OK                | 0,0082            | OK                         |
| A' (3-7)                                        | 230    | 667    | 9,03                           | 0,0012          | OK                | 2,58                             | 0,00700           | OK                | 0,0082            | OK                         |
| C' (1-5)                                        | 230    | 509    | 7,74                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,00700           | OK                | 0,0084            | OK                         |
| C' (5-8)                                        | 230    | 332    | 5,16                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,00084           | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E' (5-8)                                        | 230    | 398    | 6,45                           | 0,0015          | OK                | 2,58                             | 0,00070           | OK                | 0,0022            | OK                         |
| F' (1-4)                                        | 230    | 409    | 6,45                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,00700           | OK                | 0,0084            | OK                         |

Fuente: Elaboración propia

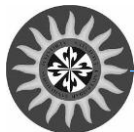


Tabla 3.3.6-4. –verificación cuantía mínima cuarto piso

| VERIFICACIONES DE LAS CUANTIAS MINIMAS 4TO PISO |        |        |                   |                 |                   |                     |                   |                   |                   |                            |
|-------------------------------------------------|--------|--------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 0                                               | 1      | 2      | 3                 | 4               | 5                 | 6                   | 7                 | 8                 | 9                 | 10                         |
| MURO                                            | H (cm) | L (cm) | As Vertical (cm2) | $\rho$ Vertical | $\rho_v > 0,0007$ | As Horizontal (cm2) | $\rho$ Horizontal | $\rho_H > 0,0007$ | $\rho_v + \rho_H$ | $\rho_v + \rho_H > 0,0020$ |
| 5 (A-B)                                         | 230    | 177    | 13,90             | 0,0073          | OK                | 5,16                | 0,0032            | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D-E)                                         | 230    | 235    | 19,86             | 0,0077          | OK                | 5,16                | 0,0024            | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D-E)                                         | 230    | 224    | 19,86             | 0,0081          | OK                | 5,16                | 0,0025            | OK                | 0,0106            | OK                         |
| 5 (A'-B')                                       | 230    | 177    | 13,90             | 0,0073          | OK                | 5,16                | 0,0032            | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D'-E')                                       | 230    | 235    | 19,86             | 0,0077          | OK                | 5,16                | 0,0024            | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D'-E')                                       | 230    | 224    | 19,86             | 0,0081          | OK                | 5,16                | 0,0025            | OK                | 0,0106            | OK                         |
| A (3-7)                                         | 230    | 667    | 9,03              | 0,0012          | OK                | 2,58                | 0,0070            | OK                | 0,0082            | OK                         |
| C (1-5)                                         | 230    | 509    | 7,74              | 0,0014          | OK                | 2,58                | 0,0070            | OK                | 0,0084            | OK                         |
| C (5-8)                                         | 230    | 332    | 5,16              | 0,0014          | OK                | 2,58                | 0,0008            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E (5-8)                                         | 230    | 398    | 6,45              | 0,0015          | OK                | 2,58                | 0,0007            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| F (1-4)                                         | 230    | 409    | 6,45              | 0,0014          | OK                | 2,58                | 0,0070            | OK                | 0,0084            | OK                         |
| G (4-8)                                         | 230    | 552    | 7,74              | 0,0012          | OK                | 2,58                | 0,0070            | OK                | 0,0082            | OK                         |
| A' (3-7)                                        | 230    | 667    | 9,03              | 0,0012          | OK                | 2,58                | 0,0070            | OK                | 0,0082            | OK                         |
| C' (1-5)                                        | 230    | 509    | 7,74              | 0,0014          | OK                | 2,58                | 0,0070            | OK                | 0,0084            | OK                         |
| C' (5-8)                                        | 230    | 332    | 5,16              | 0,0014          | OK                | 2,58                | 0,0008            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E' (5-8)                                        | 230    | 398    | 6,45              | 0,0015          | OK                | 2,58                | 0,0007            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| F' (1-4)                                        | 230    | 409    | 6,45              | 0,0014          | OK                | 2,58                | 0,0070            | OK                | 0,0084            | OK                         |

Fuente: Elaboración propia

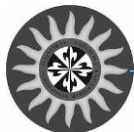


Tabla 3.3.6-5. Verificación cuantía mínima quinto piso

| VERIFICACIONES DE LAS CUANTIAS MINIMAS 5TO PISO |        |        |                                |                 |                   |                                  |                   |                   |                   |                            |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 0                                               | 1      | 2      | 3                              | 4               | 5                 | 6                                | 7                 | 8                 | 9                 | 10                         |
| MURO                                            | H (cm) | L (cm) | As Vertical (cm <sup>2</sup> ) | $\rho$ Vertical | $\rho_v > 0,0007$ | As Horizontal (cm <sup>2</sup> ) | $\rho$ Horizontal | $\rho_H > 0,0007$ | $\rho_v + \rho_H$ | $\rho_v + \rho_H > 0,0020$ |
| 5 (A-B)                                         | 230    | 177    | 13,90                          | 0,0073          | OK                | 5,16                             | 0,0032            | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D-E)                                         | 230    | 235    | 19,86                          | 0,0077          | OK                | 5,16                             | 0,0024            | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D-E)                                         | 230    | 224    | 19,86                          | 0,0081          | OK                | 5,16                             | 0,0025            | OK                | 0,0106            | OK                         |
| 5 (A'-B')                                       | 230    | 177    | 13,90                          | 0,0073          | OK                | 5,16                             | 0,0032            | OK                | 0,0105            | OK                         |
| 5 (D'-E')                                       | 230    | 235    | 19,86                          | 0,0077          | OK                | 5,16                             | 0,0024            | OK                | 0,0101            | OK                         |
| 6 (D'-E')                                       | 230    | 224    | 19,86                          | 0,0081          | OK                | 5,16                             | 0,0025            | OK                | 0,0106            | OK                         |
| A (3-7)                                         | 230    | 0      | 9,03                           | 0,0012          | OK                | 5,16                             | 0,0008            | OK                | 0,0020            | OK                         |
| C (1-5)                                         | 230    | 0      | 7,74                           | 0,0014          | OK                | 5,16                             | 0,0011            | OK                | 0,0025            | OK                         |
| C (5-8)                                         | 230    | 0      | 5,16                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0008            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E (5-8)                                         | 230    | 0      | 6,45                           | 0,0015          | OK                | 5,16                             | 0,0014            | OK                | 0,0029            | OK                         |
| F (1-4)                                         | 230    | 0      | 6,45                           | 0,0014          | OK                | 5,16                             | 0,0014            | OK                | 0,0028            | OK                         |
| G (4-8)                                         | 230    | 0      | 7,74                           | 0,0012          | OK                | 5,16                             | 0,0010            | OK                | 0,0023            | OK                         |
| A' (3-7)                                        | 230    | 0      | 9,03                           | 0,0012          | OK                | 5,16                             | 0,0008            | OK                | 0,0020            | OK                         |
| C' (1-5)                                        | 230    | 0      | 7,74                           | 0,0014          | OK                | 5,16                             | 0,0011            | OK                | 0,0025            | OK                         |
| C' (5-8)                                        | 230    | 0      | 5,16                           | 0,0014          | OK                | 2,58                             | 0,0008            | OK                | 0,0022            | OK                         |
| E' (5-8)                                        | 230    | 0      | 6,45                           | 0,0015          | OK                | 5,16                             | 0,0014            | OK                | 0,0029            | OK                         |
| F' (1-4)                                        | 230    | 0      | 6,45                           | 0,0014          | OK                | 5,16                             | 0,0014            | OK                | 0,0028            | OK                         |

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.7. Refuerzo estructural definitivo

Ya que es requisito cumplir con los requerimientos establecidos en la NSR-10, el refuerzo definitivo para cumplir con las cuantías mínimas es:

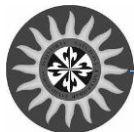


Tabla 3.3.7-1. Refuerzo estructural definitivo muros primer piso

| REFUERZO DEFINITIVO 1er PISO |                          |                            |               |               |              |                     |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|
| 0                            | 1                        | 2                          | 3             | 4             | 5            | 6                   |
| MURO                         | As Vertical Suministrado | As para cumplir $\rho$ min | As Definitivo | Tipo de Barra | Nº de Barras | Nº de celdas llenas |
| 5 (A-B)                      | 13,90                    | 13,90                      | 13,90         | Nº5           | 7            | 9                   |
| 5 (D-E)                      | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 12                  |
| 6 (D-E)                      | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 11                  |
| 5 (A'-B')                    | 13,90                    | 13,90                      | 13,90         | Nº5           | 7            | 9                   |
| 5 (D'-E')                    | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 12                  |
| 6 (D'-E')                    | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 11                  |
| A (3-7)                      | 9,03                     | 9,03                       | 9,03          | Nº4           | 7            | 33                  |
| C (1-5)                      | 7,74                     | 7,74                       | 7,74          | Nº4           | 6            | 25                  |
| C (5-8)                      | 5,16                     | 5,16                       | 5,16          | Nº4           | 4            | 17                  |
| E (5-8)                      | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 20                  |
| F (1-4)                      | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 20                  |
| G (4-8)                      | 7,74                     | 7,74                       | 7,74          | Nº4           | 6            | 28                  |
| A' (3-7)                     | 9,03                     | 9,03                       | 9,03          | Nº4           | 7            | 33                  |
| C' (1-5)                     | 7,74                     | 7,74                       | 7,74          | Nº4           | 6            | 25                  |
| C' (5-8)                     | 5,16                     | 5,16                       | 5,16          | Nº4           | 4            | 17                  |
| E' (5-8)                     | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 20                  |
| F' (1-4)                     | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 20                  |

Fuente: Elaboración propia

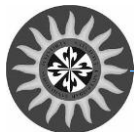


Tabla 3.3.7-2. Refuerzo estructural definitivo muros segundo piso

| REFUERZO DEFINITIVO 2do PISO |                          |                            |               |               |              |                     |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|
| 0                            | 1                        | 2                          | 3             | 4             | 5            | 6                   |
| MURO                         | As Vertical Suministrado | As para cumplir $\rho$ min | As Definitivo | Tipo de Barra | Nº de Barras | Nº de celdas llenas |
| 5 (A-B)                      | 13,90                    | 13,90                      | 13,90         | Nº5           | 7            | 7                   |
| 5 (D-E)                      | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 9                   |
| 6 (D-E)                      | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 9                   |
| 5 (A'-B')                    | 13,90                    | 13,90                      | 13,90         | Nº5           | 7            | 7                   |
| 5 (D'-E')                    | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 9                   |
| 6 (D'-E')                    | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 9                   |
| A (3-7)                      | 9,03                     | 11,93                      | 11,93         | Nº5           | 6            | 27                  |
| C (1-5)                      | 7,74                     | 8,74                       | 8,74          | Nº4           | 7            | 20                  |
| C (5-8)                      | 5,16                     | 5,16                       | 5,16          | Nº4           | 4            | 13                  |
| E (5-8)                      | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 16                  |
| F (1-4)                      | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 16                  |
| G (4-8)                      | 7,74                     | 9,34                       | 9,34          | Nº5           | 5            | 22                  |
| A' (3-7)                     | 9,03                     | 11,93                      | 11,93         | Nº5           | 6            | 27                  |
| C' (1-5)                     | 7,74                     | 8,74                       | 8,74          | Nº4           | 7            | 20                  |
| C' (5-8)                     | 5,16                     | 5,16                       | 5,16          | Nº4           | 4            | 13                  |
| E' (5-8)                     | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 16                  |
| F' (1-4)                     | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 16                  |

Fuente: Elaboración propia

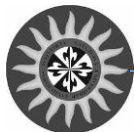


Tabla 3.3.7-3. Refuerzo estructural definitivo tercer piso

| REFUERZO DEFINITIVO 3er PISO |                          |                            |               |               |              |                     |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|
| 0                            | 1                        | 2                          | 3             | 4             | 5            | 6                   |
| MURO                         | As Vertical Suministrado | As para cumplir $\rho$ min | As Definitivo | Tipo de Barra | Nº de Barras | Nº de celdas llenas |
| 5 (A-B)                      | 13,90                    | 13,90                      | 13,90         | Nº5           | 7            | 5                   |
| 5 (D-E)                      | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 7                   |
| 6 (D-E)                      | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 7                   |
| 5 (A'-B')                    | 13,90                    | 13,90                      | 13,90         | Nº5           | 7            | 5                   |
| 5 (D'-E')                    | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 7                   |
| 6 (D'-E')                    | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 7                   |
| A (3-7)                      | 9,03                     | 9,03                       | 9,03          | Nº4           | 7            | 20                  |
| C (1-5)                      | 7,74                     | 7,74                       | 7,74          | Nº4           | 6            | 15                  |
| C (5-8)                      | 5,16                     | 5,16                       | 5,16          | Nº4           | 4            | 10                  |
| E (5-8)                      | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 12                  |
| F (1-4)                      | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 12                  |
| G (4-8)                      | 7,74                     | 7,74                       | 7,74          | Nº4           | 6            | 17                  |
| A' (3-7)                     | 9,03                     | 9,03                       | 9,03          | Nº4           | 7            | 20                  |
| C' (1-5)                     | 7,74                     | 7,74                       | 7,74          | Nº4           | 6            | 15                  |
| C' (5-8)                     | 5,16                     | 5,16                       | 5,16          | Nº4           | 4            | 10                  |
| E' (5-8)                     | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 12                  |
| F' (1-4)                     | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 12                  |

Fuente: Elaboración propia

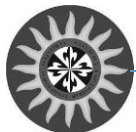


Tabla 3.3.7-4. Refuerzo estructural definitivo cuarto piso

| REFUERZO DEFINITIVO 4to PISO |                          |                            |               |               |              |                     |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|
| 0                            | 1                        | 2                          | 3             | 4             | 5            | 6                   |
| MURO                         | As Vertical Suministrado | As para cumplir $\rho$ min | As Definitivo | Tipo de Barra | Nº de Barras | Nº de celdas llenas |
| 5 (A-B)                      | 13,90                    | 13,90                      | 13,90         | Nº5           | 7            | 4                   |
| 5 (D-E)                      | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 5                   |
| 6 (D-E)                      | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 4                   |
| 5 (A'-B')                    | 13,90                    | 13,90                      | 13,90         | Nº5           | 7            | 4                   |
| 5 (D'-E')                    | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 5                   |
| 6 (D'-E')                    | 19,86                    | 19,86                      | 19,86         | Nº5           | 10           | 4                   |
| A (3-7)                      | 9,03                     | 9,03                       | 9,03          | Nº4           | 7            | 13                  |
| C (1-5)                      | 7,74                     | 7,74                       | 7,74          | Nº4           | 6            | 10                  |
| C (5-8)                      | 5,16                     | 5,16                       | 5,16          | Nº4           | 4            | 7                   |
| E (5-8)                      | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 8                   |
| F (1-4)                      | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 8                   |
| G (4-8)                      | 7,74                     | 7,74                       | 7,74          | Nº4           | 6            | 11                  |
| A' (3-7)                     | 9,03                     | 9,03                       | 9,03          | Nº4           | 7            | 13                  |
| C' (1-5)                     | 7,74                     | 7,74                       | 7,74          | Nº4           | 6            | 10                  |
| C' (5-8)                     | 5,16                     | 5,16                       | 5,16          | Nº4           | 4            | 7                   |
| E' (5-8)                     | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 8                   |
| F' (1-4)                     | 6,45                     | 6,45                       | 6,45          | Nº4           | 5            | 8                   |

Fuente: Elaboración propia

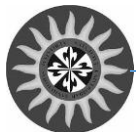
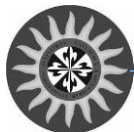


Tabla 3.3.7-5. Refuerzo estructural definitivo quinto piso

| REFUERZO DEFINITIVO 5to PISO |                             |                                  |                  |                  |                 |                           |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| 0                            | 1                           | 2                                | 3                | 4                | 5               | 6                         |
| MURO                         | As Vertical<br>Suministrado | As para<br>cumplir<br>$\rho$ min | As<br>Definitivo | Tipo de<br>Barra | Nº de<br>Barras | Nº de<br>celdas<br>llenas |
| 5 (A-B)                      | 13,90                       | 13,90                            | 13,90            | Nº5              | 7               | 2                         |
| 5 (D-E)                      | 19,86                       | 19,86                            | 19,86            | Nº5              | 10              | 2                         |
| 6 (D-E)                      | 19,86                       | 19,86                            | 19,86            | Nº5              | 10              | 2                         |
| 5 (A'-B')                    | 13,90                       | 13,90                            | 13,90            | Nº5              | 7               | 2                         |
| 5 (D'-E')                    | 19,86                       | 19,86                            | 19,86            | Nº5              | 10              | 2                         |
| 6 (D'-E')                    | 19,86                       | 19,86                            | 19,86            | Nº5              | 10              | 2                         |
| A (3-7)                      | 9,03                        | 9,03                             | 9,03             | Nº4              | 7               | 7                         |
| C (1-5)                      | 7,74                        | 7,74                             | 7,74             | Nº4              | 6               | 5                         |
| C (5-8)                      | 5,16                        | 5,16                             | 5,16             | Nº4              | 4               | 3                         |
| E (5-8)                      | 6,45                        | 6,45                             | 6,45             | Nº4              | 5               | 4                         |
| F (1-4)                      | 6,45                        | 6,45                             | 6,45             | Nº4              | 5               | 4                         |
| G (4-8)                      | 7,74                        | 7,74                             | 7,74             | Nº4              | 6               | 6                         |
| A' (3-7)                     | 9,03                        | 9,03                             | 9,03             | Nº4              | 7               | 7                         |
| C' (1-5)                     | 7,74                        | 7,74                             | 7,74             | Nº4              | 6               | 5                         |
| C' (5-8)                     | 5,16                        | 5,16                             | 5,16             | Nº4              | 4               | 3                         |
| E' (5-8)                     | 6,45                        | 6,45                             | 6,45             | Nº4              | 5               | 4                         |
| F' (1-4)                     | 6,45                        | 6,45                             | 6,45             | Nº4              | 5               | 4                         |

Fuente: Elaboración propia



### 3.3.8. Verificación de la segunda combinación de carga ( $0.9D \pm 1 E$ )

Tabla 3.3.8-1. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación primer piso

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>1er PISO ( $0.9D+1E$ ) |                           |                   |                             |                     |                                |                       |                    |                                               |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------------------------|
| 0                                                                         | 1                         | 2                 | 3                           | 4                   | 5                              | 6                     | 7                  | 8                                             |
| MURO                                                                      | $\phi \cdot P_n$<br>(Kn ) | $P_{bu}$<br>(Kn ) | $\phi \cdot M_n$<br>(Kn ·m) | $M_{bu}$<br>(Kn ·m) | $P_u$<br>><br>$\phi \cdot P_b$ | $M_u$<br>Suministrado | $M_u$<br>Requerido | $M_u$<br>Suministrado<br>> $M_u$<br>Requerido |
| 5 (A-B)                                                                   | 2745,41                   | 1219,27           | 1578,26                     | 462,6               | NO                             | 1535,61               | 30,37              | OK                                            |
| 5 (D-E)                                                                   | 3690,56                   | 1618,82           | 5073,40                     | 397,8               | NO                             | 4862,89               | 57,57              | OK                                            |
| 6 (D-E)                                                                   | 3547,99                   | 1541,61           | 6116,16                     | 1023,0              | NO                             | 5918,13               | 51,94              | OK                                            |
| 5 (A'-B')                                                                 | 2745,41                   | 1219,27           | 1578,26                     | 462,6               | NO                             | 1535,61               | 30,37              | OK                                            |
| 5 (D'-E')                                                                 | 3690,56                   | 1618,82           | 5073,40                     | 397,8               | NO                             | 4862,89               | 57,57              | OK                                            |
| 6 (D'-E')                                                                 | 3547,99                   | 1541,61           | 6116,16                     | 1023,0              | NO                             | 5918,13               | 51,94              | OK                                            |
| A (3-7)                                                                   | 8938,13                   | 4475,56           | 6981,52                     | 4552,2              | NO                             | 6878,60               | 40,97              | OK                                            |
| C (1-5)                                                                   | 6848,42                   | 3504,72           | 3898,80                     | 2652,2              | NO                             | 3843,89               | 28,47              | OK                                            |
| C (5-8)                                                                   | 4470,57                   | 2285,92           | 1140,28                     | 937,1               | NO                             | 1130,70               | 14,41              | OK                                            |
| E (5-8)                                                                   | 5367,88                   | 2740,36           | 2167,78                     | 1324,6              | NO                             | 2132,93               | 19,6               | OK                                            |
| F (1-4)                                                                   | 5510,45                   | 2816,07           | 2276,14                     | 1452,6              | NO                             | 2210,58               | 20,47              | OK                                            |
| G (4-8)                                                                   | 7405,74                   | 3800,80           | 4249,88                     | 3282,4              | NO                             | 4208,68               | 31,9               | OK                                            |
| A' (3-7)                                                                  | 8938,13                   | 4475,56           | 6981,52                     | 4552,2              | NO                             | 6878,60               | 40,97              | OK                                            |
| C' (1-5)                                                                  | 6848,42                   | 3504,72           | 3898,80                     | 2652,2              | NO                             | 3843,89               | 28,47              | OK                                            |
| C' (5-8)                                                                  | 4470,57                   | 2285,92           | 1140,28                     | 937,1               | NO                             | 1130,70               | 14,41              | OK                                            |
| E' (5-8)                                                                  | 5367,88                   | 2740,36           | 2167,78                     | 1324,6              | NO                             | 2132,93               | 19,6               | OK                                            |
| F' (1-4)                                                                  | 5510,45                   | 2816,07           | 2276,14                     | 1452,6              | NO                             | 2210,58               | 20,47              | OK                                            |

Fuente: Elaboración propia

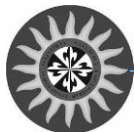


Tabla 3.3.8-2. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación segundo piso

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>2DO PISO (0.9D+1E) |                           |                          |                             |                            |                        |                                |                             |                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 0                                                                     | 1                         | 2                        | 3                           | 4                          | 5                      | 6                              | 7                           | 8                                                               |
| MURO                                                                  | $\phi \cdot P_n$<br>(Kn ) | P <sub>bu</sub><br>(Kn ) | $\phi \cdot M_n$<br>(Kn ·m) | M <sub>bu</sub><br>(Kn ·m) | $P_u > \phi \cdot P_b$ | M <sub>u</sub><br>Suministrado | M <sub>u</sub><br>Requerido | M <sub>u</sub><br>Suministrado<br>> M <sub>u</sub><br>Requerido |
| 5 (A-B)                                                               | 2743,49                   | 1218,25                  | 1578,18                     | 462,1                      | NO                     | 1544,04                        | 30,37                       | OK                                                              |
| 5 (D-E)                                                               | 3688,02                   | 1617,47                  | 5072,51                     | 397,0                      | NO                     | 4897,65                        | 57,57                       | OK                                                              |
| 6 (D-E)                                                               | 3545,57                   | 1540,32                  | 6115,26                     | 1023,7                     | NO                     | 5956,17                        | 51,94                       | OK                                                              |
| 5 (A'-B')                                                             | 2743,49                   | 1218,25                  | 1578,18                     | 462,1                      | NO                     | 1544,04                        | 30,37                       | OK                                                              |
| 5 (D'-E')                                                             | 3688,02                   | 1617,47                  | 5072,51                     | 397,0                      | NO                     | 4897,65                        | 57,57                       | OK                                                              |
| 6 (D'-E')                                                             | 3545,57                   | 1540,32                  | 6115,26                     | 1023,7                     | NO                     | 5956,17                        | 51,94                       | OK                                                              |
| A (3-7)                                                               | 8930,92                   | 4471,82                  | 6981,35                     | 4546,2                     | NO                     | 6897,25                        | 40,97                       | OK                                                              |
| C (1-5)                                                               | 6842,92                   | 3501,80                  | 3898,71                     | 2648,5                     | NO                     | 3853,18                        | 28,47                       | OK                                                              |
| C (5-8)                                                               | 4466,98                   | 2284,01                  | 1140,28                     | 935,5                      | NO                     | 1132,18                        | 14,41                       | OK                                                              |
| E (5-8)                                                               | 5363,57                   | 2738,07                  | 2167,74                     | 1322,3                     | NO                     | 2139,26                        | 19,60                       | OK                                                              |
| F (1-4)                                                               | 5506,02                   | 2813,72                  | 2276,10                     | 1450,2                     | NO                     | 2224,31                        | 20,47                       | OK                                                              |
| G (4-8)                                                               | 7399,77                   | 3797,63                  | 4249,80                     | 3278,0                     | NO                     | 4215,83                        | 31,90                       | OK                                                              |
| A' (3-7)                                                              | 8930,92                   | 4471,82                  | 6981,35                     | 4546,2                     | NO                     | 6897,25                        | 40,97                       | OK                                                              |
| C' (1-5)                                                              | 6842,92                   | 3501,80                  | 3898,71                     | 2648,5                     | NO                     | 3853,18                        | 28,47                       | OK                                                              |
| C' (5-8)                                                              | 4466,98                   | 2284,01                  | 1140,28                     | 935,5                      | NO                     | 1132,18                        | 14,41                       | OK                                                              |
| E' (5-8)                                                              | 5363,57                   | 2738,07                  | 2167,74                     | 1322,3                     | NO                     | 2139,26                        | 19,60                       | OK                                                              |
| F' (1-4)                                                              | 5506,02                   | 2813,72                  | 2276,10                     | 1450,2                     | NO                     | 2224,31                        | 20,47                       | OK                                                              |

Fuente: Elaboración propia

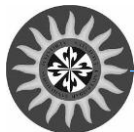


Tabla 3.3.8-3. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación tercer piso

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>3ER PISO (0.9D+1E) |                           |                   |                             |                     |                                |                       |                    |                                               |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------------------------|
| 0                                                                     | 1                         | 2                 | 3                           | 4                   | 5                              | 6                     | 7                  | 8                                             |
| MURO                                                                  | $\phi \cdot P_n$<br>(Kn ) | $P_{bu}$<br>(Kn ) | $\phi \cdot M_n$<br>(Kn ·m) | $M_{bu}$<br>(Kn ·m) | $P_u$<br>><br>$\phi \cdot P_b$ | $M_u$<br>Suministrado | $M_u$<br>Requerido | $M_u$<br>Suministrado<br>> $M_u$<br>Requerido |
| 5 (A-B)                                                               | 2741,58                   | 1217,23           | 1578,11                     | 461,7               | NO                             | 1552,48               | 30,37              | OK                                            |
| 5 (D-E)                                                               | 3685,48                   | 1616,12           | 5071,61                     | 396,2               | NO                             | 4932,43               | 57,57              | OK                                            |
| 6 (D-E)                                                               | 3543,15                   | 1539,03           | 6114,36                     | 1024,4              | NO                             | 5994,23               | 51,94              | OK                                            |
| 5 (A'-B')                                                             | 2741,58                   | 1217,23           | 1578,11                     | 461,7               | NO                             | 1552,48               | 30,37              | OK                                            |
| 5 (D'-E')                                                             | 3685,48                   | 1616,12           | 5071,61                     | 396,2               | NO                             | 4932,43               | 57,57              | OK                                            |
| 6 (D'-E')                                                             | 3543,15                   | 1539,03           | 6114,36                     | 1024,4              | NO                             | 5994,23               | 51,94              | OK                                            |
| A (3-7)                                                               | 8923,70                   | 4468,09           | 6981,17                     | 4540,1              | NO                             | 6916,00               | 40,97              | OK                                            |
| C (1-5)                                                               | 6837,41                   | 3498,87           | 3898,63                     | 2644,7              | NO                             | 3862,54               | 28,47              | OK                                            |
| C (5-8)                                                               | 4463,39                   | 2282,10           | 1140,27                     | 933,9               | NO                             | 1133,69               | 14,41              | OK                                            |
| E (5-8)                                                               | 5359,26                   | 2735,78           | 2167,71                     | 1320,0              | NO                             | 2145,63               | 19,6               | OK                                            |
| F (1-4)                                                               | 5501,60                   | 2811,37           | 2276,07                     | 1447,8              | NO                             | 2238,13               | 20,47              | OK                                            |
| G (4-8)                                                               | 7393,80                   | 3794,45           | 4249,72                     | 3273,7              | NO                             | 4223,05               | 31,9               | OK                                            |
| A' (3-7)                                                              | 8923,70                   | 4468,09           | 6981,17                     | 4540,1              | NO                             | 6916,00               | 40,97              | OK                                            |
| C' (1-5)                                                              | 6837,41                   | 3498,87           | 3898,63                     | 2644,7              | NO                             | 3862,54               | 28,47              | OK                                            |
| C' (5-8)                                                              | 4463,39                   | 2282,10           | 1140,27                     | 933,9               | NO                             | 1133,69               | 14,41              | OK                                            |
| E' (5-8)                                                              | 5359,26                   | 2735,78           | 2167,71                     | 1320,0              | NO                             | 2145,63               | 19,6               | OK                                            |
| F' (1-4)                                                              | 5501,60                   | 2811,37           | 2276,07                     | 1447,8              | NO                             | 2238,13               | 20,47              | OK                                            |

Fuente: Elaboración propia

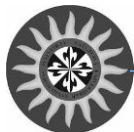


Tabla 3.3.8-4. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación cuarto piso

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>4TO PISO (0.9D+1E) |                           |                          |                             |                            |                                |                                |                             |                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 0                                                                     | 1                         | 2                        | 3                           | 4                          | 5                              | 6                              | 7                           | 8                                                               |
| MURO                                                                  | $\phi \cdot P_n$<br>(Kn ) | P <sub>bu</sub><br>(Kn ) | $\phi \cdot M_n$<br>(Kn ·m) | M <sub>bu</sub><br>(Kn ·m) | $P_u$<br>><br>$\phi \cdot P_b$ | M <sub>u</sub><br>Suministrado | M <sub>u</sub><br>Requerido | M <sub>u</sub><br>Suministrado<br>> M <sub>u</sub><br>Requerido |
| 5 (A-B)                                                               | 2739,66                   | 1216,21                  | 1578,03                     | 461,2                      | NO                             | 1560,93                        | 30,39                       | OK                                                              |
| 5 (D-E)                                                               | 3682,94                   | 1614,77                  | 5070,71                     | 395,4                      | NO                             | 4967,25                        | 57,61                       | OK                                                              |
| 6 (D-E)                                                               | 3540,72                   | 1537,74                  | 6113,46                     | 1025,1                     | NO                             | 6032,30                        | 51,98                       | OK                                                              |
| 5 (A'-B')                                                             | 2739,66                   | 1216,21                  | 1578,03                     | 461,2                      | NO                             | 1560,93                        | 30,39                       | OK                                                              |
| 5 (D'-E')                                                             | 3682,94                   | 1614,77                  | 5070,71                     | 395,4                      | NO                             | 4967,25                        | 57,61                       | OK                                                              |
| 6 (D'-E')                                                             | 3540,72                   | 1537,74                  | 6113,46                     | 1025,1                     | NO                             | 6032,30                        | 51,98                       | OK                                                              |
| A (3-7)                                                               | 8916,48                   | 4464,35                  | 6981,00                     | 4534,0                     | NO                             | 6934,86                        | 41,01                       | OK                                                              |
| C (1-5)                                                               | 6831,90                   | 3495,94                  | 3898,55                     | 2641,0                     | NO                             | 3871,96                        | 28,50                       | OK                                                              |
| C (5-8)                                                               | 4459,79                   | 2280,19                  | 1140,26                     | 932,3                      | NO                             | 1135,22                        | 14,42                       | OK                                                              |
| E (5-8)                                                               | 5354,96                   | 2733,49                  | 2167,68                     | 1317,7                     | NO                             | 2152,04                        | 19,61                       | OK                                                              |
| F (1-4)                                                               | 5497,17                   | 2809,02                  | 2276,04                     | 1445,4                     | NO                             | 2252,06                        | 20,49                       | OK                                                              |
| G (4-8)                                                               | 7387,82                   | 3791,28                  | 4249,63                     | 3269,3                     | NO                             | 4230,34                        | 31,93                       | OK                                                              |
| A' (3-7)                                                              | 8916,48                   | 4464,35                  | 6981,00                     | 4534,0                     | NO                             | 6934,86                        | 41,01                       | OK                                                              |
| C' (1-5)                                                              | 6831,90                   | 3495,94                  | 3898,55                     | 2641,0                     | NO                             | 3871,96                        | 28,50                       | OK                                                              |
| C' (5-8)                                                              | 4459,79                   | 2280,19                  | 1140,26                     | 932,3                      | NO                             | 1135,22                        | 14,42                       | OK                                                              |
| E' (5-8)                                                              | 5354,96                   | 2733,49                  | 2167,68                     | 1317,7                     | NO                             | 2152,04                        | 19,61                       | OK                                                              |
| F' (1-4)                                                              | 5497,17                   | 2809,02                  | 2276,04                     | 1445,4                     | NO                             | 2252,06                        | 20,49                       | OK                                                              |

Fuente: Elaboración propia

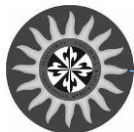
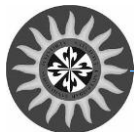


Tabla 3.3.8-5. Parámetros diagrama de interacción segunda combinación quinto piso

| PARAMETROS DEL DIAGRAMA DE INTERACCION Y DISEÑO<br>5TO PISO (0.9D+1E) |                           |                          |                             |                            |                                |                                |                             |                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 0                                                                     | 1                         | 2                        | 3                           | 4                          | 5                              | 6                              | 7                           | 8                                                               |
| MURO                                                                  | $\phi \cdot P_n$<br>(Kn ) | P <sub>bu</sub><br>(Kn ) | $\phi \cdot M_n$<br>(Kn ·m) | M <sub>bu</sub><br>(Kn ·m) | $P_u$<br>><br>$\phi \cdot P_b$ | M <sub>u</sub><br>Suministrado | M <sub>u</sub><br>Requerido | M <sub>u</sub><br>Suministrado<br>> M <sub>u</sub><br>Requerido |
| 5 (A-B)                                                               | 2737,75                   | 1215,20                  | 1578,03                     | 460,8                      | NO                             | 1569,47                        | 30,37                       | OK                                                              |
| 5 (D-E)                                                               | 3680,39                   | 1613,42                  | 5070,71                     | 394,6                      | NO                             | 5002,99                        | 57,57                       | OK                                                              |
| 6 (D-E)                                                               | 3538,30                   | 1536,46                  | 6113,46                     | 1025,8                     | NO                             | 6071,27                        | 51,94                       | OK                                                              |
| 5 (A'-B')                                                             | 2737,75                   | 1215,20                  | 1578,03                     | 460,8                      | NO                             | 1569,47                        | 30,37                       | OK                                                              |
| 5 (D'-E')                                                             | 3680,39                   | 1613,42                  | 5070,71                     | 394,6                      | NO                             | 5002,99                        | 57,57                       | OK                                                              |
| 6 (D'-E')                                                             | 3538,30                   | 1536,46                  | 6113,46                     | 1025,8                     | NO                             | 6071,27                        | 51,94                       | OK                                                              |
| A (3-7)                                                               | 8909,27                   | 4460,61                  | 6981,00                     | 4527,9                     | NO                             | 6954,01                        | 40,97                       | OK                                                              |
| C (1-5)                                                               | 6826,40                   | 3493,02                  | 3898,55                     | 2637,3                     | NO                             | 3881,53                        | 28,47                       | OK                                                              |
| C (5-8)                                                               | 4456,20                   | 2278,28                  | 1140,26                     | 930,7                      | NO                             | 1136,78                        | 14,41                       | OK                                                              |
| E (5-8)                                                               | 5350,65                   | 2731,21                  | 2167,68                     | 1315,5                     | NO                             | 2158,52                        | 19,6                        | OK                                                              |
| F (1-4)                                                               | 5492,75                   | 2806,67                  | 2276,04                     | 1443,0                     | NO                             | 2266,11                        | 20,47                       | OK                                                              |
| G (4-8)                                                               | 7381,85                   | 3788,11                  | 4249,63                     | 3264,9                     | NO                             | 4237,79                        | 31,9                        | OK                                                              |
| A' (3-7)                                                              | 8909,27                   | 4460,61                  | 6981,00                     | 4527,9                     | NO                             | 6954,01                        | 40,97                       | OK                                                              |
| C' (1-5)                                                              | 6826,40                   | 3493,02                  | 3898,55                     | 2637,3                     | NO                             | 3881,53                        | 28,47                       | OK                                                              |
| C' (5-8)                                                              | 4456,20                   | 2278,28                  | 1140,26                     | 930,7                      | NO                             | 1136,78                        | 14,41                       | OK                                                              |
| E' (5-8)                                                              | 5350,65                   | 2731,21                  | 2167,68                     | 1315,5                     | NO                             | 2158,52                        | 19,6                        | OK                                                              |
| F' (1-4)                                                              | 5492,75                   | 2806,67                  | 2276,04                     | 1443,0                     | NO                             | 2266,11                        | 20,47                       | OK                                                              |

Fuente: Elaboración propia



### 3.4. Diseño de los muros no estructurales

Se denomina desempeño el comportamiento de los elementos no estructurales de la edificación ante la ocurrencia del sismo de diseño que la afecte. La NSR-10 en el capítulo A-9, establece que todos estos elementos que no hacen parte del sistema principal de resistencia sísmica, deben ser diseñados teniendo en cuenta su comportamiento y grado de desempeño esperado durante un sismo. El desempeño se clasifica en los siguientes grados:

Tabla 3.4-1. Grados de desempeño de los elementos no estructurales

| Grados de desempeño | Características de los daños                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SUPERIOR</b>     | Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es mínimo y no interfiere con la operación de la edificación debido a la ocurrencia del sismo de diseño.                                             |
| <b>BUENO</b>        | Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es totalmente reparable y puede haber alguna interferencia con la operación de la edificación con posterioridad a la ocurrencia del sismo de diseño. |
| <b>BAJO</b>         | Es aquel en el cual se presentan daños graves en los elementos no estructurales, inclusive no reparables, pero sin desprendimiento o colapso, debido a la ocurrencia del sismo de diseño.                                          |

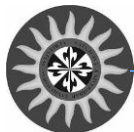
Fuente: NSR-10

Como mínimo debe cumplirse el grado de desempeño indicado en la tabla A.9.2-1, para cada uno de los grupos de uso definidos en A.2.5.1.

Tabla 3.4-2. Grado de desempeño mínimo requerido

| Grupo de Uso | Grado de desempeño |
|--------------|--------------------|
| IV           | Superior           |
| III          | Superior           |
| II           | Bueno              |
| I            | Bajo               |

Fuente: NSR-10



Por otra parte, durante un evento sísmico los elementos no estructurales se ven sometidos a diferentes magnitudes en aceleración de acuerdo con su posición en la edificación, de tal manera que las fuerzas a las que estará sometido dicho elemento se calculan de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F_{muro} = W_{muro} * A_{nivel} * \left( \frac{a_p}{R_p} \right) \quad 3.4-1$$

$$A_{nivel} = \frac{V_s}{W_{piso}} \quad 3.4-2$$

**FMuro** = Fuerza por metro cuadrado de muro.

**WMuro** =Peso del muro por metro cuadrado.

**VS** = Fuerza cortante del piso donde está el muro.

**WPiso** =Masa del piso donde está el muro.

**ap**= Coeficiente de ampliación dinámica para elementos en voladizo.

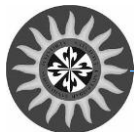
**Rp**= Coeficiente de disipación de energía.

Los valores de aP y RP se encuentran la tabla A.9-2 de la NSR-10.

Tabla 3.4-3. Aceleraciones de piso

| ACELERACION DE PISO |        |         |        |
|---------------------|--------|---------|--------|
| NIVEL               | Vs     | Wpiso   | Anivel |
| 5                   | 291,40 | 307,49  | 0,95   |
| 4                   | 742,04 | 980,82  | 0,76   |
| 3                   | 571,15 | 1010,12 | 0,57   |
| 2                   | 378,18 | 1010,38 | 0,37   |
| 1                   | 185,12 | 1010,65 | 0,18   |

Fuente: Elaboración propia



### 3.4.1. Diseño de los antepechos, sillares (pisos) y culatas (cubierta)

Fuerza por metro cuadrado de antepecho para cada piso:

Tabla 3.4.1-1. Fuerzas actuantes sobre los antepechos

| FUERZA SOBRE LOS ANTEPECHOS |        |       |     |     |                |
|-----------------------------|--------|-------|-----|-----|----------------|
| NIVEL                       | Anivel | Wmuro | a p | Rp  | FMuro (Kn/m2 ) |
| 5                           | 0,95   | 1,456 | 2,5 | 1,5 | 2,30           |
| 4                           | 0,76   | 1,456 | 2,5 | 1,5 | 1,84           |
| 3                           | 0,57   | 1,456 | 2,5 | 1,5 | 1,37           |
| 2                           | 0,37   | 1,456 | 2,5 | 1,5 | 0,91           |
| 1                           | 0,18   | 1,456 | 2,5 | 1,5 | 0,44           |

Fuente: Elaboración propia

Momento por metro lineal en la base del antepecho por metro lineal:

Tabla 3.4.1-2. Momento en la base de antepechos

| MOMENTO EN LA BASE DEL ELEMENTO |                |   |              |
|---------------------------------|----------------|---|--------------|
| NIVEL                           | FMuro (Kn/m2 ) | L | M (Kn ·m)/1m |
| 5                               | 2,30           | 1 | 1,15         |
| 4                               | 1,84           | 1 | 0,92         |
| 3                               | 1,37           | 1 | 0,69         |
| 2                               | 0,91           | 1 | 0,45         |
| 1                               | 0,44           | 1 | 0,22         |

Fuente: Elaboración propia

$$M = \frac{F_{muro} \cdot L^2}{2} \quad 3.4.1-1$$

Procedemos a hallar el refuerzo que se colocará en todos los antepechos y parapetos de cada piso por metro lineal de muro:

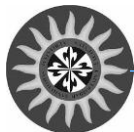


Tabla 3.4.1-3. Cálculo del refuerzo para antepechos, sillares y culatas

| REFUERZO ANTEPECHOS,SILLARES,CULATAS |              |       |   |        |          |               |
|--------------------------------------|--------------|-------|---|--------|----------|---------------|
| NIVEL                                | M (Kn ·m)/1m | d     | b | a (cm) | As (cm2) | Barra<br>ϕ Nº |
| 5                                    | 1,15         | 0,058 | 1 | 0,000  | 0,000    | Nº2           |
| 4                                    | 0,92         | 0,058 | 1 | 0,010  | 0,274    | Nº2           |
| 3                                    | 0,69         | 0,058 | 1 | 0,019  | 0,547    | Nº2           |
| 2                                    | 0,45         | 0,058 | 1 | 0,029  | 0,821    | Nº2           |
| 1                                    | 0,22         | 0,058 | 1 | 0,038  | 1,095    | Nº3           |

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Diseño de los muros no estructurales

Para el diseño de los muros no estructurales, se emplea el mismo método del numeral 3.4.1, solo se apoyan en los niveles 0, 1, 2, 3 y 4.

Tabla 3.4.2-1. Fuerzas sobre los muros no estructurales

| FUERZA SOBRE LOS MUROS |        |       |     |     |                   |
|------------------------|--------|-------|-----|-----|-------------------|
| NIVEL                  | Anivel | Wpiso | a p | Rp  | FMuro<br>(Kn/m2 ) |
| 4                      | 0,76   | 1,46  | 1   | 1,5 | 0,73              |
| 3                      | 0,57   | 1,46  | 1   | 1,5 | 0,55              |
| 2                      | 0,37   | 1,46  | 1   | 1,5 | 0,36              |
| 1                      | 0,18   | 1,46  | 1   | 1,5 | 0,18              |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4.2-2. Momento en los extremos muros no estructurales

| MOMENTO EN LOS EXTREMOS DEL MURO |                   |   |           |
|----------------------------------|-------------------|---|-----------|
| NIVEL                            | FMuro<br>(Kn/m2 ) | L | M(Kn*m)/m |
| 4                                | 0,73              | 1 | 0,37      |
| 3                                | 0,55              | 1 | 0,27      |
| 2                                | 0,36              | 1 | 0,18      |
| 1                                | 0,18              | 1 | 0,09      |

Fuente: Elaboración propia

$$M = \frac{F_{muro} * L^2}{8}$$

3.4.2-1

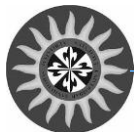


Tabla 3.4.2-3. Cálculo refuerzo muros no estructurales

| REFUERZO MUROS NO ESTRUCTURALES |                                      |        |   |        |                     |                    |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------|---|--------|---------------------|--------------------|
| FUERZA<br>SOBRE LOS<br>MUROS    | $M(\text{Kn}\cdot\text{m})/\text{m}$ | d      | b | a (cm) | $A_s (\text{cm}^2)$ | Barra<br>$\phi$ N° |
| 4                               | 0,37                                 | 0,0575 | 1 | 0      | 0,00                | N°2                |
| 3                               | 0,27                                 | 0,0575 | 1 | 0,0096 | 0,27                | N°2                |
| 2                               | 0,18                                 | 0,0575 | 1 | 0,0192 | 0,55                | N°2                |
| 1                               | 0,09                                 | 0,0575 | 1 | 0,0288 | 0,82                | N°2                |

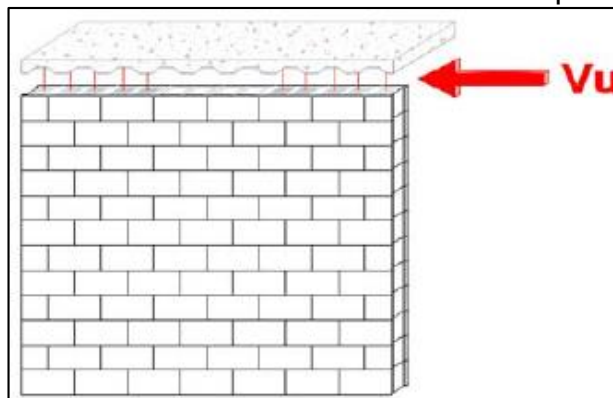
Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Verificación uniones placa – muro

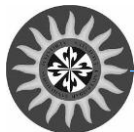
Con el fin de garantizar el buen comportamiento estructural de la edificación, es necesario hacer algunas verificaciones, dentro de estas se encuentra las uniones de la placa con los muros estructurales, ya sea de carga o rigidez, lo que permite que la estructura se comporte de manera monolítica y bajo el concepto de sistema Tipo Cajón.

Ya que la edificación cuenta con una losa de entrepiso maciza, la cual se considera con diafragma rígido, entonces la verificación de la unión placa-muro consiste en determinar si el acero de refuerzo que cruza por la unión es capaz de resistir el esfuerzo cortante que actúa en esa parte de la edificación.

Figura 3.5-1. Acción del cortante en la unión placa muro



Fuente: Elaboración propia



Para el cálculo de la resistencia a cortante suministrada por el refuerzo en la unión se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_{resistente} = \phi * A_{s\ total} * F_y \quad 3.5-1$$

Dónde:  $\phi = 0.9$ .

$V_{resistente}$  = Cortante que resiste la unión por la colaboración del refuerzo.

$A_S\ Total$  = Área de acero total que cruza la unión placa-muro.

Tabla 3.5-1. Verificación unión placa-muro primer piso

| UNION PLACA-MURO 1er PISO |        |                  |           |                  |                                        |               |
|---------------------------|--------|------------------|-----------|------------------|----------------------------------------|---------------|
| 0                         | 1      | 2                | 3         | 4                | 5                                      | 6             |
| MURO                      | F (Kn) | AREA BARRA (cm2) | N° BARRAS | AREA TOTAL (cm2) | RESISTENCIA CORTANTE SUMINISTRADO (Kn) | Qn (Kn)>F(Kn) |
| 5 (A-B)                   | 17,34  | 1,99             | 7         | 13,90            | 525,38                                 | OK            |
| 5 (D-E)                   | 32,88  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 6 (D-E)                   | 21,64  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 5 (A'-B')                 | 17,34  | 1,99             | 7         | 13,90            | 525,38                                 | OK            |
| 5 (D'-E')                 | 32,88  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 6 (D'-E')                 | 21,64  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| A (3-7)                   | 20,80  | 1,99             | 6         | 11,91            | 450,33                                 | OK            |
| C (1-5)                   | 13,55  | 1,29             | 7         | 9,03             | 341,33                                 | OK            |
| C (5-8)                   | 6,86   | 1,29             | 4         | 5,16             | 195,05                                 | OK            |
| E (5-8)                   | 8,59   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| F (1-4)                   | 8,83   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| G (4-8)                   | 13,29  | 1,99             | 5         | 9,93             | 375,27                                 | OK            |
| A' (3-7)                  | 17,07  | 1,99             | 6         | 11,91            | 450,33                                 | OK            |
| C' (1-5)                  | 11,86  | 1,29             | 7         | 9,03             | 341,33                                 | OK            |
| C' (5-8)                  | 6,00   | 1,29             | 4         | 5,16             | 195,05                                 | OK            |
| E' (5-8)                  | 8,17   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| F' (1-4)                  | 8,53   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |

Fuente: Elaboración propia

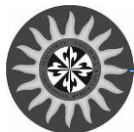


Tabla 3.5-2. Verificación unión placa-muro segundo piso

| UNION PLACA-MURO 2DO PISO |        |                  |           |                  |                                        |               |
|---------------------------|--------|------------------|-----------|------------------|----------------------------------------|---------------|
| 0                         | 1      | 2                | 3         | 4                | 5                                      | 6             |
| MURO                      | F (Kn) | AREA BARRA (cm2) | N° BARRAS | AREA TOTAL (cm2) | RESISTENCIA CORTANTE SUMINISTRADO (Kn) | Qn (Kn)>F(Kn) |
| 5 (A-B)                   | 17,34  | 1,99             | 7         | 13,90            | 525,38                                 | OK            |
| 5 (D-E)                   | 32,88  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 6 (D-E)                   | 21,64  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 5 (A'-B')                 | 17,34  | 1,99             | 7         | 13,90            | 525,38                                 | OK            |
| 5 (D'-E')                 | 32,88  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 6 (D'-E')                 | 21,64  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| A (3-7)                   | 20,80  | 1,99             | 6         | 11,91            | 450,33                                 | OK            |
| C (1-5)                   | 13,55  | 1,29             | 7         | 9,03             | 341,33                                 | OK            |
| C (5-8)                   | 6,86   | 1,29             | 4         | 5,16             | 195,05                                 | OK            |
| E (5-8)                   | 8,59   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| F (1-4)                   | 8,83   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| G (4-8)                   | 13,29  | 1,99             | 5         | 9,93             | 375,27                                 | OK            |
| A' (3-7)                  | 17,07  | 1,99             | 6         | 11,91            | 450,33                                 | OK            |
| C' (1-5)                  | 11,86  | 1,29             | 7         | 9,03             | 341,33                                 | OK            |
| C' (5-8)                  | 6,00   | 1,29             | 4         | 5,16             | 195,05                                 | OK            |
| E' (5-8)                  | 8,17   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| F' (1-4)                  | 8,53   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |

Fuente: Elaboración propia

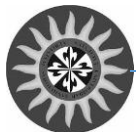


Tabla 3.5-3. Verificación unión placa-muro tercer piso

| UNION PLACA-MURO 3er PISO |        |                  |           |                  |                                        |               |
|---------------------------|--------|------------------|-----------|------------------|----------------------------------------|---------------|
| 0                         | 1      | 2                | 3         | 4                | 5                                      | 6             |
| MURO                      | F (Kn) | AREA BARRA (cm2) | N° BARRAS | AREA TOTAL (cm2) | RESISTENCIA CORTANTE SUMINISTRADO (Kn) | Qn (Kn)>F(Kn) |
| 5 (A-B)                   | 17,34  | 1,99             | 7         | 13,90            | 525,38                                 | OK            |
| 5 (D-E)                   | 32,88  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 6 (D-E)                   | 21,64  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 5 (A'-B')                 | 17,34  | 1,99             | 7         | 13,90            | 525,38                                 | OK            |
| 5 (D'-E')                 | 32,88  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 6 (D'-E')                 | 21,64  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| A (3-7)                   | 20,80  | 1,99             | 6         | 11,91            | 450,33                                 | OK            |
| C (1-5)                   | 13,55  | 1,29             | 7         | 9,03             | 341,33                                 | OK            |
| C (5-8)                   | 6,86   | 1,29             | 4         | 5,16             | 195,05                                 | OK            |
| E (5-8)                   | 8,59   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| F (1-4)                   | 8,83   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| G (4-8)                   | 13,29  | 1,99             | 5         | 9,93             | 375,27                                 | OK            |
| A' (3-7)                  | 17,07  | 1,99             | 6         | 11,91            | 450,33                                 | OK            |
| C' (1-5)                  | 11,86  | 1,29             | 7         | 9,03             | 341,33                                 | OK            |
| C' (5-8)                  | 6,00   | 1,29             | 4         | 5,16             | 195,05                                 | OK            |
| E' (5-8)                  | 8,17   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| F' (1-4)                  | 8,53   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |

Fuente: Elaboración propia

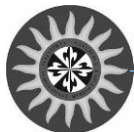


Tabla 3.5-4. Verificación unión placa-muro cuarto piso

| UNION PLACA-MURO 4TO PISO |        |                  |           |                  |                                        |               |
|---------------------------|--------|------------------|-----------|------------------|----------------------------------------|---------------|
| 0                         | 1      | 2                | 3         | 4                | 5                                      | 6             |
| MURO                      | F (Kn) | AREA BARRA (cm2) | N° BARRAS | AREA TOTAL (cm2) | RESISTENCIA CORTANTE SUMINISTRADO (Kn) | Qn (Kn)>F(Kn) |
| 5 (A-B)                   | 17,34  | 1,99             | 7         | 13,90            | 525,38                                 | OK            |
| 5 (D-E)                   | 32,88  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 6 (D-E)                   | 21,64  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 5 (A'-B')                 | 17,34  | 1,99             | 7         | 13,90            | 525,38                                 | OK            |
| 5 (D'-E')                 | 32,88  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| 6 (D'-E')                 | 21,64  | 1,99             | 10        | 19,86            | 750,54                                 | OK            |
| A (3-7)                   | 20,80  | 1,99             | 6         | 11,91            | 450,33                                 | OK            |
| C (1-5)                   | 13,55  | 1,29             | 7         | 9,03             | 341,33                                 | OK            |
| C (5-8)                   | 6,86   | 1,29             | 4         | 5,16             | 195,05                                 | OK            |
| E (5-8)                   | 8,59   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| F (1-4)                   | 8,83   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| G (4-8)                   | 13,29  | 1,99             | 5         | 9,93             | 375,27                                 | OK            |
| A' (3-7)                  | 17,07  | 1,99             | 6         | 11,91            | 450,33                                 | OK            |
| C' (1-5)                  | 11,86  | 1,29             | 7         | 9,03             | 341,33                                 | OK            |
| C' (5-8)                  | 6,00   | 1,29             | 4         | 5,16             | 195,05                                 | OK            |
| E' (5-8)                  | 8,17   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |
| F' (1-4)                  | 8,53   | 1,29             | 5         | 6,45             | 243,81                                 | OK            |

Fuente: Elaboración propia

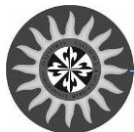
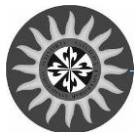


Tabla 3.5-5. Verificación unión placa-muro quinto piso

| UNION PLACA-MURO 5TO PISO |        |                        |              |                        |                                                 |                  |
|---------------------------|--------|------------------------|--------------|------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| 0                         | 1      | 2                      | 3            | 4                      | 5                                               | 6                |
| MURO                      | F (Kn) | AREA<br>BARRA<br>(cm2) | N°<br>BARRAS | AREA<br>TOTAL<br>(cm2) | RESISTENCIA<br>CORTANTE<br>SUMINISTRADO<br>(Kn) | Qn<br>(Kn)>F(Kn) |
| 5 (A-B)                   | 17,34  | 1,99                   | 7            | 13,90                  | 525,38                                          | OK               |
| 5 (D-E)                   | 32,88  | 1,99                   | 10           | 19,86                  | 750,54                                          | OK               |
| 6 (D-E)                   | 21,64  | 1,99                   | 10           | 19,86                  | 750,54                                          | OK               |
| 5 (A'-B')                 | 17,34  | 1,99                   | 7            | 13,90                  | 525,38                                          | OK               |
| 5 (D'-E')                 | 32,88  | 1,99                   | 10           | 19,86                  | 750,54                                          | OK               |
| 6 (D'-E')                 | 21,64  | 1,99                   | 10           | 19,86                  | 750,54                                          | OK               |
| A (3-7)                   | 20,80  | 1,29                   | 7            | 9,03                   | 341,33                                          | OK               |
| C (1-5)                   | 13,55  | 1,29                   | 6            | 7,74                   | 292,57                                          | OK               |
| C (5-8)                   | 6,86   | 1,29                   | 4            | 5,16                   | 195,05                                          | OK               |
| E (5-8)                   | 8,59   | 1,29                   | 5            | 6,45                   | 243,81                                          | OK               |
| F (1-4)                   | 8,83   | 1,29                   | 5            | 6,45                   | 243,81                                          | OK               |
| G (4-8)                   | 13,29  | 1,99                   | 6            | 11,91                  | 450,33                                          | OK               |
| A' (3-7)                  | 17,07  | 1,29                   | 7            | 9,03                   | 341,33                                          | OK               |
| C' (1-5)                  | 11,86  | 1,29                   | 6            | 7,74                   | 292,57                                          | OK               |
| C' (5-8)                  | 6,00   | 1,29                   | 4            | 5,16                   | 195,05                                          | OK               |
| E' (5-8)                  | 8,17   | 1,29                   | 5            | 6,45                   | 243,81                                          | OK               |
| F' (1-4)                  | 8,53   | 1,29                   | 5            | 6,45                   | 243,81                                          | OK               |

Fuente: Elaboración propia



#### 4. CONCLUSIONES

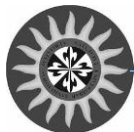
El procedimiento de forma manual para el análisis y diseño estructural de edificaciones utilizando el sistema de muros en mampostería, puede considerarse muy útil por cuanto permite al diseñador y al lector entender con más claridad el comportamiento de este sistema estructural considerando todos los efectos gravitacionales, sísmicos y si es el caso, bajo la acción de cargas de viento.

Uno de los aspectos más importantes durante la fase de diseño de muros en mampostería es la correcta caracterización, distribución e identificación arquitectónica y estructural de los muros (estructurales y no estructurales), porque es fundamental para la determinación de los materiales (tipo de bloque, morteros, acero refuerzo) que se utilizarán para el diseño y construcción de la estructura.

No obstante, si la selección de los materiales e identificación de los elementos estructurales es importante, también lo es el análisis correcto de las cargas que actuarán sobre estos elementos, por lo tanto es de gran importancia contar con un análisis preciso y detallado de los materiales y elementos, dado que estos representan en mayor parte el peso de toda la edificación, condición que determinará el diseño final de los muros estructurales a los cuales se les solicitarán estas cargas.

Como se pudo apreciar, las fases de diseño a flexión y flexo-compresión son bastante similares al diseño de elementos en concreto reforzado, dado su comportamiento mecánico a la flexión y a la compresión. En cuanto al diseño a cortante, la resistencia de la mampostería es tenida en cuenta parcialmente por cuanto esta no absorbe la totalidad del cortante, dejando así la resistencia a cortante al acero de refuerzo de los elementos.

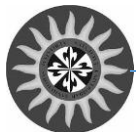
Del análisis sísmico de la edificación se concluye que los datos relevantes como las derivas a cortante y torsión presentes en cada nivel de la estructura se encuentran dentro del rango permitido por la norma, lo que demuestra que la selección de los muros estructurales se hizo de forma correcta. Además se puede considerar que la estructura cuenta con características fundamentales como rigidez y estabilidad, por lo que los daños ocurrientes durante un evento sísmico pueden ser menores.



La excentricidad de los centros de rigidez, masa y torsión está a favor del diseño dado que para cada nivel el cálculo de estos centros arroja valores similares, luego los efectos torsionales por acción del sismo son reducidos en comparación si los centros distan en gran medida.

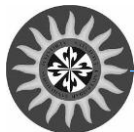
El ejercicio de diseñar una estructura construida con anterioridad cuyo sistema estructural es diferente (placas y muros de carga en concreto reforzado), nos muestra en este caso las ventajas y desventajas que representan utilizar muros de mampostería reforzada y realizar una comparación de eficiencia y costos en cuanto a construcción se refiere.

El uso de mampostería estructural para la construcción de edificaciones es potencialmente una alternativa viable y confiable según el uso que se le asigne. Además, su construcción representa una ventaja en tiempo y economía si la necesidad del proyecto así lo requiere, es por ello que se le considera en la mayor parte de las regiones del país como la solución para la construcción de viviendas de interés social.



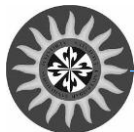
## 5. RECOMENDACIONES

1. Para el diseño de estructuras en mampostería estructural se recomienda al diseñador que la densidad de los muros en ambas direcciones no sea inferior a los 20cm/m<sup>2</sup>.
2. Se recomienda que la distribución de acero de refuerzo en los muros sea homogénea con el fin de garantizar que la estructura se comporte de manera correcta en caso de sismo.
3. Concentrar el refuerzo en los muros externos da mayor eficiencia a flexo-compresión en la estructura
4. El diseño arquitectónico es fundamental para el posterior diseño estructura, por lo tanto se recomienda que este sea claro para que se facilite la aplicación de los conceptos de diseño.
5. Se recomienda en gran medida hacer el uso de software básico como el Excel, ya que permite la organización y el manejo de los datos en forma clara y sistemática.

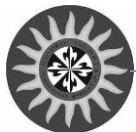


## 6. BIBLIOGRAFÍA

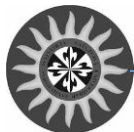
- [1] Código Colombiano de Sismo-resistencia NSR-10, Títulos A, B, C, D.
- [2] Junco Gutiérrez Oscar Javier, *Mampostería Estructural*. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes. Bogotá, 2003.
- [3] Uriel Gallego Andrés. *Mampostería Estructural*. Universidad Nacional, Medellín 1989.
- [4] Sánchez Cantillo Carlos A. *Metodologías de diseño para edificaciones en mampostería estructural basadas en la norma colombiana de diseño sismo-resistente NSR 98*, Universidad industrial de Santander (UIS) 2004.
- [5] República del Ecuador. *Guía práctica para construcción de mampostería reforzada*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito, 1978.
- [6] Jorge Gómez Domínguez PhD. *MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Departamento de Ingeniería Civil, México 2007.
- [7] Red de Estudios Sociales En Prevención de Desastres en América Latina (LA RED) y Comisión Asesora del Régimen de Construcciones Sismo-Resistentes. *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). Colombia, 2001.
- [8] Ing. Álvaro Poveda Vargas, Ing. Diana Ubico Durán. *Manual de construcción con bloques de Concreto*. Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto, 2007.



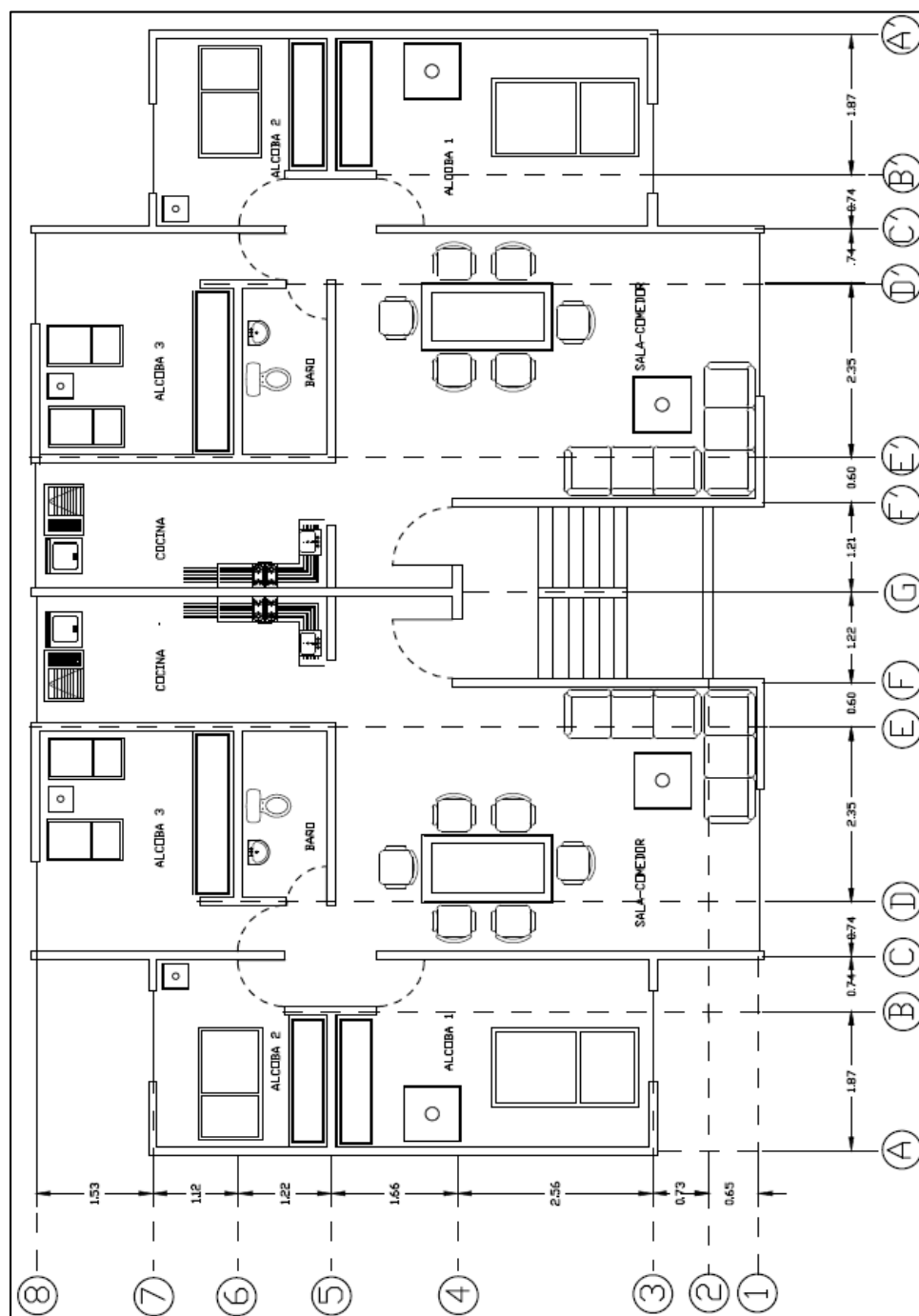
- [9] Herrera María Angélica, Madrid German Guillermo. *Manual de construcción de mampostería de concreto*. Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC).
- [10] *Construcciones de Albañilería-Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural*, Ángel San Bartolomé, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1994.
- [11] Remberto Mendoza Ríos, Roger Rodelo Martínez, *Fundamentos de la mampostería estructural y su aplicación en el análisis y diseño de edificios*, Universidad de Sucre, 2007
- [12] N Villaseca C. *Análisis Avanzado Y Normas Vigentes De Concreto Armado Y Albañilería Estructural*.
- [13] *Manual de diseño Muros divisorios y de fachada en mampostería*, Ladrillera Santafe.
- [14] Englekirk Robert y Hart Gary, *Earthquake Design of Concrete Masonry Buildings (Volume 2)*, Prentice Hall, New Jersey, 1984.
- [15] Angel San Bartolomé Y Mirlene Castro *Efecto De Cinco Variables Sobre La Resistencia De La Albañilería* Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- [16] Rosa Karina Cuellar Zertuche *Parámetros De Resistencia Para Estructuras De Mampostería*, Universidad Veracruzana, 2014.
- [17] Ana Yanet Sánchez Gil, Fredy Yadir Mejía Angarita, *Análisis de los esfuerzos de compresión en unidades de mampostería estructural y muretes E-9, E-11 y E-14 de una empresa ladrillera de Santander*, Universidad Pontificia Bolivariana, 2009.
- [18] Ambrose James, *Diseño simplificado de edificios para cargas de viento y sismo*, Limusa editores, Mexico, 1986.

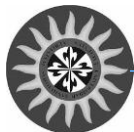


## 7. ANEXOS

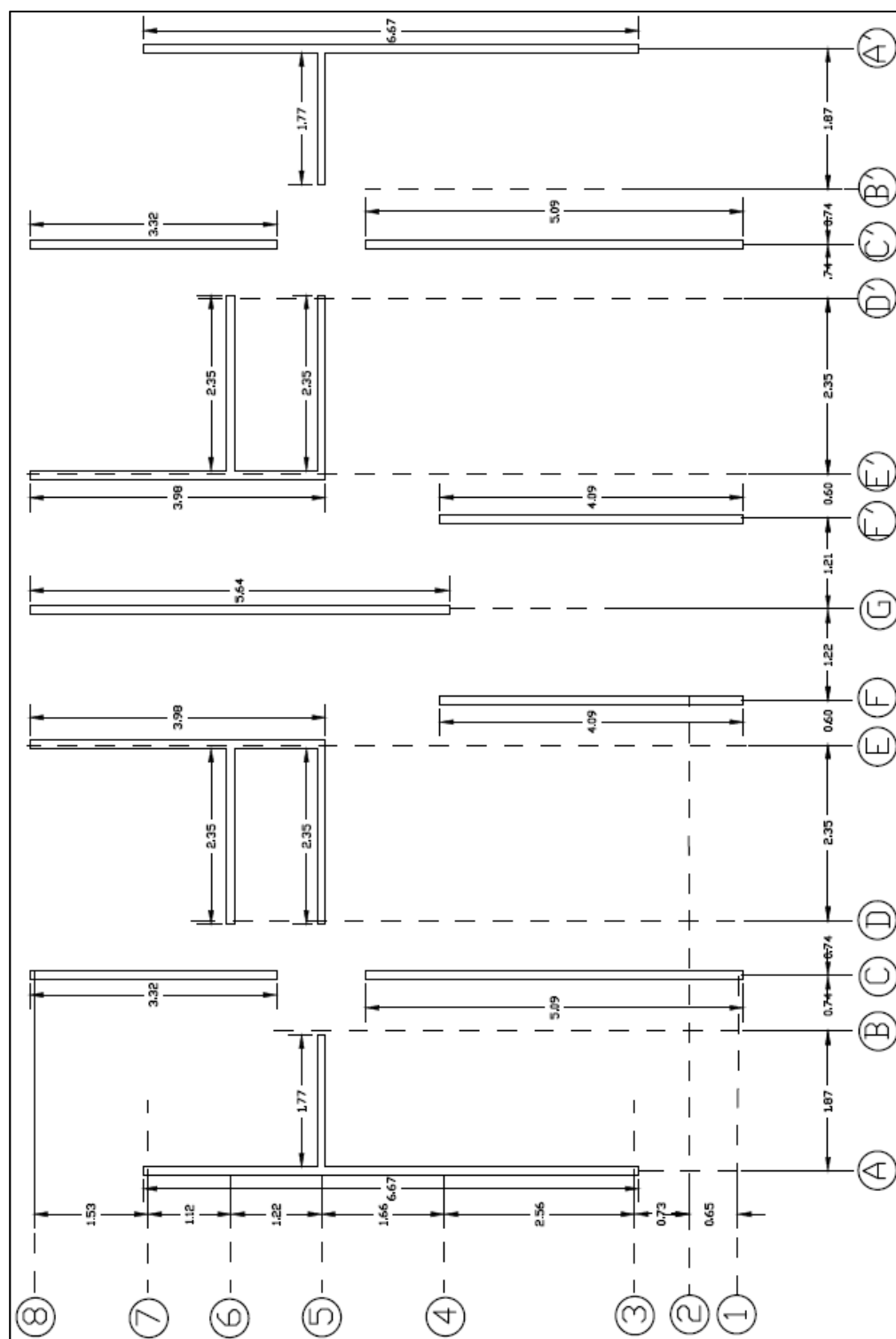


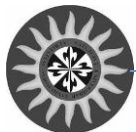
## Anexo 1. Planta Arquitectónica



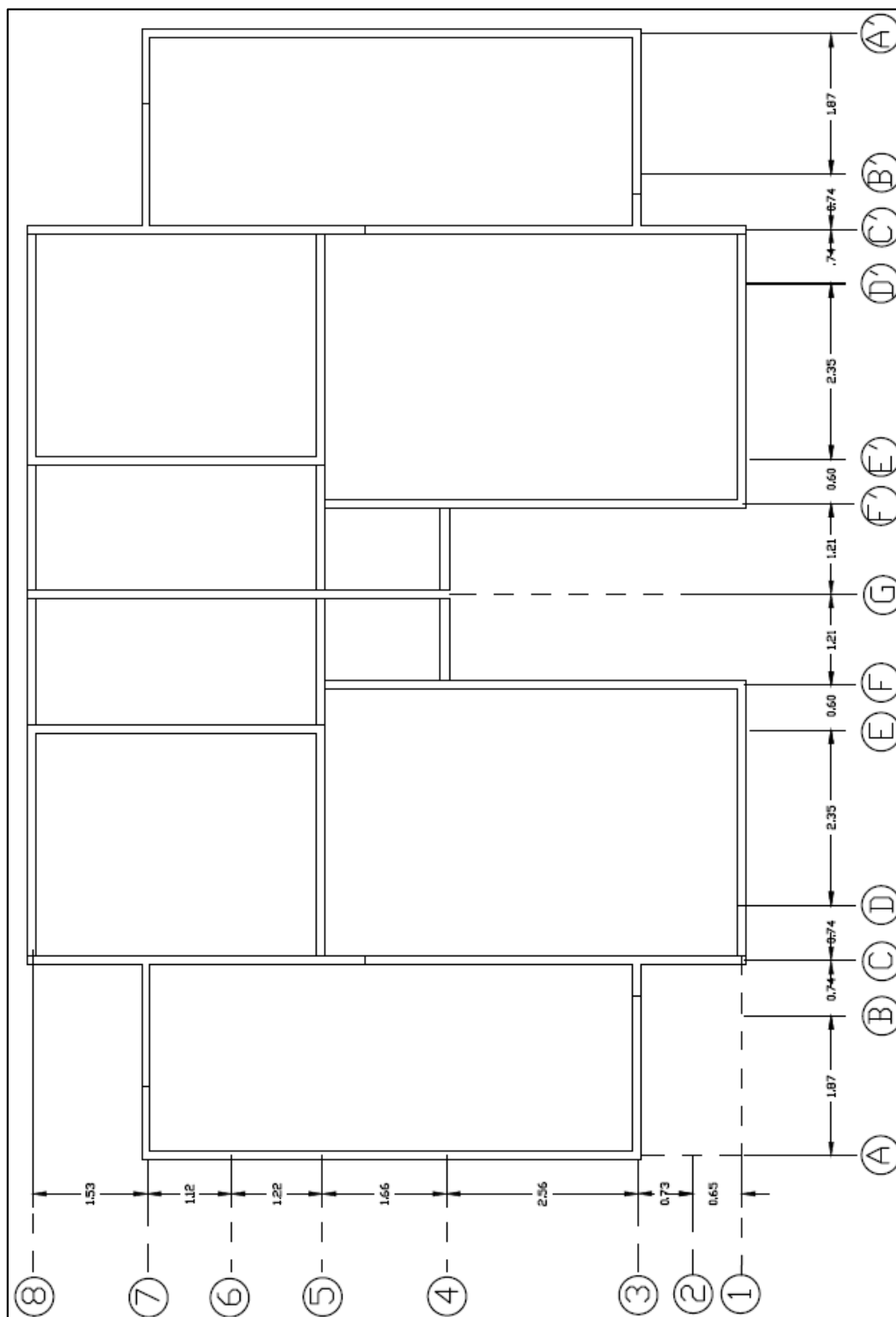


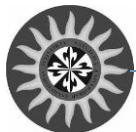
## Anexo 2. Planta de muros estructurales



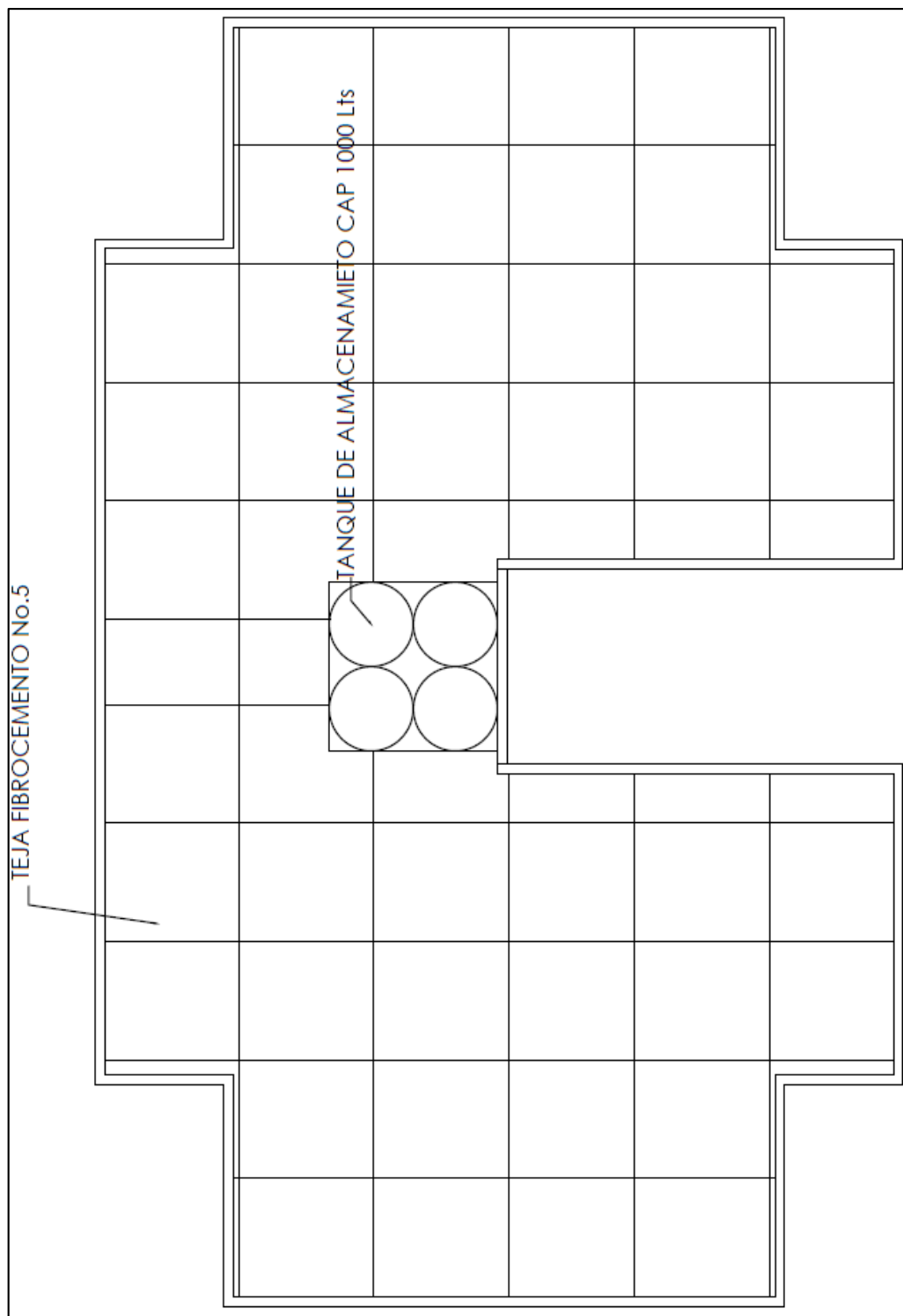


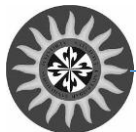
Anexo 3. Planta de muros culata



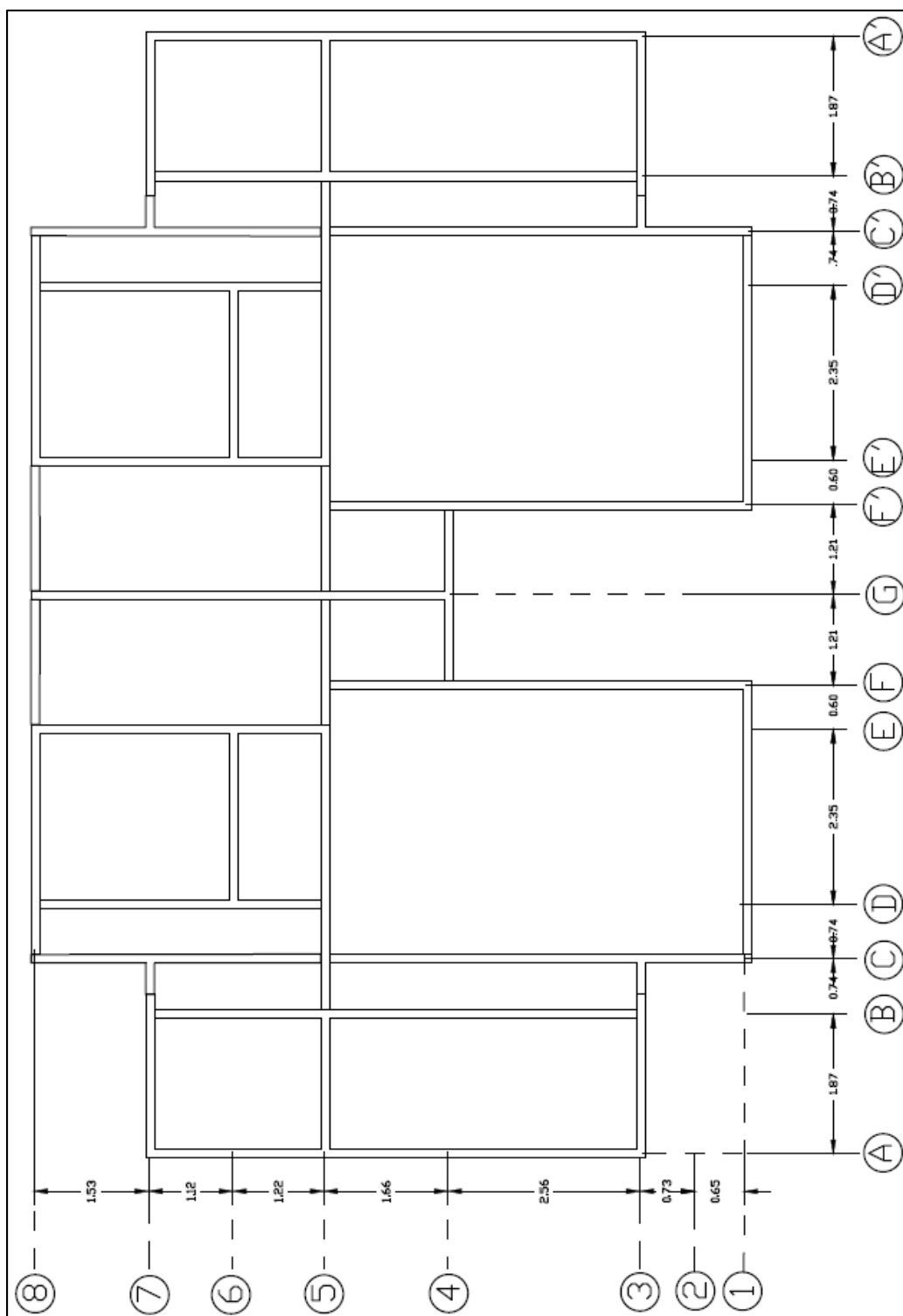


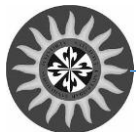
#### Anexo 4. Planta de cubierta



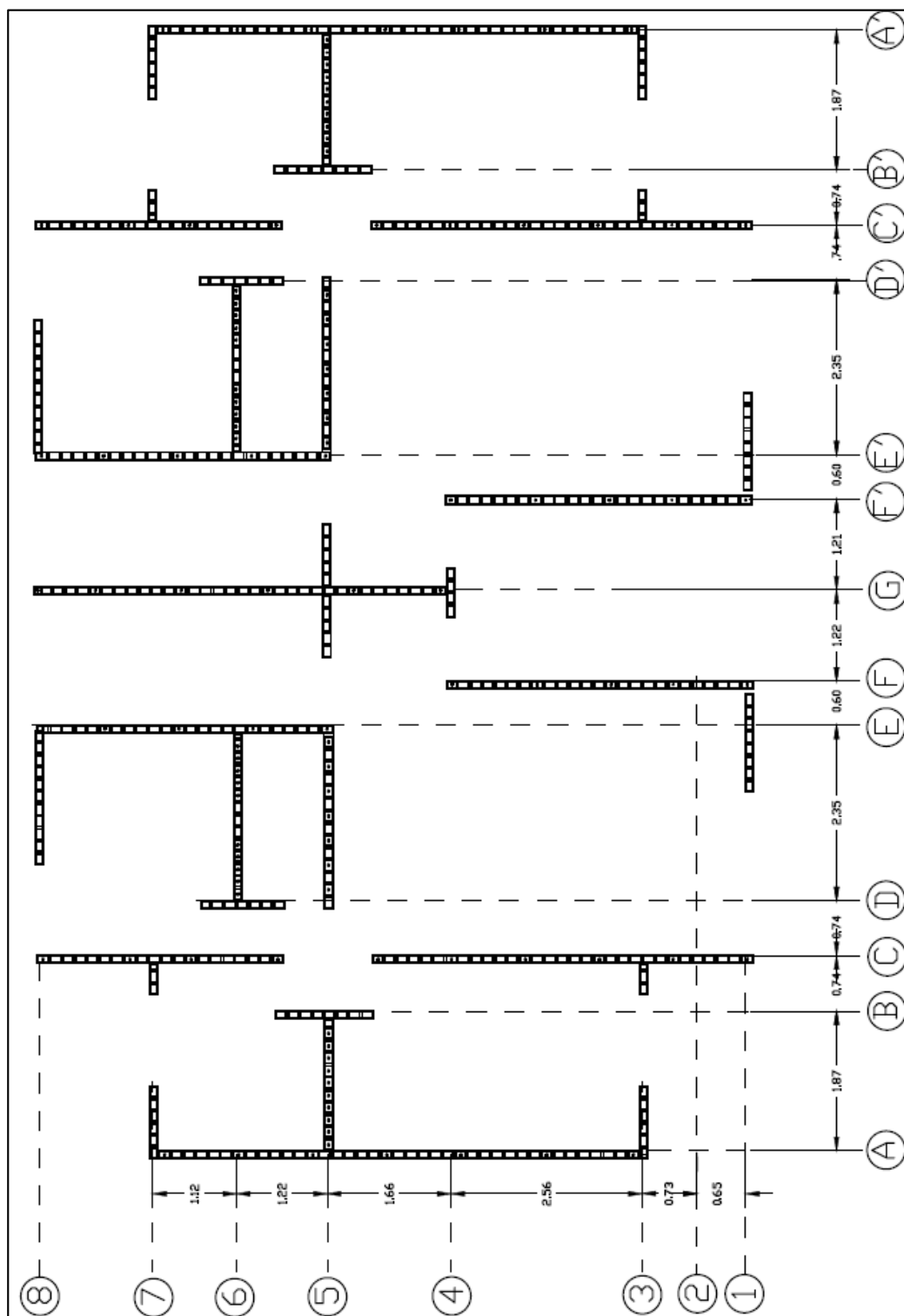


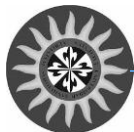
Anexo 5. Planta vigas de amarre



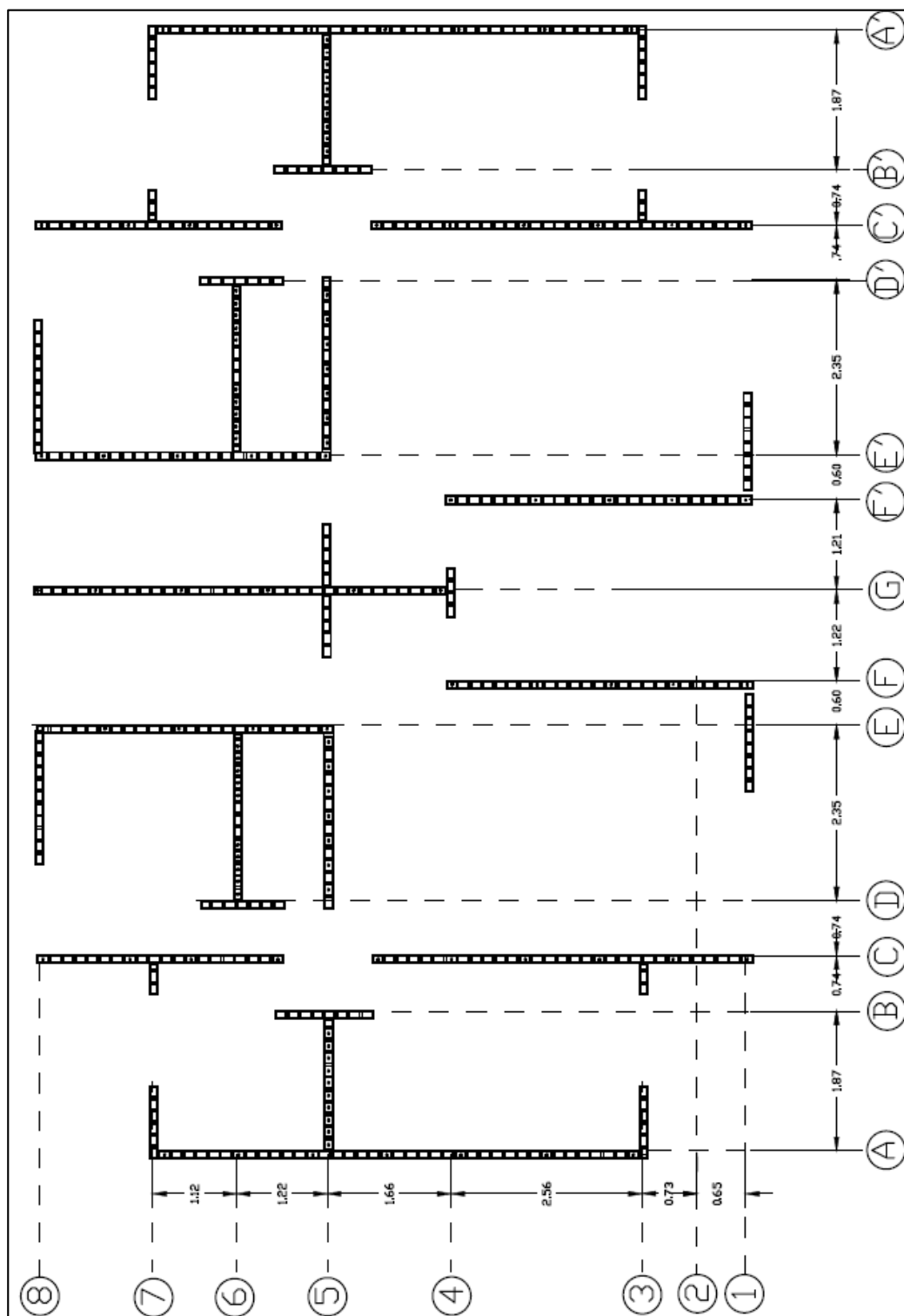


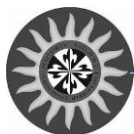
Anexo 6. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales primer piso



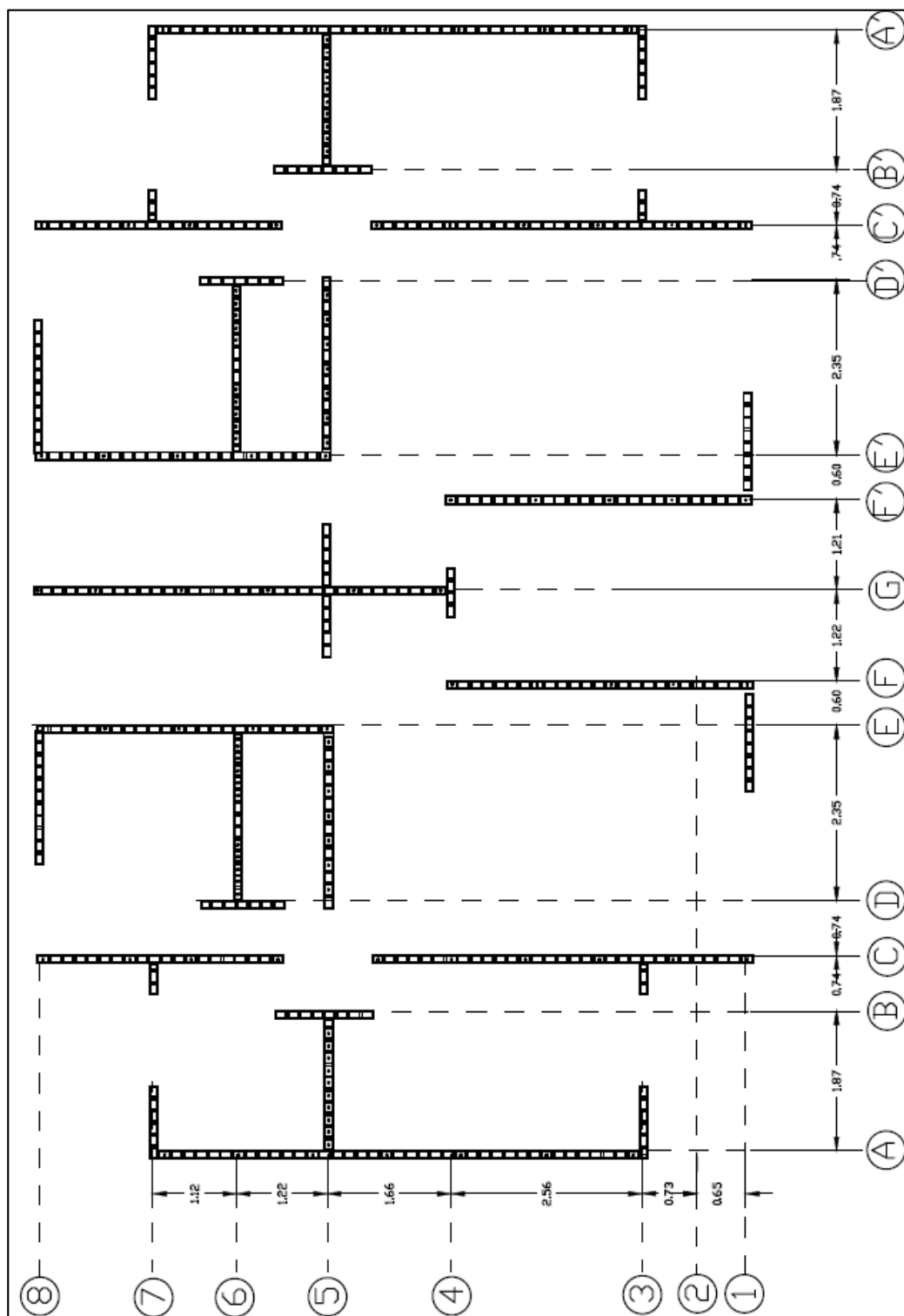


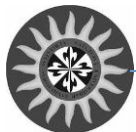
Anexo 7. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales segundo piso



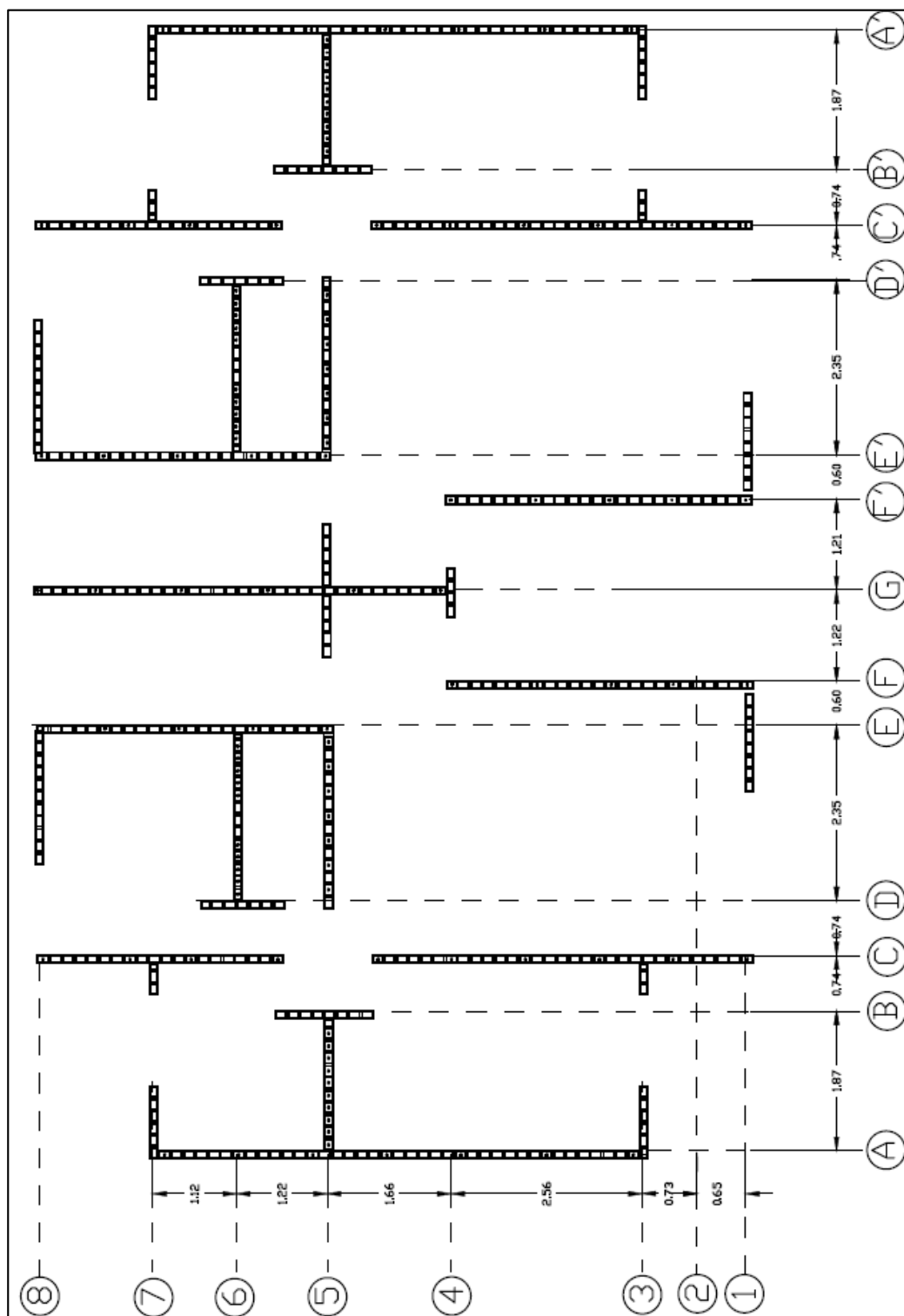


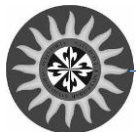
Anexo 8. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales tercer piso





Anexo 9. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales cuarto piso





Anexo 10. Planta ubicación de refuerzo muros estructurales quinto piso

