

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA REVISIÓN DE DISEÑOS ESTRUCTURALES SEGÚN
EL REGLAMENTO NSR-10, EN EDIFICACIONES CON SISTEMA DE PÓRTICOS
RESISTENTES A MOMENTOS.

OSCAR MAURICIO QUINTERO SIERRA

ALEJANDRO SILVA MOSCOSO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, D.C.

2020

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA REVISIÓN DE DISEÑOS ESTRUCTURALES SEGÚN
EL REGLAMENTO NSR-10, EN EDIFICACIONES CON SISTEMA DE PÓRTICOS
RESISTENTES A MOMENTOS.

OSCAR MAURICIO QUINTERO SIERRA

ALEJANDRO SILVA MOSCOSO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

Ing. Rafael Alejandro Pérez Martá

Jurado 1:

Ing. Víctor José Mendoza Manjarrez

Jurado 2:

Ing. Gabriel Santiago Silva Vega

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, D.C.

2020

Resumen

En el presente documento se examina el contexto de la revisión de diseños en la actualidad y se propone una guía metodológica para realizar una revisión completa de diseños estructurales, y revisión general para diseños geotécnicos y de elementos no estructurales en edificaciones de pórticos de concreto reforzado resistente a momentos, que sirva como apoyo para los profesionales encargados de garantizar el cumplimiento del reglamento NSR-10.

La verificación de los criterios de diseño sísmico de la guía se realiza de acuerdo con el alcance dado por la Resolución 0017 de 2017. Para garantizar un análisis completo, la guía se compone de una lista de chequeo acompañada de un libro interactivo de Excel en el cual se presentan los rangos y procedimientos permitidos, además se presenta el proceso para el modelamiento y análisis dinámico de pórticos de concreto reforzado en el Software ETABS.

Se presenta cronológicamente el contexto normativo alrededor de las revisiones estructurales, donde se abordan aspectos clave en las leyes, decretos y resoluciones vigentes como: las entidades encargadas, los tipos de revisiones, las cualidades y calidades de los profesionales, las incompatibilidades, los casos en los cuales es obligatorio realizar la revisión, y por último el alcance de la actividad.

Por último, para ejemplificar la guía, se efectuará la revisión del proyecto Centro Día localizado en Funza, Cundinamarca. El cual está compuesto por dos edificaciones de uso institucional de pórticos de concreto reforzado, cuenta con dos niveles que representan más de 2500 m² de área construida. Se cuenta con toda la información del proyecto suministrada por la secretaría de infraestructura de Funza, y se entregará un informe de la revisión del proyecto, además de la guía metodológica.

Palabras clave: Revisión estructural, curaduría, licencia urbanística, análisis sísmico, pórticos de concreto reforzado, ETABS, NSR-10.

Abstract

This document examines the context of the design review at present and proposes a methodological guide to carry out a complete review of structural designs, and a general review for geotechnical and non-structural element designs in buildings of moment-resistant reinforced concrete frames, at times, it serves as support for the professionals responsible for ensuring compliance with the NSR-10 regulation.

Verification of the guide's seismic design criteria is carried out in accordance with the scope given by Resolution 0017 of 2017. To guarantee a complete analysis, the guide consists of a checklist accompanied by an interactive Excel book in which presents the ranges and procedures allowed, also presents the process for the dynamic modeling and analysis of reinforced concrete porticos in the ETABS Software.

The normative context around structural reviews is presented chronologically, where key aspects are addressed in the laws, decrees and resolutions in force such as: the entities in charge, the types of reviews, the qualities of the professionals, the incompatibilities, the cases in which is mandatory to carry out the review, and finally the scope of the activity.

Finally, to exemplify the guide, the review of the Centro Dia project located in Funza, Cundinamarca will be carried out. Which is composed of two buildings for institutional use of reinforced concrete frames, has two levels representing more than 2,500 m² of built area. There is all the information on the project provided by the infrastructure secretary of Funza, and a report of the project review will be delivered, in addition to the methodological guide.

Key words: Structural review, curatorship, urban planning license, seismic analysis, reinforced concrete frames, ETABS, NSR-10.

Tabla de Contenido

Resumen	i
Lista de Tablas.	v
Lista de figuras.	ix
1. Introducción	1
2. Formulación del problema	3
3. Justificación.....	6
4. Objetivos	8
4.1. Objetivo general	8
4.2. Objetivos específicos.....	8
5. Marco referencial	9
5.1. Marco teórico.....	9
5.1.1 Amenaza Sísmica	9
5.1.2 Movimientos sísmicos de diseño.....	9
5.1.3 Espectro de respuesta sísmica	10
5.1.4 Requisitos de diseño sismo resistente	11
5.1.5 Análisis de la estructura	13
5.1.6 Verificación de derivas.....	14
5.1.7 Cargas y combinaciones de carga	15
5.1.8 Diseño de elementos estructurales	16
Diseño de Vigas	16
Diseño de Columnas.....	19
Diseño de losa de entrepiso.....	23
Diseño de escalera.....	23
5.1.9 Diseño de elementos no estructurales.	25

5.1.10 Diseño de elementos de cimentación.	26
Diseño de zapatas	26
Vigas de amarre en la cimentación	28
5.2. Marco conceptual	28
5.3. Marco histórico	30
5.4. Marco legal	32
5.5. Marco tecnológico	39
6. Metodología.	41
7. Guía Metodológica	43
Índice	45
Datos del proyecto:	46
Revisión contenido mínimo de memorias, planos y estudios.	47
1. Revisión del diseño estructural.	51
2 Revisión de diseño sísmico de elementos no estructurales	93
3 Revisión de estudios geotécnicos	97
8. Conclusiones y recomendaciones	110
9. Referencias	114
Anexos	117

Lista de Tablas.

Tabla 1 Irregularidades en planta. NSR-10 Tabla A.3-6. Fuente (AIS, 2010).....	12
Tabla 2 Irregularidades en altura. NSR-10 Tabla A.3-7. Fuente (AIS, 2010)	12
Tabla 3 Restricciones de uso sistema de pórtico. NSR-10 Tabla A.3-3. Fuente (AIS, 2010)	12
Tabla 4 Requisitos para combinaciones de carga. NSR-10. Fuente: Elaboración propia.	16
Tabla 5 Factor de reducción de resistencia Φ . (AIS, 2010)	16
Tabla 6 Distribución de estribos en vigas, Awad (2012). Fuente: Elaboración propia.....	19
Tabla 7 Distribución de estribos en columnas, Awad (2012). Fuente: Elaboración propia.....	21
Tabla 8 Refuerzo de retracción y temperatura NSR-10 (AIS, 2010)	23
Tabla 9 Grados de desempeño elementos no estructurales. Fuente: Elaboración propia.	25
Tabla 10 Condiciones de recubrimiento, adaptado de NSR-10. Fuente: Elaboración propia.....	26
Tabla 11 Obligatoriedad de la revisión de los diseños. Fuente: Elaboración propia.	37
Tabla 12 Alcance de revisión de diseños Res. 0017 de 2017. Fuente: Elaboración propia.....	38
Tabla 13 Índice de guía metodológica. Fuente: Elaboración propia.....	45
Tabla 14 Datos del proyecto a revisar. Fuente: Elaboración propia.	46
Tabla 15 Lista de Chequeo contenido mínimo de documentos. Fuente: Elaboración propia.	47
Tabla 16 Lista de chequeo avalúo de cargas. Fuente: Elaboración propia.	51
Tabla 17 Chequeo de requisitos adicionales para combinaciones. NSR-10. Fuente: Autor	52
Tabla 18 Combinaciones de carga. Fuente: Autor	52
Tabla 19 Peso propio elementos de entrepiso. Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 20 Elementos no estructurales. Fuente: Elaboración propia.	54
Tabla 21 Cargas vivas mínimas requeridas, Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 22 Cargas vivas mínimas en cubiertas. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 23 Cargas de granizo. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 24 Empuje de tierra y presión hidrostática. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 25 Procedimientos de diseño fuerzas de viento. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 26 Método 1: Procedimiento simplificado. Fuente: Elaboración propia.	57
Tabla 27 Método 2: Procedimiento analítico. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 28 Carga de viento de diseño mínima. Fuente: Elaboración propia.	58
Tabla 29 Lista de chequeo parámetros de diseño sísmico. Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 30 Movimientos y zona de amenaza sísmica. Fuente: Elaboración propia.....	60

Tabla 31 Movimientos y zona de amenaza sísmica. Fuente: Elaboración propia.....	60
Tabla 32 Movimientos y zona de amenaza sísmica. Fuente: Elaboración propia.....	61
Tabla 33 Grupo de uso de la edificación. Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 34 Coeficiente de importancia. Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 35 Periodos de vibración de la estructura. Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 36 Limitaciones de uso sistema de pórticos de concreto. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 37 Coeficiente de disipación de energía básico. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 38 Chequeo de irregularidad en planta. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 39 Chequeo de irregularidad torsional tipo 1aP-1bP. Fuente: Elaboración propia.	67
Tabla 40 Chequeo de irregularidad en planta. Fuente: Elaboración propia.	68
Tabla 41 Chequeo de irregularidad por ausencia de redundancia. Fuente: Elaboración propia. ...	69
Tabla 42 Coeficiente de disipación de energía. Fuente: Elaboración propia.	69
Tabla 43 Lista de chequeo análisis estructural empleado. Fuente: Elaboración propia.....	70
Tabla 44 Selección método de análisis estructural. Fuente: Elaboración propia.	70
Tabla 45 Periodo fundamental aproximado T_a . Fuente: Elaboración propia.	71
Tabla 46 Cortante sísmico basal VS. Fuente: Elaboración propia.	72
Tabla 47 Cálculos de fuerzas horizontales equivalentes. Fuente: Elaboración propia.	73
Tabla 48 Ajuste de los resultados. Fuente: Elaboración propia.	74
Tabla 49 Lista de chequeo verificación de derivas. Fuente: Elaboración propia.....	74
Tabla 50 Separación de estructuras adyacentes. Fuente: Elaboración propia.	75
Tabla 51 Efectos P-Delta. Fuente: Elaboración propia.	76
Tabla 52 Verificación de derivas y desplazamientos. Fuente: Elaboración propia.	76
Tabla 53 Lista de chequeo diseño de miembros estructurales. Fuente: Elaboración propia.....	77
Tabla 54 Características del elemento. Fuente: Elaboración propia.	78
Tabla 55 Datos de análisis estructural en ETABS. Fuente: Elaboración propia.	78
Tabla 56 Definición de factores y coeficientes. Fuente: Elaboración propia.....	79
Tabla 57 Revisión diseño a flexión de vigas. Fuente: Elaboración propia.	79
Tabla 58 Revisión diseño a cortante en vigas. Fuente: Elaboración propia.....	80
Tabla 59 Requisitos de separación de estribos en vigas. Fuente: Elaboración propia.	81
Tabla 60 Requisitos de separación de estribos en vigas. Fuente: Elaboración propia.	81
Tabla 61 Definición de características losa de entrepiso. Fuente: Elaboración propia.	82

Tabla 62 Revisión diseño a retracción y temperatura. Fuente: Elaboración propia.....	82
Tabla 63 Dimensiones de escalera. Fuente: Elaboración propia.....	83
Tabla 64 Predimensionamiento placa de escalera. Fuente: Elaboración propia.	83
Tabla 65 Avalúo de cargas de escalera. Fuente: Elaboración propia.....	83
Tabla 66 Coeficientes diseño a flexión de escalera. Fuente: Elaboración propia.	84
Tabla 67 Diseño a flexión escalera. Fuente: Elaboración propia.	84
Tabla 68 Revisión diseño a cortante de escalera. Fuente: Elaboración propia.	85
Tabla 69 Diseño a retracción y temperatura escalera.. Fuente: Elaboración propia.	85
Tabla 70 Definición de características de columna. Fuente: Elaboración propia.	86
Tabla 71 Acero longitudinal requerido. Fuente: Elaboración propia.....	86
Tabla 72 Separación de refuerzo longitudinal en columnas. Fuente: Elaboración propia.	87
Tabla 73 Requisitos de separación y long. de confinamiento. Fuente: Elaboración propia.	87
Tabla 74 Refuerzo transversal requerido. Fuente: Elaboración propia.	88
Tabla 75 Valores iniciales para el diagrama de interacción. Fuente: Elaboración propia.	88
Tabla 76 Punto máximo del diagrama de interacción. Fuente: Elaboración propia.	89
Tabla 77 Punto de la falla balanceada eje Y. Fuente: Elaboración propia.....	90
Tabla 78 Punto en zona de tensión eje Y. Fuente: Elaboración propia.....	90
Tabla 79 Lista de chequeo criterios de revisión título J y K. Fuente: Elaboración propia.	92
Tabla 80 Lista de chequeo revisión planos estructurales. Fuente: Elaboración propia.....	93
Tabla 81 Lista de chequeo elementos no estructurales. Fuente: Elaboración propia.....	94
Tabla 82 Exenciones diseño de elementos no estructurales. Fuente: Elaboración propia.	94
Tabla 83 Definición grado de desempeño. Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 84 Determinación de coeficientes a_p y R_p . Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 85 Determinación fuerzas sísmicas de diseño F_p . Fuente: Elaboración propia.	96
Tabla 86 Criterios de diseño sísmico de instalaciones. Fuente: Elaboración propia.	97
Tabla 87. Lista de chequeo caracterización geotécnica. Fuente: Elaboración propia.....	98
Tabla 88. Clasificación unidades de construcción. Fuente (AIS, 2010)	98
Tabla 89. Número mínimo de sondeos y profundidad. Fuente (AIS, 2010)	99
Tabla 90. Normativas de ensayos de propiedades básicas. Fuente: Elaboración propia.	101
Tabla 91. Normativas de ensayos de propiedades geomecánicas. Fuente: Elaboración propia..	101
Tabla 92. Factor de seguridad indirecto. Fuente (AIS, 2010)	101

Tabla 93. Factor de seguridad directo. Fuente (AIS, 2010)	102
Tabla 94. Suelos expansivos. Fuente (AIS, 2010)	102
Tabla 95. Suelos dispersivos o erodables. Fuente (AIS, 2010).....	103
Tabla 96. Suelos colapsables. Fuente (AIS, 2010).....	103
Tabla 97. Efecto de la vegetación. Fuente (AIS, 2010)	103
Tabla 98. Lista de chequeo análisis y diseño de cimentación. Fuente: Elaboración propia.	104
Tabla 99. Características del suelo. Fuente: Elaboración propia.	104
Tabla 100. Características de la estructura de cimentación. Fuente: Elaboración propia.	105
Tabla 101. Capacidad portante del suelo. Fuente: Elaboración propia.	105
Tabla 102. Factores y coeficientes de cimentación. Fuente: Elaboración propia.	106
Tabla 103. Diseño por cortante o punzonamiento. Fuente: Elaboración propia.	107
Tabla 104. Diseño por aplastamiento. Fuente: Elaboración propia.	107
Tabla 105. Diseño a flexión de cimentación. Fuente: Elaboración propia.	108
Tabla 106. Características de la viga de amarre. Fuente: Elaboración propia.	108
Tabla 107. Diseño a compresión y tracción. Fuente: Elaboración propia.....	109

Lista de figuras.

Figura 1. Espectro elástico adaptado de aceleraciones. Fuente: (Awad, 2012)	10
Figura 2. Espectro elástico de aceleraciones de diseño. NSR-10. Fuente: (AIS, 2010)	11
Figura 3. Derivas de entrepiso. Fuente: (Awad, 2012)	14
Figura 4. Condiciones de falla en columnas. Fuente: (Awad, 2012)	21
Figura 5. Proceso de obtención de licencia de construcción. Adaptado de López, 2018.	29
Figura 6. Lista de chequeo para solicitud de licencias urbanísticas. Resolución 0463 de 2017. ...	39
Figura 7. Flujograma de metodología del proyecto. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 8. Flujograma de metodología de aplicación de la guía. Fuente: Elaboración propia.	44
Figura 9. Saludo de bienvenida guía Excel. Fuente: Elaboración propia.	45
Figura 10. Espectro elástico de diseño. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 11. Espectro sísmico para el umbral de daño. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 12. Espectro sísmico para el umbral de daño. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura 13. Diagrama de interacción en el eje Y. Fuente: Elaboración propia.	91

1. Introducción

En primer lugar, el objetivo del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, es: “reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del estado y de los ciudadanos”. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS, 2010) para que esto sea posible, un mecanismo es la revisión de los diseños cuyo fin es garantizar el cumplimiento de los requisitos prescritos por el reglamento.

A pesar de que el objetivo de la NSR-10 es claro, en la actualidad se presentan problemas en edificaciones que causan reforzamientos estructurales, demoliciones, o en el peor de los casos, colapsos con pérdidas humanas, como es el caso del edificio Space en 2013 que causó la muerte de doce trabajadores. Este panorama deja muchos interrogantes en la labor de las entidades de control y peor aún en el estado actual de la ingeniería estructural del país. Para entender por qué suceden estos problemas, se describen razones como ausencia de criterio de los ingenieros al dejar el trabajo en manos de software, limitarse al cumplimiento estricto de la normativa y dejar de lado las características particulares del proyecto, por otra parte, seleccionar a los diseñadores y revisores por honorarios, es decir al menor precio y menor costo, falta de ética, corrupción e informalidad en personal no calificado en algunas regiones del país. (González, 2018)

Por consiguiente, el objetivo principal de este documento es contextualizar la actualidad de la revisión de los diseños estructurales, y proponer una guía metodológica para realizar un análisis completo de verificación, basada en listas de chequeo con cálculos y procedimientos, que sirva como instrumento de apoyo para profesionales encargados de la revisión estructural mejorando su desempeño para garantizar el cumplimiento de la normativa.

En la primera parte del trabajo se presentan los conceptos principales que abarca la revisión de los diseños y las licencias urbanísticas, así como la teoría que sustenta los criterios de diseño sísmico, realizada bajo la lupa de los requerimientos del reglamento NSR-10.

Posteriormente, se examina y contextualiza cronológicamente la normatividad desde la creación de las normas sismo resistencia hasta las resoluciones, leyes y decretos vigentes y lo que aporta cada una en la actualidad acerca de la revisión estructural, se abordan las entidades encargadas, los tipos de revisiones, las cualidades y calidades de los profesionales, los casos en los cuales es obligatorio realizar la revisión, las incompatibilidades y por último el alcance.

De acuerdo con las actividades del revisor de los diseños estipuladas por la resolución 0017 de 2017, se desarrolla la guía, teniendo en cuenta que se delimita principalmente a la revisión de los diseños estructurales en edificaciones con sistema de pórticos de concreto armado y en segundo plano de los estudios geotécnicos y de los elementos no estructurales.

La guía se compone de una lista de chequeo acompañada de un libro de Excel en el cual se presentan rangos permitidos y procedimientos para la verificación completa del cumplimiento de los parámetros prescritos por el reglamento NSR-10. Se basa en el principio de que la revisión se desarrolle mediante un análisis completo, para lo cual es necesaria la realización del modelo en un software con el fin de contrastar los parámetros obtenidos con los presentados por el diseñador estructural, de manera que se presenta una guía complementaria con el proceso de modelamiento y análisis sísmico de estructuras de pórticos de concreto en ETABS.

Para finalizar y con el fin aplicar la guía en un caso real, se prestará una asesoría externa en la cual se efectuará la revisión del proyecto Centro Día localizado en el municipio de Funza, Cundinamarca. El proyecto se compone de dos edificaciones de uso institucional de pórticos de concreto reforzado, que cuentan con dos niveles que representan más de 2500 m² de área construida, pertenece al grupo de uso de estructuras de ocupación especial, por lo cual es importante garantizar su calidad y seguridad. Se cuenta con toda la información del proyecto suministrada por la secretaría de infraestructura de Funza, como producto se entregará un informe de la revisión del proyecto, además de la guía metodológica.

2. Formulación del problema

La seguridad de los seres humanos es primordial a la hora de diseñar y construir obras civiles, según AIS (2010) “el 87% por ciento de la población colombiana habita en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia y se encuentran en un nivel de riesgo sísmico apreciable” por esta razón La NSR-10 tiene como objeto principal “reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del estado y de los ciudadanos” (AIS, 2010) además, las edificaciones diseñadas bajo este reglamento deben ser capaces de resistir las fuerzas que impone su uso además de temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados sin daño estructural, y temblores fuertes con daños estructurales pero sin colapsar.

Para cumplir con este objetivo, existen mecanismos de control en las ciudades del país que se encargan de revisar los diseños estructurales realizados con el fin de garantizar que las construcciones sean Sismo Resistentes y así expedir las licencias de construcción, esta labor es realizada por las curadurías urbanas o entidades autorizadas como las secretarías de planeación.

En los últimos años se han presentado situaciones en varias regiones del país en las que se reportan desalojos de viviendas por problemas estructurales en las edificaciones que estarían con un alto grado de vulnerabilidad ante un riesgo de colapso, dicha vulnerabilidad se ve reflejada en tener que realizar verificaciones técnicas para definir si se procede con reforzamientos estructurales o en el peor de los casos demoliciones parciales o totales; estos hallazgos se han presentado en edificaciones que solo soportan cargas de servicio, lo cual ante un sismo de gran magnitud sería catastrófico y llegaría a cobrar la vida de miles de personas. Este panorama deja muchos interrogantes en la labor de las entidades de control y peor aún el estado actual de la ingeniería estructural del país.

De acuerdo con la Sociedad Colombiana de Ingenieros a nivel nacional existirían alrededor de 200 edificios con posibles problemas estructurales que tendrían que ser revisados.

Es preocupante que las fallas se encuentran en proyectos de reconocidas empresas, y una de las causas principales sería la ambición por buscar ahorros donde no puede haberlos. Dicha libertad se da debido a que “los promotores de los proyectos siguen escogiendo al diseñador, al revisor independiente, a la curaduría urbana, al constructor, al supervisor técnico independiente, buscando ahorro en sus honorarios o en lograr estructuras más baratas con menos refuerzo o concreto (...), para lo cual para garantizar la calidad de las edificaciones se debe delegar control independiente”. (SCI, 2019)

Así mismo González (2018) indica que “existe un interrogante del buen estado actual de la ingeniería, acontecimientos como el colapso del edificio Space, el desalojo de varios edificios en Medellín y otras ciudades del país, fundamentan esta idea.”

Son varias las causas de esta situación, entre ellas se encuentra la llegada del computador como reemplazo del ingeniero, y no porque no sea una poderosa herramienta para el análisis de estructuras si no porque algunos ingenieros únicamente hacen uso de estos programas sin incluir su criterio profesional, de la misma manera sucede con el reglamento NSR-10 que dicta requisitos mínimos bajo los cuales se están guiando sin tener los requerimientos particulares de cada proyecto. (González, 2018)

Otro de los aspectos y uno de los más preocupantes del sector, es la falta de principios éticos y la corrupción, de acuerdo con Ochoa (2018) el COPNIA ha tenido que sancionar alrededor de 387 profesionales entre ingenieros y afines por infringir la conducta ética, por diferentes motivos como infringir normas ambientales, curadores que aprueban licencias sin el total de los requisitos, ingenieros civiles que construyen sin licencias de construcción, por no cuidar el cumplimiento de las normas técnicas en las diferentes fases de diseño, y construcción.

En el año 2013 sucedió la tragedia del edificio Space el cual se desplomó causando la muerte de doce trabajadores, después del fallo de una columna el día anterior. De acuerdo con el

estudio realizado por la Universidad de los Andes (2014) se determinó que la edificación presentaba diseños deficientes entre los que se encuentran:

Las muestras de concreto y acero no cumplían con las resistencias especificadas, las losas de entrepiso eran susceptibles a deflexiones verticales mayores a las permitidas, las cargas que debían soportar los elementos eran superiores a su capacidad lo que produjo asentamientos totales y diferenciales mayores a los admisibles, era susceptible a deformaciones horizontales debido a sismos y en general no cumplía con los requisitos de la NSR-98 norma bajo la cual se reglamentaba el diseño y como consecuencia el edificio se cayó por su propio peso.

Este accidente produjo un cambio en la normatividad colombiana, ya que llevo a crear la Ley 1796 de 2016, que junto con la resolución 0015 de 2015 y su actualización 0017 de 2017, fueron reglamentadas por el Decreto 945 de 2017, donde se implementa la figura de revisor estructural independiente de manera obligatoria para tales tipos de proyectos, como mecanismo para evitar errores, negligencias y comprobar el cumplimiento del reglamento NSR-10.

3. Justificación

A pesar de las medidas tomadas donde se determina el alcance de la revisión de las edificaciones, para evitar errores y garantizar el cumplimiento de los diseños; se siguen teniendo vacíos debido a que en la normatividad “no se define detalladamente un procedimiento o una metodología clara y obligatoria para la revisión, que garantice el cumplimiento.” (Gómez, 2017)

Según Gómez (2017) actualmente las diferentes entidades encargadas realizan cuatro tipos de revisiones de acuerdo con el alcance que realizan, afirma que existe:

- Revisión netamente documental: que se limita a existencia de los documentos
- Revisión superficial de aspectos estructurales: en la que se identifica en los planos los detalles de refuerzos, secciones y otros
- Revisión completa del contenido mínimo: en la que se identifican todos los componentes en planos, memorias y
- Revisión mediante análisis completo: en la que se realiza el análisis de la estructura mediante un modelo numérico o por medio de software del cual obtiene resultados que se confrontan con los resultados de las memorias presentadas.

La revisión mediante análisis completo en la cual se realice la modelación de la estructura es la más recomendada, no obstante, para algunos revisores realizarla es dispendioso y poco rentable dado que los honorarios del revisor resultan mucho menores que los del diseñador, sin embargo y a pesar de que “La norma no lo exige, es obvio que el revisor debería hacer modelos porque su responsabilidad profesional y penal es la misma que la del diseñador” (Álvarez, 2019)

Por tal razón, es necesaria la realización de un manual o guía de fácil acceso y comprensión que se pueda implementar como apoyo para los profesionales encargados de la revisión estructural, ya sea de oficio e independiente, además para utilizarla en dichos municipios

que cuentan con viviendas de baja calidad y diseños insuficientes, que a su vez no cuenten con las autoridades encargadas de realizar los controles necesarios.

Para lograr una revisión mediante análisis completo, la guía se compone de una metodología basada en listas de chequeo en Excel acompañadas por cálculos, rangos de los valores y procedimientos aceptables de la NSR-10 y resultados del modelo estructural en ETABS, con la cual se pueda realizar la verificación del alcance de la revisión de diseños estructurales, estudios geotécnicos y diseño sísmico de elementos no estructurales dado por la resolución 0017 de 2017 y de la misma manera validar o no un diseño estructural.

Por consiguiente, se prestará una asesoría externa a la Alcaldía de Funza cuyo propósito es entregar la guía para facilitar la revisión de próximos diseños estructurales y geotécnicos que tengan las características de edificaciones con sistema estructural de pórticos de concreto reforzado resistente a momentos. Además de entregar un informe de la revisión del proyecto Centro Día, del cual se cuenta con toda la información suministrada por la secretaría de infraestructura de Funza que, sirve como sustentación de la guía.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Proponer una guía metodológica para realizar una revisión completa de diseños estructurales, que sirva como apoyo para los profesionales encargados de garantizar el cumplimiento del reglamento NSR.10.

4.2. Objetivos específicos

- Presentar cronológicamente el marco normativo referente a la revisión de diseños estructurales, con el fin de definir la situación actual y los aspectos claves.
- Realizar una hoja de cálculo interactiva compuesta por listas de chequeo como parte de la guía para la revisión de proyectos estructurales de edificaciones, con objeto de facilitar la comprensión, y mostrar paso a paso los parámetros exigidos por la NSR-10.
- Generar una metodología con el proceso para el modelamiento y análisis de estructuras de pórticos de concreto armado en el software ETABS.
- Realizar la revisión de los diseños estructurales, estudios geotécnicos y diseño sísmico de elementos estructurales, del proyecto Centro Día Funza, con el propósito verificar la implementación de la metodología propuesta en un caso real.

5. Marco referencial

5.1. Marco teórico.

En este capítulo, se presenta la base teórica y descripción de procedimientos y criterios de diseño sísmo resistente especificados por la NSR-10 en estructuras de pórticos de concreto reforzado resistente a momentos, las cuales están sujetas a la revisión propuesta por esta guía.

5.1.1 Amenaza Sísmica

“Udías (1986) define por amenaza sísmica de una zona, a cualquier descripción de los efectos provocados por los terremotos en el suelo de dicha zona” (Awad, 2012, p.31). Así mismo, está asociada con la probabilidad de excedencia de un parámetro descriptivo del sismo, en la NSR-10, se clasifican en: Zona de amenaza sísmica baja, intermedia y alta. Determinada de acuerdo con el mapa de zonificación de la Figura A.2.3-1.

5.1.2 Movimientos sísmicos de diseño

Según el Capítulo A.2.2, los movimientos sísmicos de diseño se definen en función de la aceleración pico efectiva A_a y la velocidad pico efectiva A_v . (AIS, 2010). Su valor se encuentra en el Apéndice A-4 para todos los municipios del país. Además, tienen en cuenta los efectos locales donde se define el tipo de perfil de suelo en el que se va a proyectar la estructura, y definir los factores de amplificación del espectro F_a y F_v .

Para la definición del perfil se analiza la Tabla A.2.4-1, primero se verifica si el suelo corresponde a la categoría del perfil de suelo tipo F, el cual requiere de un estudio sísmico particular de sitio. De no ser así, el perfil se clasifica utilizando los criterios V_s , N , S_u . De estos, la velocidad media de onda cortante " V_s " prevalecerá, si no se cuenta con " V_s ", se utiliza el número medio de golpes " N " del SPT o en conjunto " N_{ch} " para suelos cohesivos y la resistencia al corte no drenado " S_u ", seleccionando siempre el perfil de suelo más blando si se llegan a indicar perfiles diferentes con los valores.

También se define el coeficiente de importancia Tabla A.2.5-1 que modifica el espectro y las fuerzas de diseño, este varía de acuerdo con el grupo de uso de la edificación, los cuales se presentan en la sección A.2.5.1.

5.1.3 Espectro de respuesta sísmica

Según Awad (2012) “es la herramienta que permite diseñar las construcciones teniendo en cuenta las condiciones sismo-tectónicas regionales y las condiciones locales de la respuesta del subsuelo de fundación, (...). Tienen forma irregular y presentan variaciones, para fines de diseño, los reglamentos de construcción prescriben espectros suavizados” (p.42)

Como se muestra en la Figura 1. Se obtiene de estudios estadísticos de espectros de respuesta lineales para sismos de magnitudes y en condiciones similares.

En la NSR-10 se define el espectro elástico de diseño de aceleraciones de acuerdo con los movimientos sísmicos de diseño obtenidos A_a , A_v , F_a , F_v , I y los periodos de vibración de la estructura. Figura 2.

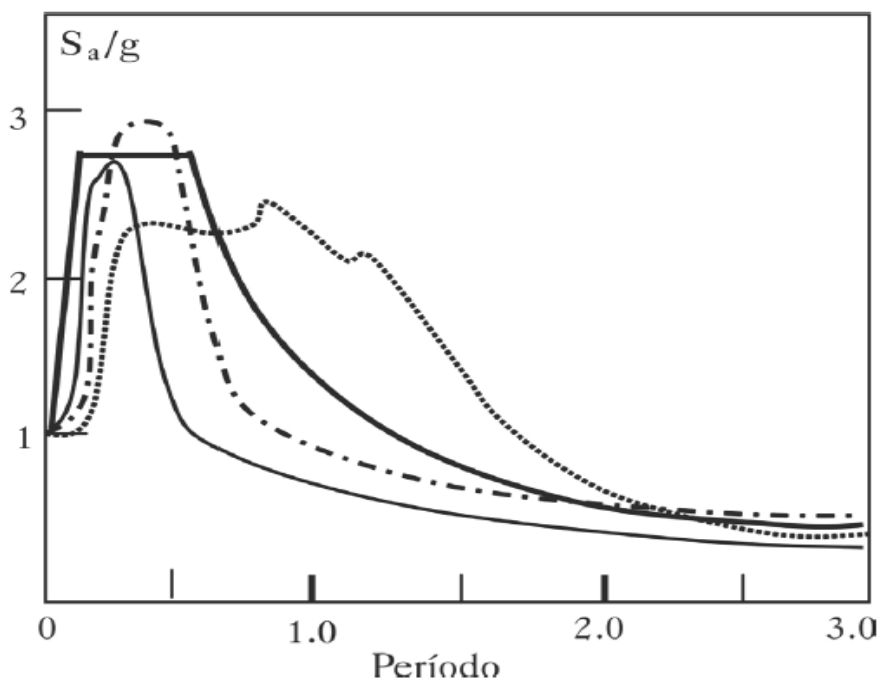
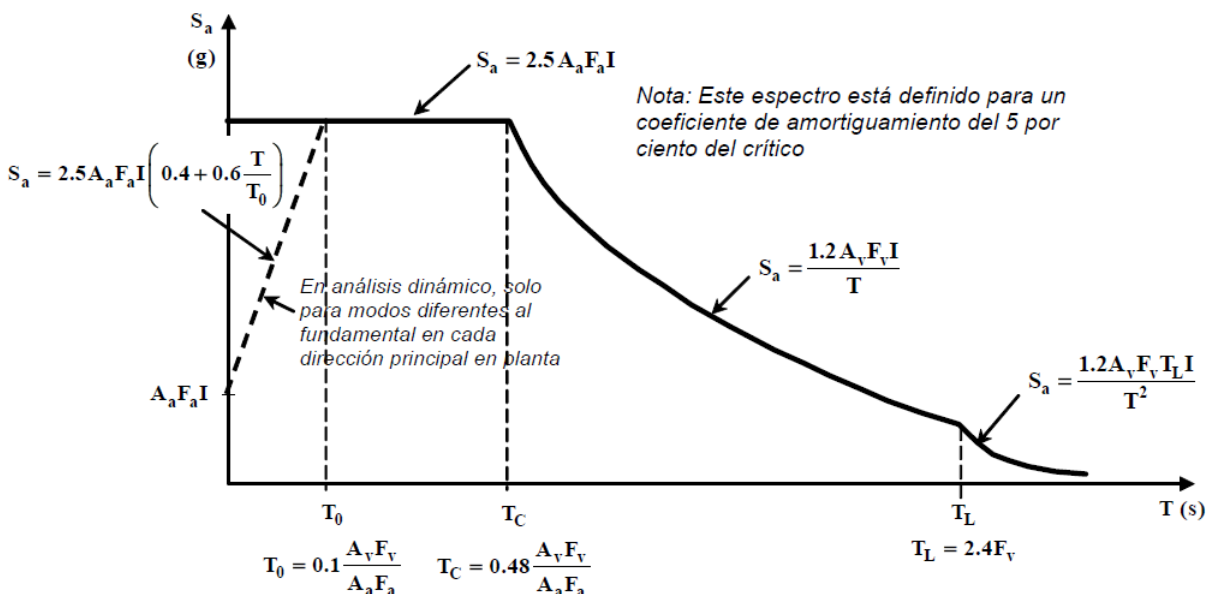


Figura 1. Espectro elástico adaptado de aceleraciones. Fuente: (Awad, 2012)



5.1.4 Requisitos de diseño sismo resistente

Sistema estructural: Para la presente guía se define el sistema de pórticos de concreto reforzado, el cual “es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales”. (AIS, 2010)

Configuración estructural de la edificación: Según el reglamento NSR-10 “para efectos de diseño sísmico la edificación debe clasificarse como regular o como irregular en planta y en altura o como redundante o con ausencia de redundancia de acuerdo con los requisitos de esta sección”. (AIS, 2010)

Cuando una estructura es clasificada como irregular debe proporcionársele una mayor rigidez, disminuyendo el coeficiente de capacidad de disipación R por Φ_p debido a irregularidades en planta descritas en la tabla 1, por Φ_a debido a irregularidades en altura Tabla 2, por Φ_r debido a ausencia de redundancia, y por el coeficiente de disipación de energía básico R_0 .

$$R = \Phi_a \times \Phi_p \times \Phi_r \times R_0$$

Tabla 1

Irregularidades en planta. NSR-10 Tabla A.3-6. Fuente (AIS, 2010)

Tipo	Descripción de la irregularidad en altura	Φ_P
1aP	Irregularidad torsional	0.9
1bP	Irregularidad torsional extrema	0.8
2P	Retrocesos excesivos en las esquinas	0.9
3P	Discontinuidades en el diafragma	0.9
4P	Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales	0.8
5P	Sistemas no paralelos	0.9

Tabla 2

Irregularidades en altura. NSR-10 Tabla A.3-7. Fuente (AIS, 2010)

Tipo	Descripción de la irregularidad en altura	Φ_a
1aA	Piso flexible (Irregularidad en rigidez)	0.9
1bA	Piso flexible (Irregularidad extrema en rigidez)	0.8
2A	Irregularidad en la distribución de las masas	0.9
3A	Irregularidad geométrica	0.9
4A	Desplazamientos dentro del plano de acción	0.8
5aA	Piso débil — Discontinuidad en la resistencia	0.9
5bA	Piso débil — Discontinuidad extrema en la resistencia	0.8

En cuanto a Φ_r para pórticos de concreto en la sección A.3.3.8, se definen coeficientes de $\Phi_r = 1,00$ si no se presenta ausencia de redundancia, y de $\Phi_r = 0,75$ si se presenta.

Así mismo, el coeficiente R_0 se define según la capacidad de disipación de energía seleccionada, a continuación, se presentan las restricciones de uso del sistema de pórticos y los valores del coeficiente de disipación de energía R_0 y el coeficiente de sobre resistencia Ω_0 .

Tabla 3

Restricciones de uso sistema de pórtico. NSR-10 Tabla A.3-3. Fuente (AIS, 2010)

Capacidad de disipación de energía.		Restricciones de uso			R ₀	Ω ₀
		Zona de amenaza sísmica				
		Alta	Intermedia	Baja		
Especial	DES	Si	Si	Si	7,0	3,0
Moderada	DMO	No	Si	Si	5,0	3,0
Mínima	DMI	No	No	Si	2,5	3,0

5.1.5 Análisis de la estructura

Los métodos de análisis reconocidos por el reglamento, son: el método de la fuerza horizontal equivalente, el método de análisis dinámico elástico, y el método del análisis dinámico inelástico que, junto con el método de análisis no lineal estático de plastificación progresiva, están fuera del alcance de este documento.

En **el método la fuerza horizontal equivalente** capítulo A.4, se halla el periodo fundamental de la estructura, que puede ser igual al aproximado T_a , donde los valores de C_t y α son 0,047 y 0,90 respectivamente en pórticos de concreto reforzado y h es la altura total del edificio medida desde la base.

$$T_a = C_t * h^\alpha$$

Posteriormente se calcula el cortante en la base V_s , donde el valor de S_a corresponde al valor de la aceleración como fracción de la gravedad correspondiente al periodo T de la edificación y M es la masa de la estructura.

$$V_s = S_a g M$$

Después se calculan las fuerzas horizontales sísmicas F_x , donde k es un exponente relacionado con el periodo fundamental T .

$$F_x = C_{vx} V_s \quad C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum (m_i h_i^k)}$$

En el **método de análisis dinámico modal espectral** descrito en la sección A.5.4, primero se obtienen los modos de vibración con metodologías de dinámica estructural, y deben incluirse en el análisis dinámico todos los modos que contribuyan de manera significativa en la respuesta dinámica de la estructura, esto se cumple cuando se incluye el 90% de la masa participante de la estructura en cada una de las direcciones de análisis.

El cortante modal de la base V_{mj} , en la cual M_{mj} es la masa efectiva modal en la dirección j , S_{am} es la aceleración correspondiente al periodo de vibración T_m correspondiente al modo m .

$$V_{mj} = S_{am} g \overline{M_{mj}}$$

Según A.5.4.5, si el valor del cortante dinámico total en la base V_{tj} para cualquiera de las direcciones principales, es menor del 80% del cortante V_s en estructuras regulares o el 90% del cortante V_s en estructuras irregulares, calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente, los parámetros de respuesta dinámica se multiplican por los siguientes factores:

$$0,8 \frac{V_s}{V_{tj}} \text{ en estructuras regulares}$$

$$0,9 \frac{V_s}{V_{tj}} \text{ en estructuras irregulares}$$

5.1.6 Verificación de derivas

“Se entiende por deriva el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de la edificación.” (AIS, 2010)

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1}$$

El cálculo de la deriva máxima en cualquier punto de la estructura se obtiene como:

$$\Delta_{i \max} = \sqrt{\Delta_{xi}^2 + \Delta_{yi}^2}$$

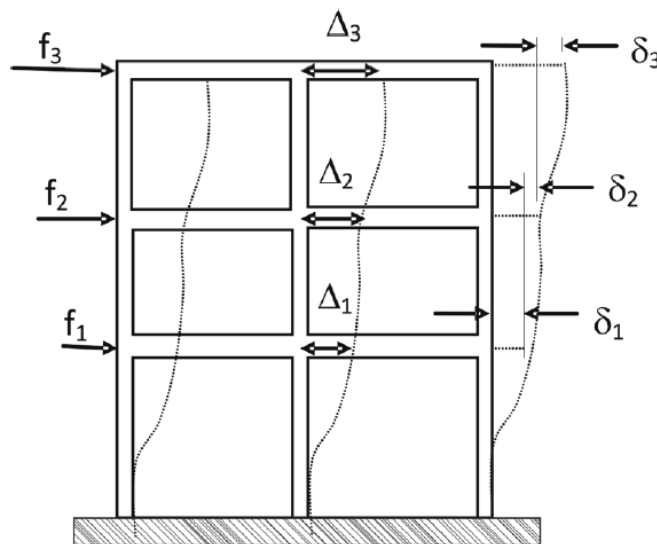


Figura 3. Derivas de entrepiso. Fuente: (Awad, 2012)

Las derivas se evalúan para los desplazamientos totales de la edificación, que incluyen a) los desplazamientos en el centro de masa, b) los desplazamientos causados por efectos torsionales bien sean por la torsión accidental de diseño 5% de la dimensión en planta medida en dirección perpendicular a la dirección en estudio o por la torsión debida a la no coincidencia del centro de masa y de rigidez, y c) los desplazamientos causados por los efectos de segundo orden o P-delta. La deriva máxima en estructuras de concreto reforzado, no debe exceder el 1% de la altura de piso, es decir:

$$\Delta_{i \max} \leq 0,01 h_{pi}$$

5.1.7 Cargas y combinaciones de carga

- Cargas muertas compuestas por el peso propio de los elementos de la estructura, los elementos no estructurales horizontales (B.3.4.1) y verticales (B.3.4.2), y equipos fijos si aplica. Estas cargas se tienen que calcular a partir de las masas reales de los materiales.

- Las cargas vivas son aquellas cargas producidas por el uso y ocupación de la edificación (B.4.2) además de las cargas generadas por empozamientos de agua y de granizo (B.4.8).

- También se deben incluir las cargas externas ocasionadas por empujes de tierra y presión hidrostática (B.5) y las fuerzas de viento (B.6).

El diseño se realiza por el método de resistencia el cual es el utilizado y objeto de este documento “En este método (llamado actualmente diseño por resistencia) las cargas actuantes muertas y vivas se multiplican por ciertos factores de carga (equivalentes a factores de seguridad) y los valores resultantes se llaman cargas factorizadas. (Mc Cormac & Brown, 2011, p. 63).

El diseño debe hacerse para la combinación que produzca el efecto más desfavorable en la edificación, las combinaciones de carga están dadas en la sección B.2.4 para el método de resistencia, y además cumplir con los siguientes requisitos.

Tabla 4

Requisitos para combinaciones de carga. NSR-10. Fuente: Elaboración propia.

Sección NSR-10	Requisito
B.2.4.2.1	Se define combinación de carga para verificación de derivas para las fuerzas sísmicas F_s , sin ser divididas por R .
B.2.4.2.1	Se aplica combinaciones de carga con reducción de fuerzas sísmicas de diseño de elementos, divididos por el coeficiente de disipación de energía R .
A.3.6.3	Consideración efectos ortogonales de las fuerzas sísmicas suponiendo la concurrencia simultanea del 100% en la dirección principal y el 30% en la dirección perpendicular.
C.21.3.3	Combinaciones adicionales para cortante de vigas: $2.0E$.
A.3.3.9 - CR.21.11.7.5	Combinaciones adicionales para cortante de columnas: ΩE .

5.1.8 Diseño de elementos estructurales

Diseño de Vigas

Diseño a flexión:

Los requisitos se presentan en el capítulo C.10 de flexión y cargas axiales, al igual que los requisitos de diseño sismo resistente del capítulo C.21. Según C.10.2 las suposiciones de diseño son: Los elementos se diseñan bajo el método de la resistencia última, donde la resistencia nominal se multiplica por un factor de reducción de resistencia Φ , descrito en C.9.3.2

Tabla 5

Factor de reducción de resistencia Φ . (AIS, 2010)

Tipo de elemento	Φ
Secciones controladas por tracción	0.90
Secciones controladas por compresión	
a) Elementos con refuerzo en espiral	0.75
b) Otros elementos reforzados	0.65
Cortante y torsión	0.75

Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto se suponen directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro. La deformación unitaria máxima del concreto, en la fibra extrema sometida a compresión, es de 0.003.

Se supone una distribución rectangular equivalente, con un esfuerzo promedio del concreto de $0,85 f'_c$, distribuido en una zona equivalente de compresión, correspondiente a $\beta_1 c$.

Para f'_c entre 17 y 28 MPa, el factor β_1 se debe tomar como 0.85. Para f'_c superior a 28 MPa, β_1 se debe disminuir en forma lineal en razón de 0.05 por cada 7 MPa de aumento sobre 28 MPa, sin embargo, β_1 no debe ser menor de 0.65.

Siguiendo estos requisitos, se deduce la siguiente ecuación a partir de la cual se calcula la cuantía de refuerzo ρ en función del momento actuante último. (Segura, 2011)

$$M_u = \Phi M_n = \Phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_y}{f'_c} \right) b d^2$$

De acuerdo con C.10.5 Para evitar la falla se requiere una cantidad mínima de refuerzo de tracción, tanto en las regiones de momento positivo como negativo.

$$A_{s_{\min}} \geq 1.4 \frac{b_w d}{f_y} \quad \rho_{\min} \geq \frac{1.4}{f_y}$$

Así mismo, se establece un límite en la cuantía de diseño como una fracción del 75% de la cuantía balanceada (C-B.8.4.2)

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b \quad \rho_{\text{bal}} = \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} * \frac{600}{600 + f_y}$$

En cuanto a la separación del refuerzo longitudinal, en la sección C.7.6 se determina que la distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa debe ser mayor o igual al d_b pero no menor de 25 mm y cuando se coloque más de una fila, esta debe ir sobre la capa inferior a una distancia no menor de 25 mm.

Por último, se revisan las longitudes de desarrollo para el anclaje la cual es la longitud mínima que el acero se embebe en el concreto para que alcance su esfuerzo de fluencia. La longitud de anclaje l_a en el punto de inflexión se limita a d o $12 d_b$, el que sea mayor. Para barras

corrugadas y alambres corrugados l_d se calcula de la siguiente manera, los factores de la ecuación se describen en la sección C.12.2 de la NSR-10.

$$l_d = \frac{f_y}{1.1 * \lambda * \sqrt{f'_c}} * \frac{\psi_t * \psi_e * \psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)}$$

Diseño a Cortante:

Los requisitos a tener en cuenta se describen en el capítulo C.11 de cortante y torsión, al igual que los requisitos de diseño sísmo resistente del capítulo C.21.

Según C.11.1.1 El diseño de secciones transversales sometidas a cortante debe cumplir con que la resistencia nominal al cortante sea mayor que la fuerza de cortante mayorada, es decir:

$$\Phi V_n = V_u$$

Donde la resistencia nominal al cortante es proporcionada por la resistencia nominal al cortante del concreto, y por la resistencia nominal al cortante del acero de refuerzo:

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s$$

En C.11.2 la resistencia del concreto para elementos sometidos sol a cortante y flexión:

$$\Phi V_c = \Phi 0.17 \sqrt{f'_c} b d$$

La resistencia proporcionada por el acero se calcula a partir de la carga última de corte

$$\Phi V_s = V_u - \Phi V_c$$

El cortante último V_u se determina a una distancia x de la cara del apoyo en el diagrama de cortante del elemento, de acuerdo con la carga última distribuida en la viga.

$$V_u = V_{\text{apoyo}} - (W_{\text{ult}} * x)$$

En C.11.4.7 se establece que cuando el cortante último V_u excede la resistencia nominal del concreto ΦV_c , se tiene que utilizar refuerzo para cortante. Calculado con la siguiente ecuación, donde A_v es el área de refuerzo de cortante dentro del espaciamiento S .

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

Hay que colocar un área mínima de refuerzo para cortante, $A_{v_{min}}$ en todo elemento de concreto reforzado sometido a flexión donde V_u exceda $0.5 \Phi V_c$. C.11.4.6

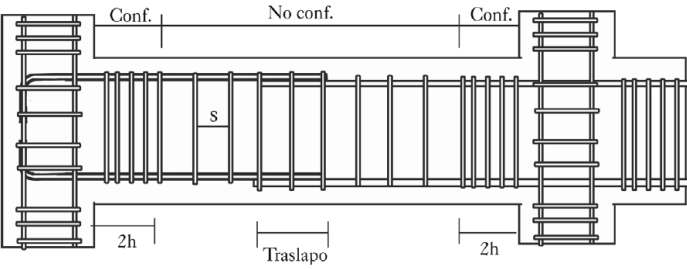
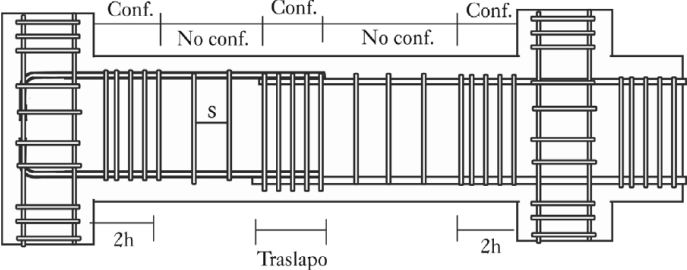
Además, según C.11.4.5 el espaciamiento del refuerzo de cortante colocado perpendicular al eje del elemento no puede exceder de $d/2$, ni de 600 mm y se reduce a la mitad si:

$$\Phi V_s > \Phi 0.33 \sqrt{f'_c} b d$$

Por otra parte, en el capítulo C.21 se establecen los requisitos de diseño relacionados con base en la capacidad de disipación de energía, donde se encuentran las separaciones mínimas en las zonas confinadas, no confinadas de traslazo.

Tabla 6

Distribución de estribos en vigas, Awad (2012). Fuente: Elaboración propia.

	Distribución de estribos	Requisitos
DMO		Zona confinada: $s \leq 30\text{cm}$ $s \leq d/4$ $s \leq 8 d_b$ $s \leq 24 d_e$
		Zona no confinada $s \leq d/2$ $\emptyset \geq 3/8''$ corrugados
DES		Zona confinada: $s \leq 30\text{cm}$ $s \leq d/4$ $s \leq 8 d_b$ $s \leq 24 d_e$
		Zona no confinada $s \leq d/2$ $\emptyset \geq 3/8''$ corrugados

Diseño de Columnas

Diseño a flexión y compresión:

La resistencia de diseño a carga axial de una columna con estribos no puede ser mayor a:

$$P_u = \phi P_n = 0.75 \phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

“El refuerzo está constituido por barras longitudinales paralelas al eje de la columna, cuya función es aumentar la capacidad de carga a flexo compresión reducir la retracción del fraguado y el flujo plástico y mejorar el confinamiento del hormigón.” (Awad, 2012, p.262) La cuantía de diseño en columnas se especifica en la NSR-10 C.10.9.1, y tiene que estar en el siguiente rango:

$$0.01 A_g \leq A_{st} \leq 0.04 A_g$$

El número mínimo de barras longitudinales en elementos sometidos a compresión debe ser de 4 para barras dentro de estribos circulares o rectangulares, 3 para barras dentro de estribos triangulares y 6 para barras rodeadas por espirales, que cumplan con C.10.9.3. Según C.7.6.3 en elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no puede ser menor de $1.5d_b$ ni de 40mm.

Diseño a Cortante

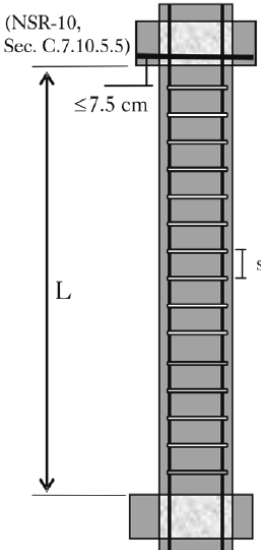
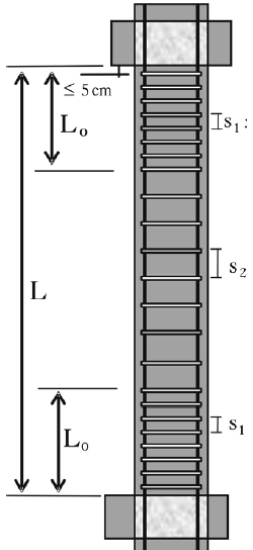
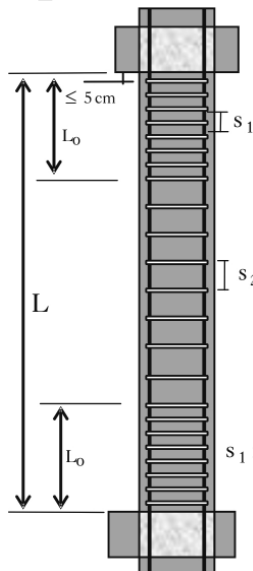
“El refuerzo transversal consiste en estribos o espirales cuya función es confinar el hormigón para proporcionarle mayor ductilidad a la columna y darle soporte al refuerzo longitudinal para evitar su pandeo.” (Awad, 2012, p.265)

Según C.7.10.5.1 el diámetro mínimo de los estribos es el N° 3 (3/8”) o 10M (10mm), para barras longitudinales menores o iguales a la N°10 (1-1/4”); y diámetro N° 4 (1/2”) o 12mm para barras longitudinales superiores a la N°10. En estructuras de capacidad de disipación de energía mínima (DMI) se permite estribos de barras N° 2 (1/4”) cuando las columnas soportan únicamente uno o dos pisos.

Las especificaciones de la ubicación del primer estribo, espaciamiento a lo largo de la longitud y en la longitud de confinamiento de los estribos se dan de acuerdo con la capacidad de disipación de energía, y se describen en la tabla 7.

Tabla 7

Distribución de estribos en columnas, Awad (2012). Fuente: Elaboración propia.

DMI (C.7.10.5)	DMO (C.21.3.5)	DES (C.21.6.4)
	$L_o \geq \text{Mayor de } b \text{ y } h$ $\geq \text{Luz libre } /6$ $\geq 50 \text{ cm}$	$L_o \geq \text{Mayor de } b \text{ y } h$ $\geq \text{Luz libre } /6$ $\geq 50 \text{ cm}$
 (NSR-10, Sec. C.7.10.5.5) $\leq 7.5 \text{ cm}$ L s $\leq 16d_b$ $\leq 48d_e$ $\leq b$ $\leq h$	 $\leq 5 \text{ cm}$ L_o s_1 s_2 L L_o s_1 $\leq b/3$ $\leq h/3$ $\leq 8d_b$ $\leq 16d_e$ $\leq 15 \text{ cm}$ $\leq 2 s_1$ $\leq b/3$ $\leq h/3$ $\leq 8d_b$ $\leq 16d_e$ $\leq 15 \text{ cm}$	 $\leq 5 \text{ cm}$ L_o s_1 s_2 L L_o $s_1 \leq$ $\leq b/4$ $\leq h/4$ $\leq 6d_b$ $\leq 15 \text{ cm}$ $\geq 10 \text{ cm}$ $\leq 6d_b$ $\leq 15 \text{ cm}$ $\leq b/4$ $\leq h/4$ $\leq 6d_b$ $\leq 15 \text{ cm}$ $\geq 10 \text{ cm}$

Diagramas de interacción.

“Los diagramas de interacción son apropiados para estudiar las resistencias de las columnas con proporciones variables de cargas axiales y de momentos. Cualquier combinación de cargas que quede dentro de la curva es satisfactoria, mientras que una combinación que caiga fuera de la curva representa una falla.” (Mc Cormac & Brown, 2011).

A continuación, se presenta el diagrama de deformaciones de la sección de concreto y su comportamiento para las condiciones de falla balanceada, a tracción y a compresión.

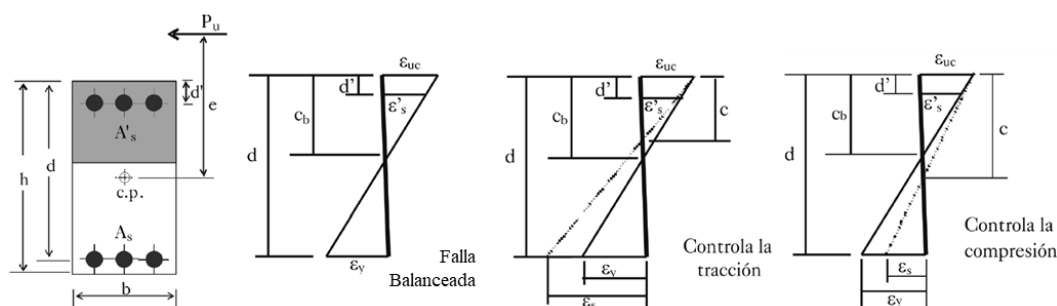


Figura 4. Condiciones de falla en columnas. Fuente: (Awad, 2012)

Análisis de la falla balanceada.

Según Awad (2012) Ocurre cuando el refuerzo extremo en tracción alcanza la deformación unitaria correspondiente a f_y al mismo tiempo que el hormigón de compresión alcanza la deformación unitaria última, $\epsilon_y = \epsilon_{uc} = 0,003$. En este caso, la distancia de la fibra extrema del hormigón a compresión al eje neutro se denomina c_b

$$c_b = \frac{6000}{6000 + f_y} * d \quad f'_s = 6000 \frac{c_b - d'}{c_b} \leq f_y \quad a_b = \beta_1 c_b$$

Se obtienen los puntos de la capacidad de carga del diagrama para la falla balanceada.

$$P_b = \phi (0.85 f'_c a_b b + A'_s f'_y - A_s f_y)$$

$$M_b = \phi \left[0.85 f'_c a b \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s \left(\frac{d - d'}{2} \right) + A_s f_y \left(\frac{d - d'}{2} \right) \right]$$

Análisis de la falla a tracción.

Cuando $c < c_b$, el acero localizado en la zona de tracciones presenta una deformación unitaria $\epsilon_s = \epsilon_y$, ($f_s = f_y$) El acero a tracción controla el diseño:

$$f'_s = 6000 \frac{c - d'}{c} \quad a = \beta_1 c$$

Se obtienen los puntos de la capacidad de carga del diagrama para la falla a tracción.

$$P_{u \min} = \phi \left(0.85 f'_c \beta_1 c * b + A'_s * 6000 \frac{c - d'}{c} - A_s f_y \right)$$

$$M_{u \min} = \phi \left[0.85 f'_c a b \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s \left(\frac{d - d'}{2} \right) + A_s f_y \left(\frac{d - d'}{2} \right) \right]$$

Análisis de la falla a compresión.

Cuando $c > c_b$: $\epsilon_s < \epsilon_y$ y por lo tanto $f_s < f_y$:

$$f'_s = 6000 \frac{d - c}{c} \quad a = \beta_1 c$$

Se obtienen los puntos de la capacidad de carga del diagrama para la falla a compresión.

$$P_{u \text{ máx}} = 0.75 \phi [0.85 f'_c (b h - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

$$M_{u \text{ máx}} = \phi \left[0.85 f'_c a b \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A'_s f_y \left(\frac{d - d'}{2} \right) + A_s f_s \left(\frac{d - d'}{2} \right) \right]$$

Diseño de losa de entrepiso.

Según C.8.13.6.1 el espesor de la losa no debe ser menor que 1/12 de la distancia entre las viguetas, ni menor de 50mm. En el caso de losas nervadas.

Según C.7.12 las losas donde el refuerzo se extiende en una sola dirección, se debe colocar refuerzo normal para resistir los esfuerzos de retracción y temperatura con las siguientes características: La cuantía de refuerzo de retracción y temperatura debe ser al menos igual a los valores dados a continuación, pero no menor que 0.0014. El refuerzo no debe tener una separación mayor de 5 veces el espesor de la losa ni 450mm.

Tabla 8

Refuerzo de retracción y temperatura NSR-10 (AIS, 2010)

Características de la losa	Cuantía ρ
En losas donde se empleen barras corrugadas grado 280 o 350	0.0020
En losas donde se empleen barras corrugadas grados 420 o refuerzo electro soldado de alambre	0.0018
En losas donde se utilice refuerzo de una resistencia a la fluencia mayor que 420 MPa, medida a una deformación unitaria de 0.35 por ciento	$\frac{0.0018 * 420}{f_y}$

Diseño de escalera.

Las dimensiones de la escalera se deben estipular de acuerdo con la sección K.3.8.3 de la NSR-10. Las especificaciones se describen a continuación.

Ancho mínimo: Las escaleras con carga de ocupación superior a 50 personas, debe tener ancho mínimo de 1.20m; cuando la carga de ocupación sea inferior de 50 personas, dicho ancho puede reducirse a 900mm. Las escaleras en el interior de las viviendas deberán tener un ancho

mínimo de 90cm. Las escaleras de uso público deberán tener un ancho mínimo de 120cm. Si la separación de los pasamanos a la pared supera 50mm, el ancho de la escalera debe incrementarse en igual magnitud.

Huella y contrahuella: La huella y la contrahuella de las escaleras interiores deben cumplir los requisitos de la NTC 4145 Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, escaleras, y NTC 4140 Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, pasillos, corredores y demás requisitos de la NTC 4140 que apliquen así:

El ancho mínimo de huella, sin incluir proyecciones, debe ser de 280mm y la diferencia entre la huella más ancha y más angosta, en un trayecto de escaleras, no debe llegar a los 20mm. La altura de la contrahuella no debe ser menor de 100mm ni mayor de 180mm y la diferencia entre la contrahuella más ancha y más angosta, en un trayecto de escaleras, mantenerse por debajo de 20mm.

La altura de la contrahuella y el ancho de la huella deben dimensionarse en tal forma que la suma de 2 contrahuellas y una huella, sin incluir proyecciones, oscile entre 620mm y 640mm.

Puede permitirse el uso de tramos curvos entre 2 niveles o descansos, solo si los peldaños tienen un mínimo de 240mm de huella, medidos sobre una línea situada a 1/3 del borde interior del tramo, y como máximo a 420mm en el borde exterior.

Descansos: Todo descanso debe tener una dimensión mínima, medida en la dirección del movimiento, igual al ancho de la escalera, pero tal dimensión no necesita exceder 1.20m.

La diferencia entre dos descansos o entre descanso y un nivel de piso, debe ser inferior a 2.40m en sitios de reunión y edificaciones institucionales; en todos los demás casos esta diferencia de nivel debe ser inferior de 3.50m.

El diseño de la escalera se debe chequear en flexión análogamente al diseño de vigas, el chequeo a cortante y por retracción y temperatura.

5.1.9 Diseño de elementos no estructurales.

Los elementos que no hacen parte de la estructura se diseñan teniendo previsiones sísmicas de acuerdo con los criterios del capítulo A.9 de la NSR-10, en ellos se encuentran los acabados y elementos arquitectónicos, además de las instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas y mecánicas. Las estructuras de acuerdo con su uso se clasifican en uno de los grados de desempeño, el cual es el comportamiento de los elementos no estructurales ante la ocurrencia de un sismo. Se describen en la siguiente tabla.

Tabla 9

Grados de desempeño elementos no estructurales. Fuente: Elaboración propia.

Grupo de uso:	Grado de desempeño	Características del desempeño de elementos no estructurales debido a la ocurrencia del sismo de diseño:
Grupo IV	Superior	El daño que se presenta es mínimo y no interfiere con la operación de la edificación.
Grupo III	Superior	El daño que se presenta es mínimo y no interfiere con la operación de la edificación.
Grupo II	Bueno	El daño es reparable y puede haber interferencia con la operación de la edificación
Grupo I	Bajo	Se presentan daños graves, no reparables pero sin desprendimiento o colapso

Se diseñan bajo alguno de los siguientes dos criterios: a) Separarlos de la estructura para que al deformarse por un sismo no los afecte, deben apoyarse en la estructura o colgar de ella mediante anclajes que resistan y transfieran las fuerzas inducidas por el sismo, b) Disponer de elementos que admitan las deformaciones de la estructura, y que sean lo suficientemente flexibles para poder resistir las deformaciones sin sufrir daños mayores de los que admite el grado de desempeño.

El cálculo de las fuerzas sísmicas de diseño F_p , donde los coeficientes corresponden a: a_x es la aceleración en el punto de soporte del elemento y se calcula según A.9.4.2.1, a_p es el coeficiente de amplificación dinámica del elemento no, que depende de la rigidez, distribución de masa y el apoyo, y por último R_p es la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico

del elemento, depende del tipo de anclaje a la estructura. Los valores de a_p , R_p , así como el tipo de anclaje de los elementos no estructurales se encuentra en las tablas A.9.5-1 para elementos arquitectónicos y A.9.5.2 para instalaciones.

$$F_p = \frac{a_x a_p}{R_p} g M_p \geq \frac{A_a I}{2} g M_p$$

5.1.10 Diseño de elementos de cimentación.

Diseño de zapatas

Según C.7.7.1. El recubrimiento de la cimentación debe estar definido por:

Tabla 10

Condiciones de recubrimiento, adaptado de NSR-10. Fuente: Elaboración propia.

Condición	Recubrimiento de concreto en mm
a) Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él.	75
b) Concreto expuesto al suelo o intemperie	
Barras N°6 a N°18	50
Barras N°5 y menores	40

El peralte efectivo se define según C.15.7. La altura mínima de las zapatas sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 150mm para zapatas apoyadas sobre el suelo.

Capacidad de carga admisible

Para el cálculo de la capacidad portante, se sigue la teoría de carga ultima tomando en cuenta la ecuación de Meyerhof que nace de la teoría de Terzaghi, que está compuesta por factores de capacidad de carga: N_q , N_c , N_γ relacionados con el ángulo de fricción del suelo y los factores de forma, profundidad e inclinación de la carga, relacionados directamente con los parámetros de la zapata que se pretenda diseñar, y de la naturaleza de las cargas, además de los efectos de carga por acción del nivel freático. (Das, 2012, p.485)

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Diseño a cortante

Según C.11.11.2.1 $\beta_{1\text{columna}}$ es la relación del lado largo al lado corto de la columna y α_s es 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde y 20 para columnas en la esquina.

Las zapatas deben ser revisadas a cortante para la condición de que se comporte como viga y de acuerdo con C.11.11.2.1. Para losas no pre esforzadas y zapatas, V_c debe ser el menor entre:

$$V_c = 0.17 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_c = 0.083 * \left(\frac{\alpha_s * d}{b_o} + 2\right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_c = 0.33 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

La fuerza cortante o de punzonamiento para una zapata con carga axial está dada por:

$$\text{Fuerza cortante } V_u = \frac{\text{Carga de la columna}}{B * L} * [(B * L) - (b + d) * (l * d)]$$

Diseño por aplastamiento

Según C.10.14.1 la resistencia de diseño al aplastamiento del concreto no debe exceder $\phi 0.85 f'_c A_1$, excepto cuando la superficie de soporte sea más ancha en todos los lados que el área cargada, en cuyo caso, se permite que la resistencia de diseño al aplastamiento en el área cargada sea multiplicada por $\sqrt{A_2/A_1}$ pero no más que 2.

$$\text{Resistencia por aplastamiento } P_u = \phi 0.85 f'_c (b * l) \sqrt{\frac{(b + d) (l + d)}{(b * l)}}$$

Diseño a flexión

Se determinar el valor de la distancia c distancia del eje neutro a la fibra de deformación unitaria máxima (deformación unitaria del concreto). Luego se determina el valor de la distancia a distancia donde se encuentra ubicada la zona de compresión. $a = c * \beta_1$

Para evitar la falla, en C.10.5.1 se requiere una cantidad mínima de refuerzo de tracción, Cuando se usan concretos con resistencias superiores a 35 MPa, el valor $1.4/f_y$ usado previamente puede no ser suficiente.

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * B * d$$

Finalmente se determina el momento máximo que dicha estructura de cimentación puede soportar con base a sus características geométricas y de acero de refuerzo establecidas.

$$M_{\max} = A_{s_{\text{establecido}}} * \phi * f_y * d - \frac{a}{2}$$

Vigas de amarre en la cimentación

De acuerdo con A.3.6.4.2 los elementos de cimentación deben amarrarse por elementos capaces de resistir en tensión y compresión fuerzas no menores a **(0,25A_a)** veces la carga vertical total del elemento que tenga la mayor carga entre los que conecta.

5.2. Marco conceptual

En el presente marco, se presentan las definiciones básicas de los aspectos más relevantes en el proceso de la obtención de licencias de construcción, descrito en el siguiente flujograma.

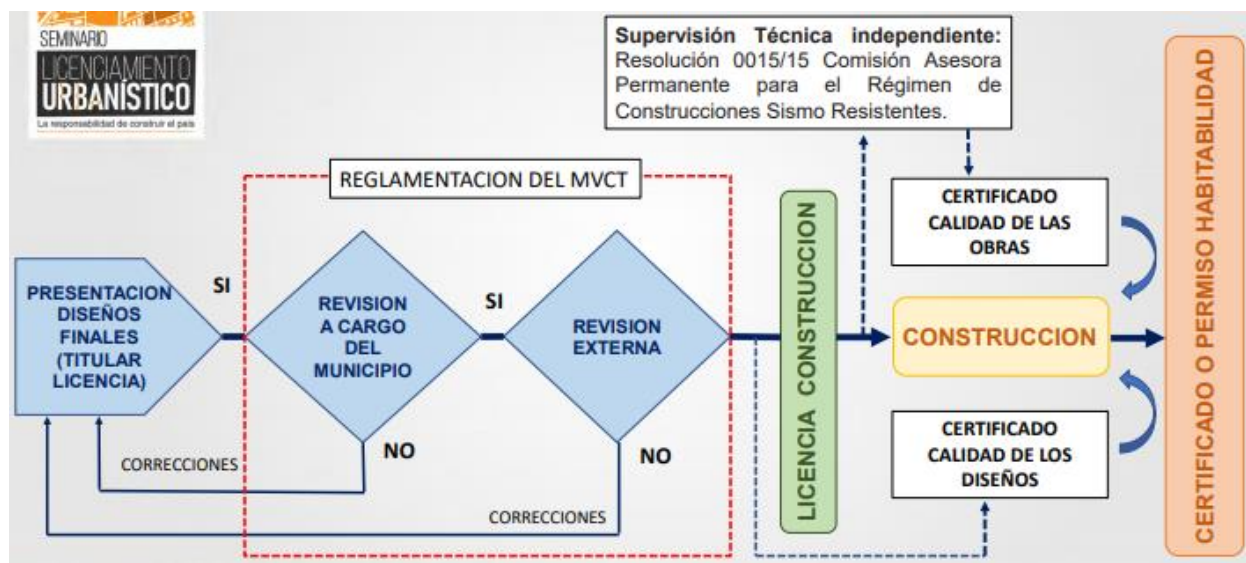


Figura 5. Cronología obtención de licencia de construcción. Fuente: (López, 2018).

Área construida: Según Decreto 1077 de 2015 Sección 2.2.6.1.1.7 es “la parte edificada que corresponde a la suma de las superficies de los pisos, excluyendo azoteas y áreas sin techar”

Licencia urbanística: Es el acto administrativo de carácter particular y concreto, expedido por el curador urbano o la autoridad municipal o distrital competente, por medio del cual se autoriza específicamente a adelantar algún tipo de obra. (Decreto 1077, 2015, Secc. 2.2.6.1.1.1)

Las licencias urbanísticas se clasifican en: urbanización, parcelación, subdivisión, construcción (objeto de este documento) e intervención y ocupación del espacio público.

Licencias de construcción: es la autorización previa para desarrollar edificaciones en uno o varios predios, de conformidad con lo previsto en el POT y las normas urbanísticas del distrito o municipio. Entre sus modalidades se encuentran las licencias de: obra nueva, ampliación, adecuación, modificación, restauración, reforzamiento estructural, demolición, reconstrucción y cerramiento. (Decreto 1077, 2015, Secc. 2.2.6.1.1.7)

Revisor de oficio: Es el curador urbano o la autoridad municipal o distrital a cargo de la expedición de las licencias urbanísticas quien debe constatar previamente que la edificación propuesta cumple los requisitos exigidos por la Ley 400 de 1997 y el presente Reglamento NSR-10, mediante la revisión de los planos, memorias y estudios de los diferentes diseños (Estructural, geotécnico y de elementos no estructurales). (Resolución 0017, 1997)

Revisor independiente: Ingeniero civil con matrícula profesional vigente, diferente del diseñador estructural, e independiente laboralmente de él, que revisa los diseños estructurales con el objeto de verificar el cumplimiento de la reglamentación establecida en el Apéndice A-6 Reglamento NSR-10 y suscribe la solicitud de licencia en la calidad prevista en el Formulario Único Nacional. (Resolución 0017, 1997)

Certificado técnico de ocupación: Es el acto, descrito en el artículo 6 de la Ley 1796 de 2016, mediante el cual el Supervisor Técnico Independiente, certifica bajo la gravedad de juramento que la obra contó con la supervisión técnica de la edificación y se ejecutó de conformidad con los planos, diseños y especificaciones técnicas, estructurales y geotécnicas exigidas por el NSR-10 y aprobadas en la respectiva licencia.

Curador urbano: Se define como el particular encargado de estudiar, tramitar y expedir licencias de urbanismo o de construcción, a petición del interesado en adelantar proyectos de urbanización o de edificación.

5.3. Marco histórico

A finales de 1978 a Colombia llegó el documento ATC-3, el cual reunía el estado del arte del diseño sismo resistente, desarrollado por Applied Technology Council (ATC) filial de la Structural Engineers Association of California (SEAOC). La asociación colombiana de ingeniería sísmica (AIS) se encargó de la traducción del documento y a su vez se contactaron con investigadores que habían realizado el documento, lo que ayudó a la adaptación del documento al medio colombiano, para esto fue importante el convenio entre la Universidad de los Andes y la Universidad de Illinois. De esta adaptación la AIS desarrolló la norma AIS 100-81 “Requisitos sísmicos para edificios”.

En 1983 ocurrió un sismo en Popayán que hizo ver que era necesaria la actualización de la AIS 100-81, en este año, la AIS definió los mapas de riesgo sísmico y se denominó Norma 100-83 “Requisitos Sísmicos para Edificaciones”. A raíz de este sismo, el gobierno encomendó al ministerio de obras públicas y Transporte desarrollar la reglamentación de construcción sismo resistente, basado en la norma AIS 100-83, la Norma ICONTEC 2000 actualizada al código ACI 318-77, y el código de estructuras metálicas de FEDESTRUCTURAS. De ahí se adopta el Decreto 1400 de 1984 “Código Colombiano de construcciones sismo resistentes”

Posteriormente y ante la necesidad de actualizar el código, se aprueba la ley 400 de 1997, en la cual se crea una Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, encargada de desarrollar el avance de la tecnología, tras la aprobación de esta ley, se actualizó la reglamentación con el nombre de “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-98”. AIS (2010)

A su vez se crea la Ley 388 de 1997 en la cual se crean las curadurías, lo cual no se trata directamente en la ley 400 de 1997 generando algunos vacíos. García (2015)

Tras la creación del reglamento colombiano de construcción sismo resistente, la asociación colombiana de ingeniería estructural, junto con la asociación colombiana de ingeniería sísmica recomiendan una metodología para la revisión de diseños estructurales por parte de las curadurías urbanas buscando indicar deficiencias. (ACIES, 1998).

En el año 2008 se coordinaron y dirigieron estudios para actualizar el Reglamento NSR-98, realizado por el comité AIS 100, aprobando la Norma AIS 100-09 que sirvió como base del contenido técnico del Reglamento NSR-10. Tras el decreto 926 de 2010 y ha sido modificado por medio del Decreto 2525 del 13 de julio de 2010, el Decreto 0092 del 17 de enero de 2011, el Decreto 0340 del 13 de febrero de 2012 y el Decreto 0945 del 05 de junio de 2017.

El diseño sísmico basado en el desempeño consiste en la selección de esquemas de evaluación que permitan el detallado de los componentes estructurales, no estructurales, para que, ante un nivel de movimiento especificado, una estructura no debería ser dañada más allá de ciertos estados límites (SEAOC, 1995).

El desempeño sísmico de las edificaciones se establece sobre los conceptos de nivel de desempeño, nivel de amenaza, y el desempeño esperado de la edificación. Los niveles de desempeño en visión 2000 son identificados a través de: a) Totalmente operacional, b) operacional, c) seguridad d) pre-colapso.

5.4. Marco legal

Decreto 1400 de 1984 “Por el cual se adopta el código colombiano de construcciones sismo resistentes” En el artículo 1° se establece que las construcciones sujetas a esta norma quedan a cargo de las oficinas o dependencias distritales o municipales encargadas de conceder las licencias y estas deben abstenerse de aprobar los proyectos que no la cumplan.

Ley 388 de 1997 de desarrollo territorial en la cual se introduce el concepto de curadores urbanos en la revisión de diseños como:

Particular encargado de estudiar, tramitar y expedir licencias de urbanismo o de construcción, a petición del interesado en adelantar proyectos de urbanización o de edificación, ... La curaduría urbana implica el ejercicio de una función pública para verificación del cumplimiento de las normas urbanísticas y de edificación vigentes en el distrito o municipio, a través del otorgamiento de licencias de urbanización y construcción.

Ley 400 de 1997 “por la cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes” en el título VII se crea la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes para interpretación y aplicación de normas y funciones descritas en el artículo 41. En cuanto a la revisión de diseños, la ley en el Título IV describe que:

El Curador o las oficinas o las dependencias distritales o municipales a cargo de la expedición de las licencias, deben constatar previamente que la edificación propuesta cumple los requisitos exigidos por la presente Ley y sus reglamentos, mediante la revisión de los planos, memorias y estudios.

La revisión de los diseños puede ser realizada por el Curador o por funcionarios de las oficinas o dependencias municipales o distritales encargadas de expedir las licencias de construcción; o bien, a costo de quien solicita la licencia, con un profesional particular,

calificado para tal fin de conformidad con los requisitos establecidos en el Capítulo 3, Título VI de esta Ley, diferente del diseñador o independiente laboralmente de él, el cual por medio de un memorial dirigido a las oficinas o dependencias mencionadas, indique el alcance de la revisión efectuada, el cumplimiento de las normas de la presente Ley y sus decretos reglamentarios.

El alcance de los procedimientos será definido por la comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes y la revisión la deberá realizar un “ingeniero civil cuando se trate de diseños estructurales y estudios geotécnicos y un arquitecto o ingeniero civil o mecánico en el caso de diseños de elementos no estructurales”,

Debe acreditar una experiencia mayor de cinco (5) años de ejercicio profesional, contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, bajo la dirección de un profesional facultado para tal fin, en una o varias actividades tales como, diseño estructural, diseño de elementos no estructurales, trabajos geotécnicos, construcción, interventoría o supervisión técnica, o acreditar estudios de postgrado en el área de estructuras, geotécnica o ingeniería sísmica.

En las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 reglamentada por el Decreto 33 de 1998 y la NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente dado por el Decreto 926 de 2010 la revisión de diseños se da homológamente en el capítulo A de Requisitos Generales de diseño, en el numeral A.1.3.7 y establece que se tiene que cumplir las cualidades que indican las leyes 400 y 388 de 1997.

Decreto 1077 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda” mediante el cual se compila la normatividad del sector vivienda; lo referente a las licencias urbanísticas se recopila del decreto 1469 de 2010. A partir del artículo 2.2.6.1.1.1 se

definen las licencias urbanísticas y sus clases, lo referente a las solicitudes, expedición y modificaciones, en el artículo 2.2.6.1.2.2.3 se aborda la revisión del proyecto

Ley 1796 de 2016 su objetivo es generar medidas para la protección del comprador de vivienda, incrementando la seguridad de edificaciones y fortaleciendo la función de los curadores urbanos.

En el artículo 3, se modifica el párrafo del artículo 15 de la ley 400 de 1997 el cual es alusivo a la revisión de diseños estructurales, en el cual se definen los casos en los cuales se realiza una revisión independiente, ejercida por un particular calificado diferente del diseñador e independientemente laboral de él, o personas jurídicas que cuenten con personal calificado, el cual será escogido de manera autónoma por el solicitante de la licencia y que deberá por medio de un memorial certificar el alcance de la revisión efectuada, el cumplimiento de las normas de la presente ley y sus decretos reglamentarios, firmar los planos y demás documentos técnicos como constancia de haber efectuado la revisión.

En el artículo 12, se reglamenta crear el Registro Único Nacional de Profesionales Acreditados a cargo del COPNIA el cual tiene como objetivo la calificación del examen de acreditación.

En el artículo 14 se mencionan las incompatibilidades que presenta un revisor independiente de diseños las cuales son:

1) Respecto de proyectos en que les corresponda intervenir profesionalmente en cualquier otra calidad.

2) Respecto de proyectos en los que tenga alguna participación a título de socio, gerente, director, administrador, propietario, diseñador, constructor, accionista o fideicomitente.

3) Respecto de proyectos a ejecutar en predios que pertenezcan a sus parientes hasta el cuarto grado de consanguinidad o segundo de afinidad.

4) Respecto de proyectos en los que tenga participación o intereses comerciales de cualquier naturaleza.

Decreto 945 de 2017 “por el cual se modifica parcialmente el reglamento colombiano de construcciones sismo resistentes NSR – 10” este decreto reglamenta lo dispuesto por la ley 1796 de 2016. La sección A.1.3.7 modificada, aborda lo siguiente: La revisión de los diseños, debe hacerse de acuerdo con lo establecido por la ley 400 de 1997 y la ley 1796 de 2016. Clasificando los tipos de revisión en:

A.1.3.7.1 *Revisión de oficio*: realizada por el curador urbano o la autoridad municipal o distrital a cargo de la expedición de las licencias urbanísticas, en todos los casos revisará de oficio el proyecto arquitectónico, los diseños estructurales, el estudio geotécnico y los diseños sísmicos de los elementos no estructurales.

A.1.3.7.2 *Revisión independiente de los diseños estructurales*. Se realizará para los casos establecidos en la ley 400 de 1997 y ley 1796 de 2016, recopilados en el apéndice A-6 del reglamento NSR-10, aparte de la revisión de oficio que realizan los curadores o autoridades encargadas.

A.1.3.7.3 – A.1.3.7.4 *Revisión independiente de los diseños de elementos no estructurales*
- *Revisión independiente de los estudios geotécnicos*: Es de carácter voluntario.

Como parte de la aplicación de la ley 1796 de 2016 se añade en la NSR-10, en el título A correspondiente a “Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente” se añaden los apéndices A-5 (calidades, experiencia, idoneidad y acreditación de profesionales) y A-6 (de la revisión independiente de los diseños estructurales).

En el apéndice A-5, tabla A-5.2-1 se presentan las cualidades y calidades que deben tener los profesionales que efectúen la revisión de diseños estructurales, de elementos no estructurales y de estudios geotécnicos. Según lo reglamentado por la ley 1796 de 2016 para la acreditación

profesional se debe validar la experiencia, presentar la prueba y examen específica, y de acuerdo con el puntaje, ser inscrito en el Registro Único Nacional de Profesionales Acreditados, administrado por el Consejo Profesional de Nacional de Ingeniería (COPNIA).

En el apéndice A-6 se reúnen los ajustes realizados al reglamento efectuados por la ley 1796 de 2016 descritos anteriormente respecto de la revisión de diseños. Los cuales se resumen a continuación.

A-6.1.3 El curador o autoridad encargada debe contar con un grupo interdisciplinario de profesionales que cumpla con los requisitos de la Ley 400 de 1997.

A-6.2.1 El revisor independiente será escogido por el solicitante de la licencia.

A-6.2.2 El revisor debe ser independiente del diseñador y del titular de la licencia.

A-6.2.3 El costo de la revisión será asumido por el solicitante de la licencia.

A-6.2.4 El revisor independiente debe garantizar el cumplimiento de las normas exigidas por la Ley 400 de 1997, Ley 1796 de 2016 y el reglamento NSR-10

A-6.2.5 Las revisiones efectuadas deben cubrir el alcance y metodología exigida por la resolución 0015 de 2015 actualizada por la resolución 0017 de 2017 de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes.

A-6.2.6 El revisor debe emitir un memorial en documento anexo a la solicitud de licencia en el que certifique el alcance de la revisión efectuada y suscribirá la solicitud de licencia en la calidad prevista en el Formulario Único Nacional para la Solicitud de Licencias Urbanísticas y Reconocimiento de Edificaciones (Ley 0463 de 2017).

A-6.2.7 En el caso de revisión realizada por persona jurídica, designará para dicha labor a un profesional que cuenten con la calidad, experiencia, idoneidad y conocimientos exigidos.

A-6.2.8 El revisor independiente está sujeto al régimen de incompatibilidades del artículo 14, Ley 1796 de 2016.

La resolución de conflictos entre el diseñador estructural y el revisor independiente de los diseños estructurales se describe en la sección A-6.4.

Tabla 11

Obligatoriedad de la revisión de los diseños. Fuente: Elaboración propia.

Casos de edificaciones que requieren revisión de diseños.	Revisión de oficio (curador urbano o autoridad encargada de expedir licencias urbanísticas)			Revisión independiente (Profesional particular independiente o persona jurídica independiente)		
	Diseño Estructural	Sísmico de elementos no estructurales	Estudios Geotécnicos	Diseño Estructural	Sísmico elementos no estructurales	Estudios Geotécnicos
1) Edificaciones que superen los 2000 m ² de área construida.	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Voluntario	Voluntario
2) Edificaciones de menos de 2000 m ² de área construida, que cuente con posibilidad de ampliaciones que alcancen los 2000 m ²	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Voluntario	Voluntario
3) Edificaciones que en conjunto superen los 2000m ² de área construida.	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Voluntario	Voluntario
4) Edificaciones de menos de 2000 m ² de área construida, que requieran Supervisión técnica Independiente.	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Voluntario	Voluntario
5) Edificaciones de menos de 2000 m ² de área construida.	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	N/A	N/A	N/A

Resolución 0017 de 2017 es la actualización de la resolución 0015 de 2015 mencionada en el decreto 945 de 2017, establece el alcance y procedimiento de las labores profesionales y los

honorarios mínimos. El artículo 42 de la ley 400 de 1997 autorizó a la Comisión Asesora

Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes para la realización de esta ley.

Tabla 12

Alcance de revisión de diseños Res. 0017 de 2017. Fuente: Elaboración propia.

Labor	Alcance de los trabajos
Revisión de los diseños estructurales	1. Avalúo de cargas utilizado. 2. Definición de los parámetros de diseño sísmico. 3. Procedimiento de análisis estructural empleado. 4. Verificación de las derivas y deflexiones verticales de la estructura. 5. Procedimientos de diseño de los miembros estructurales. 6. Procedimientos de diseño de la resistencia al fuego de los elementos estructurales. 7. Revisión de los planos estructurales. 8. Contenido de las especificaciones y recomendaciones de construcción. 9. Revisión del seguimiento de las recomendaciones del estudio geotécnico.
Revisión de los estudios geotécnicos	1. La exploración geotécnica realizada incluyendo cantidad y profundidad de los sondeos. 2. Los ensayos de laboratorio realizados. 3. Los diseños geotécnicos y los criterios adoptados por el ing. geotecnista. 4. Las recomendaciones para el diseño estructural de la cimentación. 5. Las recomendaciones para la construcción de la cimentación, incluyendo el procedimiento de excavación, el cálculo de los asentamientos. 6. Cuando se haya realizado un estudio particular de sitio, el revisor debe conceptuar sobre él.
Revisión del diseño sísmico de elementos no estructurales	1. Avalúo de cargas y materiales utilizados. 2. Definición de los parámetros de diseño sísmico de los elementos no estructurales. 3. Definición de los parámetros de diseño de los elementos no estructurales arquitectónicos. 4. Parámetros de diseño para los sistemas hidráulicos de extinción de incendio y para los sistemas eléctricos de detección y alarma de incendio. 5. Procedimiento de análisis y diseño empleado. 6. Verificación de las derivas y deformaciones a que se verán sometidos los elementos no estructurales, las holguras y precauciones dadas en los planos y especificaciones de elementos no estructurales. 7. Revisión de los planos de elementos no estructurales.

Resolución 0463 de 2017 Establece los documentos generales y específicos que lleva toda solicitud de licencia urbanística, y se adopta el Formulario Único Nacional para la solicitud de licencias urbanísticas y el reconocimiento de edificaciones y otros documentos.

6. DOCUMENTOS QUE ACOMPAÑA LA SOLICITUD			
6.1 DOCUMENTOS COMUNES A TODA SOLICITUD			
* No se exigirán cuando se puedan consultar por medios electrónicos.			
	SI	NO	N/A
- Formulario Único Nacional (Adoptado por el MVCT)	☐	☐	☐
- Copia del Certificado de tradición y libertad del inmueble.	☐	☐	☐
- Poder especial debidamente otorgado, ante notario o juez de la República.	☐	☐	☐
- La relación de la dirección de los predios colindantes al proyecto.	☐	☐	☐
- Copia del documento de identidad o certificado de existencia y representación legal.	☐	☐	☐
- Copia del documento o declaración privada del impuesto predial o identificación del predio.	☐	☐	☐
- Copia de matrícula profesional de los profesionales intervinientes en el trámite y copia de las certificaciones que acrediten su experiencia, para los trámites que así lo requieran.	☐	☐	☐
6.6 DOCUMENTOS ADICIONALES EN LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN			
* Deben presentarse firmados y rotulados por profesional idóneo			
	SI	NO	N/A
- Memoria de cálculos y diseños estructurales.*	☐	☐	☐
- Copia de los estudios geotécnicos y de suelos.*	☐	☐	☐
- El proyecto arquitectónico.*	☐	☐	☐
- Memoria de diseño de los elementos no estructurales.*	☐	☐	☐
- Planos estructurales del proyecto.*	☐	☐	☐
Revisión independiente de los diseños estructurales			
Indique la condición por la que se debe adelantar la revisión (Apéndice A-6.3 NSR 10):			
	SI	NO	N/A
- Edificaciones que tengan o superen los 2.000 m ² de área construida.	☐	☐	☐
- Edificaciones que en conjunto superen los 2.000 m ² de área construida.	☐	☐	☐
- Edificaciones que deban someterse a supervisión técnica independiente.	☐	☐	☐
- Edificaciones que tengan menos de 2.000 m ² de área construida, que cuenten con la posibilidad de tramitar ampliaciones que alcancen los 2 000 m ² .	☐	☐	☐
- Edificaciones de menos de 2 000 m ² de área construida que deban someterse a Supervisión Técnica Independiente.	☐	☐	☐
<u>Para las condiciones anteriores, adjuntar los siguientes documentos:</u>			
	SI	NO	N/A
- Memoria de los cálculos y planos estructurales, firmados por el revisor independiente de los diseños estructurales	☐	☐	☐
- Memorial firmado por el revisor independiente de los diseños estructurales, en el que certifique el alcance de la revisión	☐	☐	☐

Figura 6. Lista de chequeo para solicitud de licencias urbanísticas. Resolución 0463 de 2017.

5.5. Marco tecnológico

Con el transcurrir del tiempo la tecnología fue avanzando y la creación de sistemas informáticos como software fue de gran importancia, estos avances tecnológicos se produjeron a finales del siglo XX; actualmente el registro de datos y los cálculos que antiguamente se hacían manuales, se pueden realizar mediante el software Excel y en menor tiempo se obtienen resultados con mayor exactitud. No solo se avanzó en la manera del registro de datos, sino que también se crearon software que permiten la modelación 2D y 3D de las estructuras y obtener

resultados de la simulación más exacta de la estructura y compararlos con los cálculos manuales y definir si la estructura es apta o no ante los diseños realizados.

Actualmente existen diversos programas para el modelamiento de las estructuras tanto en 2D como en 3D y simular las características tanto geométricas como mecánicas de los elementos estructurales, como lo es la resistencia a la compresión del concreto o datos de fluencia de los materiales a utilizar para así, con este modelamiento obtener resultados más reales y exactos del comportamiento de la estructura ante cargas externas e internas presentes en la estructura. Estos softwares nos arrojan parámetros como deformaciones de la estructura y las cargas que se producen en cada uno de los elementos estructurales que hacen parte de la estructura; y con tal información comparar resultados con las normas y establecer si es apropiado el diseño simulado o buscar otras opciones para el proyecto.

Hoy en día está en auge las metodologías BIM (Building Information Modeling) que son un proceso de generación y gestión de datos de una edificación durante su ciclo de vida, se modela en tres dimensiones y en tiempo real, donde se simula el proceso de la construcción disminuyendo pérdidas de tiempo y recursos.

Las herramientas tecnológicas que se utilizarán a lo largo del proyecto son:

Auto CAD: Software de dibujo asistido por computadora, CAD (Computer Aided drafting). Es utilizado para el diseño de planos 2D o 3D de ingeniería, arquitectura y afines.

ETABS: Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) es Software integrado para el análisis estructural y el diseño de edificios.

Microsoft office: Microsoft Office es un paquete de programas informáticos para oficina, trata de un conjunto de aplicaciones que realizan tareas ofimáticas, es decir, que permiten automatizar y perfeccionar las actividades habituales de una oficina.

6. Metodología.

El proyecto consiste en realizar una propuesta de guía metodológica para realizar una revisión completa de diseños estructurales en edificaciones de pórticos de concreto reforzado, que sirva como apoyo para los profesionales encargados de garantizar el cumplimiento del reglamento NSR.10. Para llegar a este resultado se desarrolla de la siguiente manera:

Inicialmente se realiza la contextualización de la normativa correspondiente que abarca la revisión de los diseños y las licencias urbanísticas, se presenta cronológicamente desde la creación de las normas de sismo resistencia hasta las resoluciones, leyes y decretos vigentes y lo que aporta cada una en la actualidad acerca de la revisión estructural con el fin de definir la metodología y alcance de la guía.

Después se establecen los parámetros de diseño y la base teórica para los elementos de la estructura, así como para el análisis sísmico con base en los requerimientos establecidos por la NSR-10. Información con la cual se permite definir los parámetros de revisión de la guía.

Después de haber definido los parámetros y el alcance de la guía, se lleva a cabo una revisión del contenido mínimo que deben llevar los documentos presentados para la solicitud de licencia. Luego para la revisión estructural, se realiza paralelamente el libro de Excel con las listas de chequeo, la guía para la modelación y análisis dinámico de pórticos de concreto. En segundo plano se presentan los aspectos más importantes para la revisión de los elementos no estructurales y del diseño geotécnico realizado.

Terminada la guía, y con el fin de ilustrar su desarrollo su desarrollo y aplicación se efectúa la revisión del proyecto Centro Día localizado en Funza, Cundinamarca. El cual está compuesto por dos edificaciones de uso institucional de pórticos de concreto reforzado, que cuentan con dos niveles que representan más de 2500 m² de área construida.

En el siguiente flujograma, se muestra de manera detallada el procedimiento para la revisión de este proyecto.

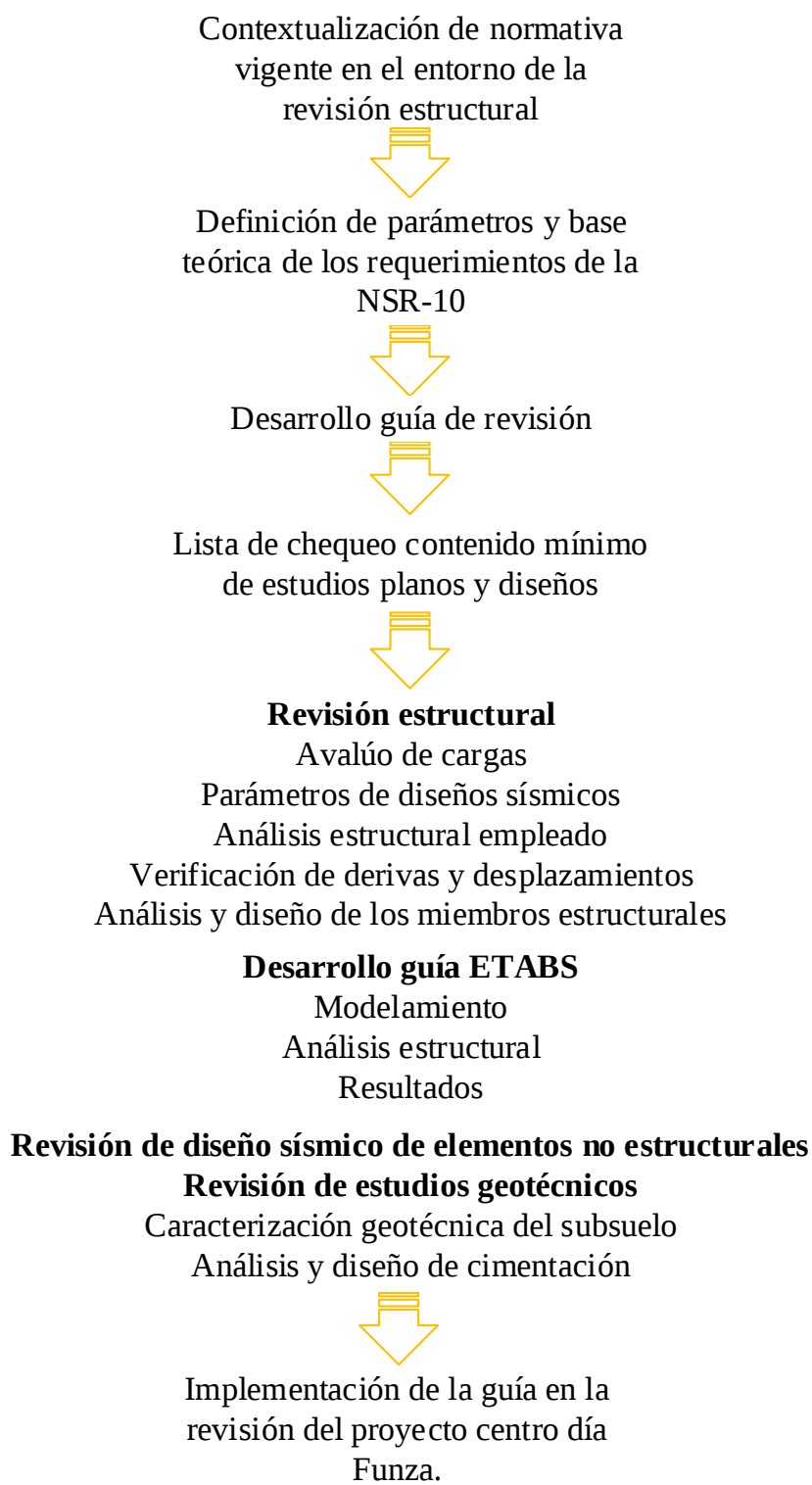


Figura 7. Flujograma de metodología del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

7. Guía Metodológica

7.1 Instrucciones de aplicación de la guía.

A continuación, se presenta una propuesta de guía metodológica para realizar la revisión de diseños estructurales, de diseño sísmico de elementos no estructurales y de estudios geotécnicos en pórticos de concreto reforzado resistentes a momentos, con la cual se pueda determinar la bondad de los procedimientos empleados y el cumplimiento de los requisitos de diseño establecidos en la normativa sismo resistente colombiana. El objetivo es que sirva como apoyo para las entidades e ingenieros encargados de esta actividad, tanto revisores de oficio, así como revisores independientes.

La guía se basa principalmente en el alcance establecido por la resolución 0017 de 2017. Esta guía tiene como principio la revisión mediante análisis completo, en la cual se realiza el modelamiento y análisis dinámico estructural de la edificación en ETABS detallado en el Anexo 1, y conforme con los resultados se contrasta con los diseños presentados.

Se propone un documento de Excel que contiene listas de chequeo, en las cuales de manera interactiva se presentan los procedimientos de revisión y los requisitos mínimos permitidos por el reglamento NSR-10.

Cabe aclarar que dichos requisitos mínimos se tienen que cumplir, pero queda a criterio del ingeniero encargado de la revisión y de las características particulares del proyecto.

El documento sirve como memoria de los trabajos realizados de revisión, la cual sirve para constatar y emitir juicio de los documentos presentados, así como de entregar la relación de partes que deberán ser corregidas.

En la figura 8, se muestra el flujograma bajo el cual se dan las instrucciones de aplicación de la guía, como también el procedimiento de trabajo a tener en cuenta para realizar la revisión.

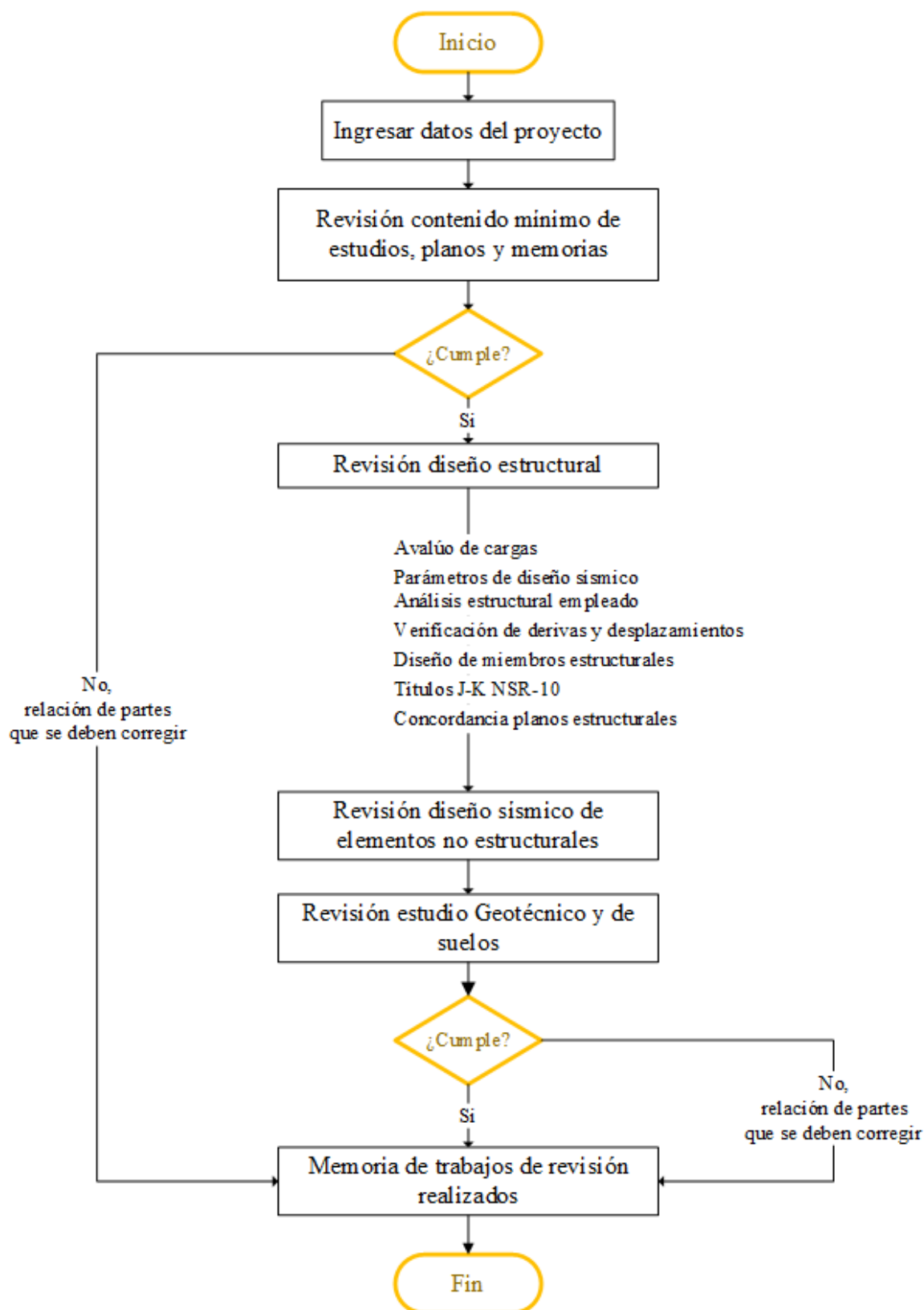


Figura 8. Flujograma de metodología de aplicación de la guía. Fuente: Elaboración propia.

7.2 Desarrollo guía metodológica en Excel.



Figura 9. Saludo de bienvenida guía Excel. Fuente: Elaboración propia.

Índice

Al continuar el mensaje de bienvenida, el documento se dirige al índice el cual cuenta con los capítulos que contiene la guía, estos están vinculados a cada lista de chequeo. Tabla 13.

Tabla 13

Índice de guía metodológica. Fuente: Elaboración propia.

HERRAMIENTA PARA LA REVISIÓN DE DISEÑOS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES DE PÓRTICOS DE CONCRETO REFORZADO RESISTENTES A MOMENTOS, SEGÚN LA NSR-10.

Ítem	Capítulo
	Instrucciones
	Datos del Proyecto
	Revisión contenido mínimo de memorias, planos y estudios
1	Revisión de diseños estructurales
1.1	Avalúo de Cargas
1.2	Parámetros de diseño sísmico
1.3	Análisis estructural empleado

1.4	Verificación de derivas y desplazamientos
1.5	Análisis y diseño de los miembros estructurales
1.6	Criterios de revisión título J y título K
1.7	Correspondencia de planos estructurales
2	Revisión de diseño sísmico de elementos no estructurales
2.1	Análisis y diseño sísmico de elementos no estructurales
3	Revisión de estudios geotécnicos
3.1	Caracterización geotécnica del subsuelo
3.2	Análisis y diseño de cimentación
	Resumen de observaciones de revisión

Datos del proyecto:

El primer paso para realizar la revisión es llenar la hoja con los datos del proyecto, entre los que se incluyen los datos generales, del tipo de solicitud de licencia, los documentos presentados y si es objeto de revisión independiente.

Tabla 14

Datos del proyecto a revisar. Fuente: Elaboración propia.

Datos del proyecto:	
Nombre del Proyecto:	<i>Centro día - Funza</i>
Área construida (m ²):	<i>2628,83</i>
Municipio:	<i>Funza - Cundinamarca</i>
Dirección:	<i>Lote 4 Calle 15 No. 8-05</i>
Barrio:	<i>Serrezuelita</i>
Usos:	<i>Institucional</i>
Clasificación del suelo:	<i>Urbano</i>
Tipo de solicitud	
Clase de licencia:	<i>Licencia de Construcción</i>
Modalidad:	<i>Obra nueva</i>
Datos de la estructura	
Tipo de estructura:	<i>Pórticos resistentes a momentos</i>
Material predominante:	<i>Concreto Reforzado</i>
Documentos recibidos	
☐	Memoria de cálculos y diseños estructurales
☐	Estudios geotécnicos y de suelos
☐	Proyecto arquitectónico
☐	Memoria y planos de diseño de elementos no estructurales
☐	Planos estructurales del proyecto
Chequeo revisión independiente:	
Tipo de edificación	<i>Necesita revisión independiente</i>
Que superen los 2000m2	

Revisión contenido mínimo de memorias, planos y estudios.

En este capítulo se realiza el primer filtro, en la lista de chequeo se verifica que los documentos presentados estén en orden y cumplan con los requisitos correspondientes de la NSR-10. Si en esta primera instancia se encuentran errores, se procede a realizar el memorial relacionando las correcciones que ha de realizar el diseñador para empezar nuevamente el proceso, así mismo si los documentos se encuentran en orden, se procede con la revisión detallada de los ítems 1, 2, 3 del índice.

Para cada ítem de la lista de chequeo se asigna si cumple, si no cumple o si por el contrario no aplica (N/A), todo esto en los botones de chequeo que dispone la guía.

Tabla 15

Lista de Chequeo contenido mínimo de documentos. Fuente: Elaboración propia.

REVISIÓN CONTENIDO MÍNIMO DE MEMORIAS, PLANOS Y ESTUDIOS		¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Si	No	N/A
1. Planos del proyecto arquitectónico (NSR-10 Sección A.1.5.2.2 2 - Res. 0463 de 2017)				
1.1	Rotulado, firma y matricula profesional Arq. Responsable y diseñador de elementos no estructurales	☒	☐	☐
1.2	Características del predio			
1.2.1	Plano de localización	☐	☒	☐
1.2.2	Sección y nomenclatura vial	☐	☐	☒
1.2.3	Linderos del predio	☐	☐	☐
1.3	Cuadro general de áreas del proyecto	☐	☐	☐
1.4	Plantas arquitectónicas			
1.4.1	Primera planta con espacio publico	☐	☐	☐
1.4.2	Cotas parciales y totales	☐	☐	☐
1.4.3	Ejes y elementos estructurales proyectados	☐	☐	☐
1.4.4	Usos	☐	☐	☐
1.4.5	Indicación de cortes	☐	☐	☐
1.4.6	Plantas arquitectónicas por cada nivel, sótano o cubierta	☐	☐	☐
1.5	Cortes	☐	☐	☐
1.6	Fachadas	☐	☐	☐

2. Memoria de cálculos y diseños estructurales (NSR-10 Sección A.1.5.3.1)

2.1	Datos Ingeniero responsable			
2.1.1	Firma y fotocopia matricula profesional	☐	☐	☐
2.1.2	Memorial de responsabilidad COPNIA, cedula de ciudadanía	☐	☐	☐
2.1.3	Certificación de experiencia	☐	☐	☐
2.2	Descripción general del proyecto	☐	☐	☐
2.3	Descripción del sistema estructural usado	☐	☐	☐
2.4	Avalúo de cargas y combinaciones de carga	☐	☐	☐
2.5	Zonificación sísmica	☐	☐	☐
2.6	Grado de capacidad de disipación de energía	☐	☐	☐
2.7	Calculo de periodo y fuerzas sísmicas	☐	☐	☐
2.8	Tipo de análisis estructural	☐	☐	☐
2.8.1	Descripción principios de análisis del software usado	☐	☐	☐
2.8.2	Datos de entrada	☐	☐	☐
2.8.2.1	Datos grilla de coordenadas	☐	☐	☐
2.8.2.2	Conectividad de elementos	☐	☐	☐
2.8.2.3	Definición de materiales	☐	☐	☐
2.8.2.4	Definición de secciones, diafragmas y apoyos	☐	☐	☐
2.8.2.5	Definición, asignación de cargas y combinaciones	☐	☐	☐
2.8.2.6	Definición de espectro y análisis sísmico	☐	☐	☐
2.8.3	Datos de salida	☐	☐	☐
2.8.3.1	Derivas y desplazamientos	☐	☐	☐
2.8.3.2	Fuerzas internas de los elementos	☐	☐	☐
2.8.3.3	Periodos y frecuencias modales	☐	☐	☐
2.8.3.4	Participación de masa modal	☐	☐	☐
2.8.3.5	Reacciones en los apoyos	☐	☐	☐
2.9	Verificación de derivas máximas	☐	☐	☐
2.10	Diseño de los miembros estructurales			
2.10.1	Losas de entrepiso (Diseño a retracción y temperatura, cortante y flexión)	☐	☐	☐
2.10.2	Vigas y viguetas (Diseño a flexión y cortante)	☐	☐	☐
2.10.3	Columnas (Diseño a flexo compresión y cortante)	☐	☐	☐
2.10.4	Cimentación (Capacidad portante y diseño de elementos)	☐	☐	☐
2.10.5	Escaleras (Pre dimensionamiento, flexión, cortante, retracción y temperatura)	☐	☐	☐
2.10.6	Verificación de columna fuerte - viga débil	☐	☐	☐
3. Planos estructurales del proyecto (NSR-10 Sección A.1.5.2.1)				
3.1	Rotulado, firma y matricula profesional de los ing. responsables	☐	☐	☐
3.2	Especificaciones de los materiales de construcción			

3.2.1	Resistencia del concreto	☐	☐	☐
3.2.2	Resistencia del acero	☐	☐	☐
3.2.3	Calidad de las unidades de mampostería de elementos no estructurales	☐	☐	☐
3.2.4	Tipo de mortero	☐	☐	☐
3.2.5	Calidad de madera	☐	☐	☐
3.3	Tamaño, localización, dimensiones y despiece de refuerzo de elementos estructurales			
3.3.1	Losas de entrepiso	☐	☐	☐
3.3.2	Vigas y viguetas	☐	☐	☐
3.3.3	Columnas y muros estructurales	☐	☐	☐
3.3.4	Cimentación	☐	☐	☐
3.3.5	Escaleras y rampas	☐	☐	☐
3.4	Tipo y localización de conexiones entre elementos estructurales	☐	☐	☐
3.5	Empalmes entre elementos de refuerzo	☐	☐	☐
3.6	Grado de capacidad de disipación de energía	☐	☐	☐
3.7	Cargas vivas y de acabados supuestas en los cálculos	☐	☐	☐
3.8	Nota en los planos con el grupo de uso de la edificación	☐	☐	☐
4. Estudio geotécnico y de suelos definitivo (NSR-10 Sección A.1.5.4 - NSR-10 H.2.2.2.1				
4.1	Proyecto			
4.1.1	Plano de localización	☐	☐	☐
4.1.2	Objetivo del estudio	☐	☐	☐
4.1.3	Descripción general del proyecto	☐	☐	☐
4.1.4	Sistema estructural	☐	☐	☐
4.1.5	Evaluación de cargas	☐	☐	☐
4.2	Subsuelo			
4.2.1	Resumen reconocimiento de campo	☐	☐	☐
4.2.2	Investigación adelantada en el sitio de la obra	☐	☐	☐
4.2.3	Morfología del terreno	☐	☐	☐
4.2.4	Origen geológico	☐	☐	☐
4.2.5	Características físico mecánicas	☐	☐	☐
4.2.6	Descripción de niveles freáticos	☐	☐	☐
4.3	Unidades geológicas o de suelo			
4.3.1	Identificación espesor y distribución	☐	☐	☐
4.3.2	Parámetros obtenidos en las pruebas de campo y ensayos de laboratorio (H.3)	☐	☐	☐
4.3.3	Análisis de efectos locales (A.2.4)	☐	☐	☐
4.3.4	Efecto de suelos con características especiales	☐	☐	☐
4.4	Análisis geotécnicos			
4.4.1	Resumen de análisis y justificación de los criterios adoptados	☐	☐	☐

4.4.1	Resumen de análisis y justificación de los criterios adoptados	☐	☐	☐
4.4.2	Análisis de problemas constructivos de las alternativas de cimentación y contención	☐	☐	☐
4.4.3	Estabilidad de taludes temporales	☐	☐	☐
4.4.4	Análisis de las alternativas de excavación y construcción	☐	☐	☐
4.5	Recomendaciones para diseño			
4.5.1	Tipo de cimentación	☐	☐	☐
4.5.2	Profundidad de desplante	☐	☐	☐
4.5.3	Presiones admisibles	☐	☐	☐
4.5.4	Asentamientos calculados, totales y diferenciales	☐	☐	☐
4.5.5	Tipos de estructuras de contención y diseño	☐	☐	☐
4.5.6	Análisis interacción suelo estructura	☐	☐	☐
4.6	Recomendaciones para protección de edificaciones y predios vecinos	☐	☐	☐
4.7	Recomendaciones para construcción (sistema constructivo)	☐	☐	☐
4.8	Anexos	☐	☐	☐
5. Memoria de diseño de elementos no estructurales (NSR 10 Sección A.1.5.2.2)				
5.1	Acabados y elementos arquitectónicos (A.9.5)			
5.1.1	Justificación del grado de desempeño elementos no estructurales	☐	☐	☐
5.1.2	Criterios de diseño utilizados	☐	☐	☐
5.1.3	Detalles y especificaciones de materiales usados	☐	☐	☐
5.2	Instalaciones hidráulicas, sanitarias, mecánicas y eléctricas.(A.9.6)			
5.2.1	Justificación del grado de desempeño elementos no estructurales	☐	☐	☐
5.2.2	Criterios de diseño utilizados	☐	☐	☐
5.2.3	Detalles y especificaciones de materiales usados	☐	☐	☐
6. Criterios de revisión Título J y K NSR-10				
6.1	Resistencia al fuego de los elementos estructurales (Título J)	☐	☐	☐
6.2	Requisitos complementarios (Título K)	☐	☐	☐

Después de verificar el cumplimiento del contenido mínimo de los documentos presentados, se procede con el análisis detallado. A partir del siguiente capítulo se presenta de manera extendida los parámetros de revisión, se dispone de listas con botones de chequeo, y para cada uno se puede verificar el cumplimiento mediante el vínculo encontrado en cada número de Ítem. De esta manera, el procedimiento a seguir es:

- a) En el índice, seleccionar el capítulo que se desea revisar, automáticamente la guía se dirige a la lista de chequeo seleccionada, b) en la lista de chequeo se selecciona el ítem específico

a verificar, de igual manera la guía se dirige a la hoja que contiene los parámetros exigidos por la NSR-10, c) realizar la verificación del cumplimiento de la NSR-10 para ese ítem específico con los datos particulares del proyecto, d) regresar a la lista de chequeo, y marcar en los botones si cumple, no cumple o no aplica (N/A) d) si no cumple, redactar las observaciones pertinentes, e) realizar el mismo procedimiento para los demás ítems.

1. Revisión del diseño estructural.

1.1 Avalúo de Cargas

En este capítulo, se revisan los requisitos mínimos de las cargas que se emplean en las edificaciones, diferentes a las fuerzas sísmicas que se presentan más adelante. La edificación debe ser capaz de resistirlas adecuadamente.

Tabla 16

Lista de chequeo avalúo de cargas. Fuente: Elaboración propia.

1.1 AVALÚO DE CARGAS			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
<u>1.1.1</u>	Definición de combinaciones de carga	B.2	☒	☐	☐
<u>1.1.2</u>	Cargas muertas	B.3	☐	☒	☐
<u>1.1.2.1</u>	Peso propio elementos de entrepiso	B.3.3	☐	☐	☒
<u>1.1.2.2</u>	Elementos no estructurales	B.3.4.1-B.3.4.3	☐	☐	☐
<u>1.1.2.3</u>	Equipos fijos	B.3.5	☐	☐	☐
<u>1.1.3</u>	Cargas vivas	B.4	☐	☐	☐
<u>1.1.3.1</u>	Cargas vivas mínimas requeridas	Tabla B.4.2.1-1	☐	☐	☐
<u>1.1.3.2</u>	Cargas vivas mínimas en cubiertas	Tabla B.4.2.1-2	☐	☐	☐
<u>1.1.3.3</u>	Cargas de empozamiento de agua	B.4.8.2	☐	☐	☐
<u>1.1.3.4</u>	Cargas de granizo	B.4.8.3	☐	☐	☐
<u>1.1.4</u>	Empuje de tierra y presión hidrostática	B.5	☐	☐	☐
<u>1.1.5</u>	Fuerzas de viento	B.6	☐	☐	☐
<u>1.1.5.1</u>	Selección de procedimiento de diseño permitido	B.6.1.1.	☐	☐	☐
<u>1.1.5.2</u>	Método 1: Procedimiento simplificado	B.6.5	☐	☐	☐
<u>1.1.5.3</u>	Método 2: procedimiento analítico	B.6.6	☐	☐	☐
<u>1.1.5.4</u>	Carga de viento de diseño mínima	B.6.4	☐	☐	☐

1.1.1 Definición de combinaciones de carga NSR-10 Sección B.2

Es indispensable definir combinaciones de carga para la verificación de derivas, cortante, flexión de vigas y columnas, teniendo en cuenta los diferentes casos de carga que se presentan en la estructura, como se muestra en la tabla 17, se verifica su cumplimiento. Dichas combinaciones adicionales se tienen en cuenta a la hora del modelamiento además de las prescritas en B.2.4, y se detallan en la tabla 18. El análisis y diseño de los elementos es necesario realizarlo para la combinación más crítica.

Tabla 17

Chequeo de requisitos adicionales para combinaciones. NSR-10. Fuente: Autor

Sección NSR-10	Requisitos	¿Cumple?
B.2.4	Método de diseño: <i>Método de resistencia</i>	
B.2.4.2.1	Se define combinación de carga para verificación de derivas para las fuerzas sísmicas F_s , sin ser divididas por R	Si
B.2.4.2.1	Se aplica combinaciones de carga con reducción de fuerzas sísmicas de diseño de elementos, divididos por el coeficiente de disipación de energía R	Si
A.3.6.3	Consideración efectos ortogonales de las fuerzas sísmicas suponiendo la concurrencia simultanea del 100% en la dirección principal y el 30% en la dirección perpendicular.	Si
C.21.3.3	Combinaciones adicionales para cortante de vigas: $2.0E$	No
A.3.3.9 - CR.21.11.7.5	Combinaciones adicionales para cortante de columnas: $\Omega_0 E$	N/A

Tabla 18

Combinaciones de carga. Fuente: Autor

DERIVAS	Casos de carga								
Combo	D	L	EX	EY	Wx	Wy	G	Lr	Le
DER B.2.4-1	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-
DER B.2.4-2	1,20	1,60	-	-	-	-	0,50	0,50	0,50
DER B.2.4-3	1,20	1,00	-	-	-	-	1,60	1,60	1,60
DER B.2.4-4 X	1,20	1,00	-	-	1,60	-	0,50	0,50	0,50
DER B.2.4-4 Y	1,20	1,00	-	-	-	1,60	0,50	0,50	0,50
DER B.2.4-5 X	1,20	1,00	1,00	0,30	-	-	-	-	-
DER B.2.4-5 Y	1,20	1,00	0,30	1,00	-	-	-	-	-
DER B.2.4-6 X	0,90	-	-	-	1,60	-	-	-	-
DER B.2.4-6 Y	1,90	-	-	-	-	1,60	-	-	-
DER B.2.4-7 X	0,90	-	1,00	0,30	-	-	-	-	-
DER B.2.4-7 Y	0,90	-	0,30	1,00	-	-	-	-	-

VIGAS		Casos de carga							
Combo	D	L	EX	EY	Wx	Wy	G	Lr	Le
VG B.2.4-1	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-
VG B.2.4-2	1,20	1,60	-	-	-	-	0,50	0,50	0,50
VG B.2.4-3	1,20	1,00	-	-	-	-	1,60	1,60	1,60
VG B.2.4-4 X	1,20	1,00	-	-	1,60	-	0,50	0,50	0,50
VG B.2.4-4 Y	1,20	1,00	-	-	-	1,60	0,50	0,50	0,50
VG B.2.4-5 X	1,20	1,00	1/R	0,3/R	-	-	-	-	-
VG B.2.4-5 Y	1,20	1,00	0,3/R	1/R	-	-	-	-	-
VG B.2.4-5 X CORT	1,20	1,00	2/R	0,6/R	-	-	-	-	-
VG B.2.4-5 Y CORT	1,20	1,00	0,6/R	2/R	-	-	-	-	-
VG B.2.4-6	0,90	-	-	-	1,60	-	-	-	-
VG B.2.4-6	0,90	-	-	-	-	1,60	-	-	-
VG B.2.4-7 X	0,90	-	1/R	0,3/R	-	-	-	-	-
VG B.2.4-7 Y	0,90	-	0,3/R	1/R	-	-	-	-	-
VG B.2.4-7 X CORT	0,90	-	2/R	0,6/R	-	-	-	-	-
VG B.2.4-7 Y CORT	0,90	-	0,6/R	2/R	-	-	-	-	-
COLUMNAS		Casos de carga							
Combo	D	L	EX	EY	Wx	Wy	G	Lr	Le
COL B.2.4-1	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-
COL B.2.4-2	1,20	1,60	-	-	-	-	0,50	0,50	0,50
COL B.2.4-3	1,20	1,00	-	-	-	-	1,60	1,60	1,60
COL B.2.4-4 X	1,20	1,00	-	-	1,60	-	0,50	0,50	0,50
COL B.2.4-4 Y	1,20	1,00	-	-	-	1,60	0,50	0,50	0,50
COL B.2.4-5 X	1,20	1,00	1/R	0,3/R	-	-	-	-	-
COL B.2.4-5 Y	1,20	1,00	0,3/R	1/R	-	-	-	-	-
COL B.2.4-5 X CORT	1,20	1,00	Ω_0/R	$(0,3\Omega_0)/R$	-	-	-	-	-
COL B.2.4-5 Y CORT	1,20	1,00	$(0,3\Omega_0)/R$	Ω_0/R	-	-	-	-	-
COL B.2.4-6 X	0,90	-	-	-	1,60	-	-	-	-
COL B.2.4-6 Y	0,90	-	-	-	-	1,60	-	-	-
COL B.2.4-7 X	0,90	-	1/R	0,3/R	-	-	-	-	-
COL B.2.4-7 Y	0,90	-	0,3/R	1/R	-	-	-	-	-
COL B.2.4-7 X CORT	0,90	-	Ω_0/R	$(0,3\Omega_0)/R$	-	-	-	-	-
COL B.2.4-7 Y CORT	0,90	-	$(0,3\Omega_0)/R$	Ω_0/R	-	-	-	-	-
PRED. CIMENTACIÓN		Casos de carga							
Combo	D	L	EX	EY	Wx	Wy	H		
CIM B.2.3-1	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
CIM B.2.3-2	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	1,00
CIM B.2.3-5 X	1,00		-	-	-	1,00	-	-	1,00
CIM B.2.3-5 Y	1,00		-	-	-	-	1,00	-	1,00
CIM B.2.3-6 X	1,00		(0,7/R)						1,00
CIM B.2.3-6 Y	1,00			(0,7/R)					1,00
CIM B.2.3-7 X	1,00	0,75				0,75			1,00
CIM B.2.3-7 Y	1,00	0,75					0,75		1,00
CIM B.2.3-8 X	1,00	0,75	0,75(0,7/R)		-	0,75			1,00
CIM B.2.3-8 X	1,00	0,75	0,75(0,7/R)				0,75		1,00
CIM B.2.3-8 Y	1,00	0,75			0,75(0,7/R)		0,75		1,00
CIM B.2.3-8 Y	1,00	0,75			0,75(0,7/R)			0,75	1,00

1.1.2 Cargas muertas NSR-10 Sección B.3

1.1.2.1 Peso propio elementos de entrepiso NSR-10 Sección B.3.3

Las cargas muertas se calculan con las masas reales de los materiales, los más frecuentes se encuentran en Tabla B.3.2-1 de la NSR-10. Se selecciona el tipo de entrepiso, agregar las dimensiones, peso de los materiales y comparar con los usados en el diseño.

Tabla 19

Peso propio elementos de entrepiso. Fuente: Elaboración propia.

ITEM	Ancho (m)	Alto (m)	Separación (m)	γ (KN/m ³)	Peso (KN/m ²)	¿Cumple?
Loseta Superior					0,00	
Viguetas					0,00	
Loseta inferior					0,00	
Aligeramiento					0,00	
Subtotal peso propio					0,00	Si

1.1.2.2 Elementos no estructurales NSR-10 Sección B.3.4.1 a B.3.4.3

Tabla 20

Elementos no estructurales. Fuente: Elaboración propia.

ITEM	Peso (KN/m ²)	¿Cumple?
Acabados	0,00	
Cielo Raso (Instalaciones)	0,00	
Fachadas y particiones B.3.4.2 - B.3.4.3	0,00	
Subtotal Elem. No estructurales	0,00	
Total Cargas muertas	0,00	Si

1.1.2.3 Equipos fijos NSR-10 Sección B.3.5

Si aplica, incluir la masa de equipos fijos apoyados sobre elementos estructurales. Equipos como ascensores, bombas hidráulicas entre otros.

¿Cumple?
N/A

1.1.3 Cargas vivas NSR-10 Sección B.4

Las cargas vivas utilizadas en el diseño de la estructura son las cargas máximas esperadas debido al uso, no pueden ser menores que las cargas dadas en la tabla B.4.2. Para la revisión en la guía se selecciona la ocupación o uso, agregar la carga usada en el diseño, y se verifica su cumplimiento.

1.1.3.1 Cargas vivas mínimas requeridas NSR-10 Sección Tabla B.4.2.1-1

Tabla 21

Cargas vivas mínimas requeridas, Fuente: Elaboración propia.

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga usada (kN/m ²)	¿Cumple?
<i>Institucional-Corredores y escaleras</i>	5,00	5.00	Si

1.1.3.2 Cargas vivas mínimas en cubiertas NSR-10 Sección Tabla B.4.2.1-2

Tabla 22

Cargas vivas mínimas en cubiertas. Fuente: Elaboración propia.

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga usada (kN/m ²)	¿Cumple?
<i>Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada</i>	0,50	0,50	Si

1.1.3.3 Cargas de empozamiento de agua NSR-10 Sección B.4.8.2

El constructor que suscribe la licencia debe aprobar el proyecto hidráulico, suministrar información al diseñador estructural de la posibilidad de que existan cargas generadas por el volumen de agua que pueda acumularse antes de que el sistema auxiliar de drenaje del exceso opere, además de su distribución a los elementos estructurales de soporte de la cubierta realizando su diseño de tal manera que sean capaces de resistir sin fallar. Y de existir deben ser tenidas en cuenta y revisadas.

1.1.3.3 Cargas de granizo NSR-10 Sección B.4.8.3

En esta sección, se ingresan los valores que se encuentran en color rojo, con ellos la guía define si se tiene que aplicar la carga de granizo y su magnitud, a su vez se ingresa la carga usada en el diseño y la verificación de cumplimiento se realiza automáticamente.

Tabla 23

Cargas de granizo. Fuente: Elaboración propia.

Región del país:	xxxxx	¿Aplica?	Carga (kN/m ²)	Carga usada	¿Cumple?
Altura sobre el nivel del mar (m):	0000	No	-	0,50	N/A
Inclinación de la cubierta (°):	00				

1.1.4 Empuje de tierra y presión hidrostática NSR-10 Sección B.5

Tabla 24

Empuje de tierra y presión hidrostática. Fuente: Elaboración propia.

Caso	¿Cumple?
Empuje en muros de contención de sótanos (B.5.1):	N/A
Presión ascendente y supresión en losas de sótanos (B.5.2):	N/A
Suelos expansivos (B.5.3):	N/A
Zonas inundables (B.5.4):	N/A

1.1.5 Fuerzas de viento NSR-10 Sección B.6

1.1.5.1 Selección de procedimiento de diseño NSR-10 Sección B.6.1.1.

Se verifica que las fuerzas de viento sean diseñadas bajo un procedimiento permitido por el reglamento, además de que se usen principalmente para el diseño de cubiertas.

Tabla 25

Procedimientos de diseño fuerzas de viento. Fuente: Elaboración propia.

Método	Condiciones de uso
1: Procedimiento simplificado	Para determinar las cargas de viento bajo este método, la edificación debe cumplir la condiciones de B.6.4.1.1 para el <i>Sistema principal de resistencia de viento (SPRFV)</i> y B.6.4.1.2 para los <i>componentes y revestimientos</i> .
2: Procedimiento analítico	Para determinar las cargas de viento bajo este método, la edificación debe cumplir las condiciones de B.6.5.1.

3: Procedimiento del túnel de viento	Se usa en edificaciones irregulares o con característica de respuesta inusuales y debe cumplir con B.6.6
--------------------------------------	--

1.1.5.2 Método 1: Procedimiento simplificado NSR-10 Sección B.6.4.

De utilizarse este método, se verifica que el cálculo de las fuerzas de viento se realice de acuerdo con los parámetros y procedimientos descritos en la tabla 26.

Tabla 26

Método 1: Procedimiento simplificado. Fuente: Elaboración propia.

Verificación procedimiento de diseño	Símbolo	Sección NSR-10
a) Velocidad de viento	V	B.6.5.4 - Fig. B.6.4-1
b) Factor de importancia	I	B.6.5.5 - Tabla B.6.5-1
c) Categorías de rugosidad del terreno		B.6.5.6.2
Categorías de exposición		B.6.5.6.3
d) Factor topográfico	K_{zt}	B.6.5.7 - Fig. B.6.5-1
e) Coeficiente ajuste por altura y exposición	λ	Fig. B.6.4-2
f) Presión de viento de diseño simplificada	P_{S10}	B.6.4-2
g) Presión neta de viento de diseño	P_{net10}	B.6.4-3
h) Carga de viento de diseño		
SPRFV	p_s	B.6.4.2.1
Componentes y revestimientos	p_{net}	B.6.4.2.2

1.1.5.3 Método 2: Procedimiento analítico NSR-10 Sección B.6.5

De utilizarse este método, se verifica que el cálculo de las fuerzas de viento se realice de acuerdo con los parámetros y procedimientos descritos en la tabla 27.

Tabla 27

Método 2: Procedimiento analítico. Fuente: Elaboración propia.

Verificación procedimiento de diseño	Símbolo	Sección NSR-10
a) Velocidad de viento	V	B.6.5.4 - Fig. B.6.4-1
Factor de dirección	K_d	Tabla B.6.5-4
b) Factor de importancia	I	B.6.5.5 - Tabla B.6.5-1
c) Categorías de rugosidad del terreno		B.6.5.6.2

Categorías de exposición		B.6.5.6.3
Coeficiente de exposición para la presión por la velocidad	K_h o K_z	B.6.5.6.6 - Tabla B.6.5-3
d) Factor topográfico	K_{zt}	B.6.5.7 - Fig. B.6.5-1
e) Factor de efecto de ráfaga	G o G_f	B.6.5.8
f) Clasificación del cerramiento		B.6.5.9
g) Coeficiente de presión interna	$G_{C_{pi}}$	B.6.5.11.1 - Fig. B.6.5-2
h) Coeficiente de presión externa	C_p o $G_{C_{pf}}$	Figs. B.6.5-3 a B.6.5-14
Coeficiente de fuerza	C_f	Figs. B.6.5-17 a B.6.5-19
i) Presión por velocidad	q_z o q_h	B.6.5.10
j) Carga de viento de diseño	p o F	
En edificios cerrados o parcialmente cerrados	p	B.6.5.12
En edificio abiertos con cubiertas a una y dos aguas y en artesa	p	B.6.5.13
En muros libres y vallas macizas	F	B.6.5.14
En otras estructuras	F	B.6.5.15

1.1.5.4 Carga de viento de diseño mínima NSR-10 Sección B.6.1.3

Según B.6.1.3 la carga de viento de diseño, determinada mediante cualquiera de los métodos, no podrá ser menor a:

Tabla 28

Carga de viento de diseño mínima. Fuente: Elaboración propia.

Casos	¿Cumple?
En el Sistema principal resistente a cargas de viento (SPRFV) la multiplicación de 0.40 kN/m^2 por el área de la edificación o estructura, proyectada a un plano vertical normal a la dirección de viento en estudio.	N/A
En Componentes y revestimientos una presión neta de $0,40 \text{ kN/m}^2$ actuando en cualquier dirección normal a la superficie.	N/A

1.2 Parámetros de diseño sísmico

Se revisa el diseño sismo resistente de la edificación, primero se establece el cumplimiento de los movimientos sísmicos de diseño, los cuales dependen de las zonas de amenaza sísmica y los efectos locales del suelo, además del uso para el cual está diseñada la

edificación y posteriormente la estructuración del sistema de resistencia sísmica, que depende del grado de irregularidad de la estructura.

Tabla 29

Lista de chequeo parámetros de diseño sísmico. Fuente: Elaboración propia.

1.2 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
Zonas de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño					
<u>1.2.1</u>	Movimientos sísmicos de diseño(A_a y A_v)	A.2.2	☒	☐	☐
<u>1.2.2</u>	Zona de amenaza sísmica	A.2.3	☐	☒	☐
<u>1.2.3</u>	Efectos locales	A.2.4	☐	☐	☒
<u>1.2.3.1</u>	Tipo de perfil del suelo	Tabla A.2.4-1	☐	☐	☐
<u>1.2.3.2</u>	Coefficientes de amplificación F_a y F_v	A.2.4.5.5-A.2.4.5.6	☐	☐	☐
<u>1.2.4</u>	Grupo de uso	A.2.5.1	☐	☐	☐
<u>1.2.5</u>	Coefficiente de importancia	A.2.5.2	☐	☐	☐
<u>1.2.6</u>	Espectro de diseño	A.2.6	☐	☐	☐
<u>1.2.6.1</u>	Periodo de vibración tiempo T_C , T_L , T_0	A.2.6-2	☐	☐	☐
<u>1.2.6.2</u>	Espectro elástico de aceleraciones	Figura A.2.6-1	☐	☐	☐
<u>1.2.6.3</u>	Aceleración pico efectiva, umbral de daño A_d	A.12.2.2	☐	☐	☐
<u>1.2.6.4</u>	Espectro sísmico para el umbral de daño	Figura A.12.4-1	☐	☐	☐
<u>1.2.7</u>	Estudios de microzonificación sísmica	A.2.9	☐	☐	☐
<u>1.2.8</u>	Estudios sísmicos particulares de sitio	A.2.10	☐	☐	☐
Requisitos de diseño sismo resistente					
<u>1.2.9</u>	Sistema estructural	A.3.2.1	☐	☐	☐
<u>1.2.10</u>	Configuración estructural de la edificación	A.3.3	☐	☐	☐
<u>1.2.10.1</u>	Capacidad de disipación de energía	Tabla A.4-3	☐	☐	☐
<u>1.2.10.2</u>	Coef. de disipación de energía básico R_0	Tabla A.4-3	☐	☐	☐
<u>1.2.10.3</u>	Irregularidad en planta Φ_p	Tabla A.4-6	☐	☐	☐
<u>1.2.10.4</u>	Irregularidad en altura Φ_a	Tabla A.4-7	☐	☐	☐
<u>1.2.10.5</u>	Irregularidad ausencia redundancia Φ_r	A.3.3.8	☐	☐	☐
<u>1.2.10.6</u>	Coefficiente de disipación de energía diseño R	A.3.3.3	☐	☐	☐

1.2.1 Movimientos sísmicos de diseño (A_a y A_v) NSR-10 - A.2.2 (Apéndice A-4)

1.2.2 Zona de amenaza sísmica NSR-10 - A.2.3(Apéndice A-4)

Los movimientos sísmicos de diseño y la zona de amenaza sísmica, que se definen por los coeficientes de la aceleración pico efectiva y velocidad pico efectiva, se encuentran para todos los municipios del país en el apéndice A-4. Sin embargo, para algunos municipios los valores

están desactualizados y deben ser consultados de manera particular. En la tabla se insertan los valores correspondientes al reglamento y se verifica que cumplan con los diseños.

Tabla 30

Movimientos y zona de amenaza sísmica. Fuente: Elaboración propia.

	Valor	¿Cumple?
Coeficiente de aceleración pico efectiva A_a :	0,15	Si
Coeficiente de velocidad pico efectiva A_v :	0,20	Si
Zona de amenaza sísmica:	Intermedia	Si

1.2.3 Efectos locales NSR-10 - A.2.4

1.2.3.1 Tipo de perfil del suelo NSR-10 - Tabla A.2.4-1

En la definición del tipo de perfil de suelo se debe verificar si según las características del suelo corresponde a la categoría del perfil de suelo tipo F, el cual requiere de un estudio sísmico particular de sitio. De no ser así, el perfil se clasifica utilizando los criterios V_s , N , S_u . De estos, la velocidad media de onda cortante " V_s " prevalecerá, si no se cuenta con " V_s ", se utiliza el número medio de golpes " N " del SPT o en conjunto " N_{ch} " para suelos cohesivos y la resistencia al corte no drenado " S_u ", seleccionando siempre el perfil de suelo más blando si se llegan a indicar perfiles diferentes con los valores.

En la guía, se ingresan los coeficientes obtenidos de los estudios de suelos, y la herramienta clasifica automáticamente el suelo, el cual se tiene que confrontar con el seleccionado en el estudio geotécnico y para los cálculos estructurales.

Tabla 31

Movimientos y zona de amenaza sísmica. Fuente: Elaboración propia.

¿Se clasifica como tipo de suelo F?	No	
Velocidad media de la onda de cortante V_s : (m/s)	0,00	
Número medio de golpes del SPT: N o N_{ch}	2,00	¿Cumple?
Resistencia al corte ni drenada; S_u (kPa):	0,18	Si

Tipo de perfil	Descripción	V _S (m/s)	N-N _{ch}	Su (kPa)
A	Perfil de roca competente	> 1500	-	-
B	Perfil de roca de rigidez media	760-1500	-	-
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda	360-760	> 50	> 100
D	Perfiles de suelos rígidos	180-360	15 - 50	100-50
E	Perfil que contiene un espesor total mayor de 3 m de arcillas blandas	< 180	< 15	< 50
F	F1 - Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2 - Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3 - Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F4 - Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m) Requiere estudio sísmico particular de sitio A.2.10			

1.2.3.2 Coeficientes de amplificación Fa y Fv NSR-10 - A.2.4.5.5 - A.2.4.5.6.

Se ingresa el tipo de perfil de suelo, los coeficientes aceleración pico efectiva Aa y velocidad pico efectiva Av, la guía calcula los coeficientes de amplificación los cuales se verifican con los usados en el diseño, de ser suelo de tipo de perfil F debe tener un estudio sísmico particular de sitio en el que se definan los coeficientes de acuerdo con los efectos locales del lugar de la edificación.

Tabla 32

Movimientos y zona de amenaza sísmica. Fuente: Elaboración propia.

Perfil de suelo:	Valores NSR-10	¿Cumple?
E		
Aa: 0,15	Coeficiente de amplificación Fa: 2,10	Si
Av: 0,20	Coeficiente de amplificación Fv: 3,20	Si

Para el tipo de suelo F debe realizarse un estudio sísmico particular de sitio.

1.2.4 Grupo de uso NSR-10 - A.2.5.1

Se tiene que verificar que el grupo de uso corresponda con las características del proyecto, en la guía se presentan los grupos establecidos entre los cuales se debe clasificar.

Tabla 33

Grupo de uso de la edificación. Fuente: Elaboración propia.

Grupo de uso:	Grupo_II	Estructuras de ocupación especial
Clasificación:	a) Edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón,	

1.2.5 Coeficiente de importancia NSR-10 - A.2.5.2

Según el grupo de uso para la estructura se asigna el coeficiente de importancia.

Tabla 34

Coeficiente de importancia. Fuente: Elaboración propia.

Grupo de uso:	Coeficiente de importancia, I
Grupo_IV	1,50
Grupo_III	1,25
Grupo_II	1,10
Grupo_I	1,00

1.2.6 Espectro de diseño NSR-10 - A.2.6

En función de los parámetros de movimientos sísmicos, efectos locales, grupo de uso e importancia, se define el espectro de diseño para la estructura, si pertenece a las edificaciones indispensables del grupo de uso III y IV se toma en cuenta el espectro para el umbral de daño.

1.2.6.1 Periodos de vibración tiempo corto TC, largo TL e inicial T0 NSR-10 -A.2.6

Tabla 35

Periodos de vibración de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

$T_0 = 0.1 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$	T ₀ :	0,203
$T_C = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$	T _C :	0,975
$T_L = 2.4 F_v$	T _L :	7,680

1.2.6.2 Espectro elástico de aceleraciones NSR-10 - Figura A.2.6-1

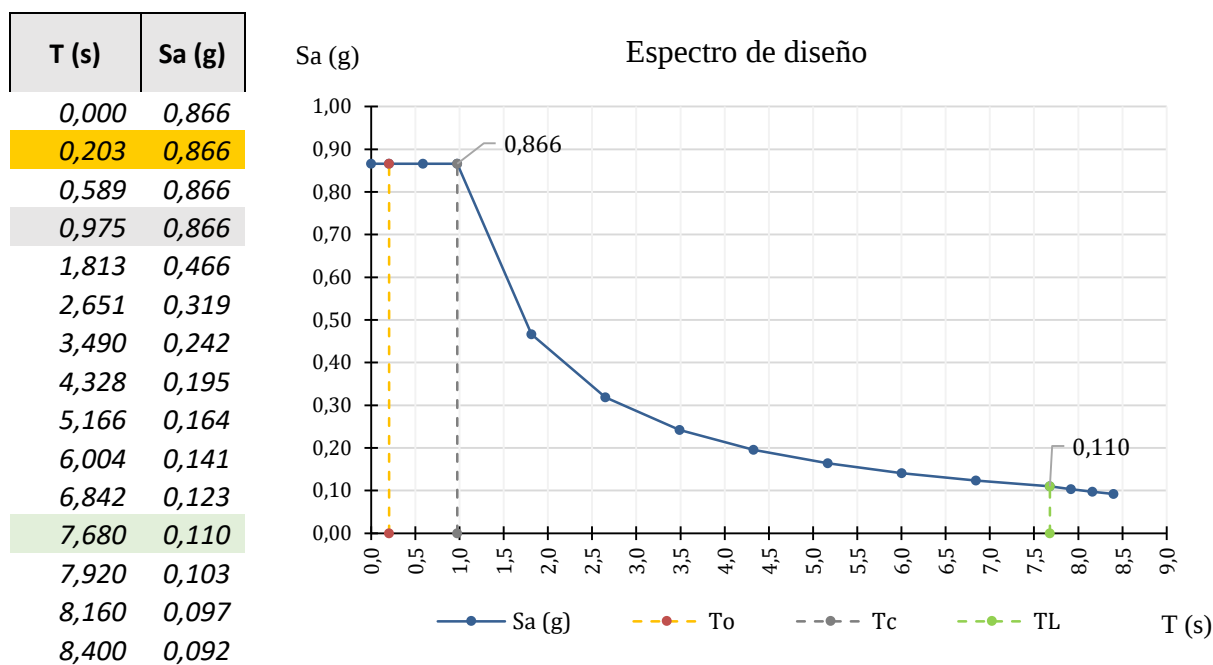


Figura 10. Espectro elástico de diseño. Fuente: Elaboración propia.

1.2.6.3 Aceleración pico efectiva, umbral de daño Ad NSR-10 - A.12.2.2 (Apéndice 4)

	Valor	¿Cumple?
Aceleración pico efectiva al nivel del umbral de daño A_d :	0,04	N/A

1.2.6.4 Espectro sísmico para el umbral de daño NSR-10 - Figura A.12.4-1

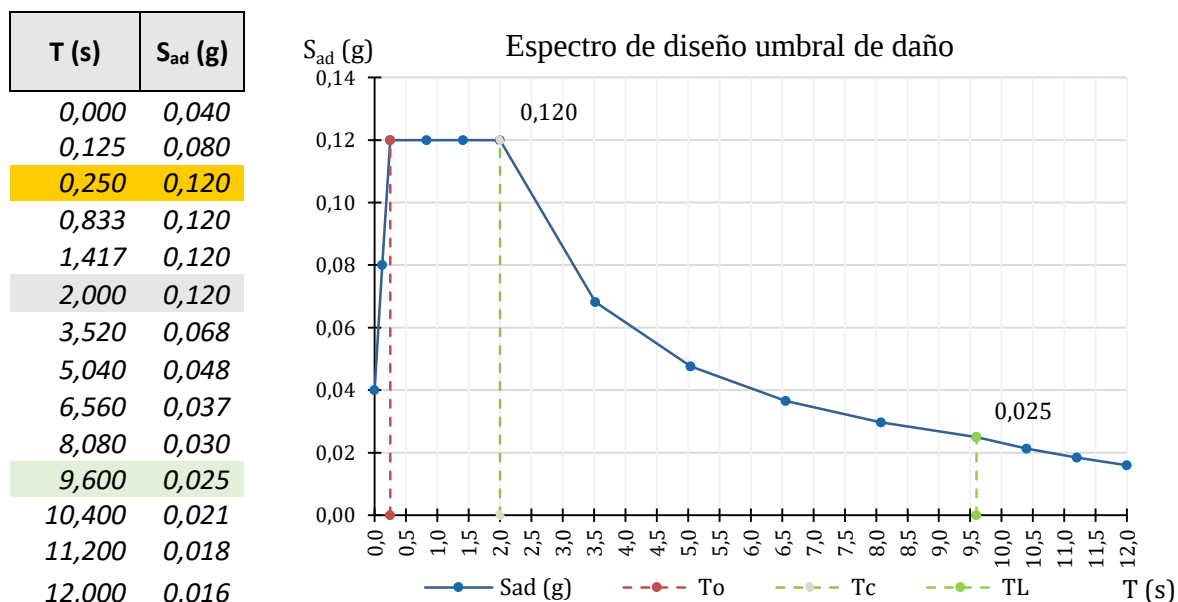


Figura 11. Espectro sísmico para el umbral de daño. Fuente: Elaboración propia.

1.2.7 Estudios de microzonificación sísmica NSR-10 - A.2.9

De acuerdo con A.2.9.2, las ciudades de más de 100000 habitantes, localizadas en las zonas de amenaza sísmica intermedia y alta, deberán realizar estudios de microzonificación sísmica. Si se cuenta con un estudio de microzonificación que cumpla con el alcance dado en A.2.9.3 este es de carácter obligatorio y reemplaza la secciones A.2.4 y A.2.6.

1.2.8 Estudios sísmicos particulares de sitio NSR-10 - A.2.10

Se debe realizar según el alcance y metodología de A.2.10.2, para los siguientes casos:

- 1) Para todos los casos de perfil de suelo tipo F, el ingeniero responsable del estudio geotécnico definir los efectos locales particulares del sitio de la edificación.
- 2) Si a juicio del ingeniero geotecnista, diseñador estructural, o el propietario, la edificación por su tamaño, grupo de uso, o característica especial lo amerite.
- 3) Si se considera que los efectos de sitio descritos por los requisitos de A.2.4 o de un estudio de microzonificación sísmica vigente no son representativos de la situación en el lugar.

1.2.9 Sistema estructural NSR-10 - A.3.2.1

El sistema objeto de esta guía es el sistema de pórtico: el cual es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales. No se presenta limitación en altura o en número de pisos, siempre y cuando sea permitido su uso.

1.2.10 Configuración estructural de la edificación NSR-10 - A.3.3

1.2.10.1 Capacidad de disipación de energía NSR-10 - Tabla A.4-3

Se debe verificar que la capacidad seleccionada para la estructura, sea permitida para el sistema de pórticos y para el material estructural de concreto reforzado, para ello se inserta la zona de amenaza sísmica, y la capacidad de disipación de energía, y de acuerdo con las restricciones, se establece si es o no permitido.

Tabla 36

Limitaciones de uso sistema de pórticos de concreto. Fuente: Elaboración propia.

Zona de amenaza sísmica:		<i>Intermedia</i>		¿Cumple?
Capacidad de disipación de energía:		<i>DMO</i>		<i>Si</i>
Restricciones de uso				
Capacidad de disipación de energía.		Zona de amenaza sísmica		
		Alta	Intermedia	Baja
Especial	DES	Si	Si	Si
Moderada	DMO	No	Si	Si
Mínima	DMI	No	No	Si

1.2.10.2 Coef. de disipación de energía básico R_0 NSR-10 - Tabla A.4-3

Tabla 37

Coeficiente de disipación de energía básico. Fuente: Elaboración propia.

Capacidad de disipación de energía.		R_0	Ω_0	R_0	¿Cumple?
Especial	DES	7,0	3,0	5,0	<i>Si</i>
Moderada	DMO	5,0	3,0		
Mínima	DMI	2,5	3,0		

1.2.10.3 Irregularidad en planta Φ_p NSR-10 - Tabla A.4-6

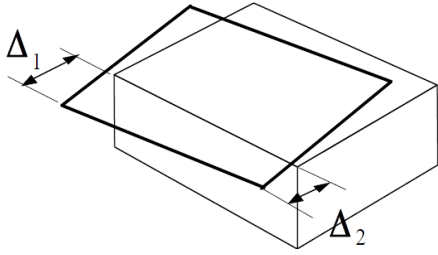
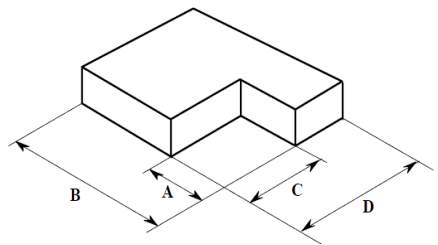
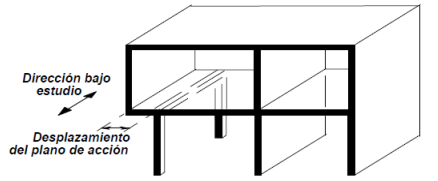
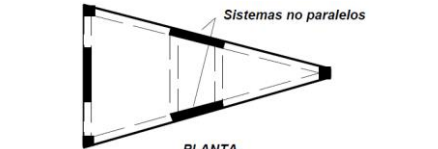
Para la revisión de la irregularidad en planta de la edificación se dispone de una tabla en la cual se deben llenar los valores marcados en rojo, con las dimensiones o características de la edificación, si a juicio del revisor no se presenta algún tipo de irregularidad, basta con dejar los valores en cero o marcar “no” en la casilla correspondiente. Para las irregularidades de tipo torsional, se dispone de un chequeo aparte, para lo cual se debe seleccionar la celda “ir a chequeo” lo cual dirige a la hoja que contiene los parámetros para realizar la verificación.

Adicionalmente, es necesario agregar los datos de grupo de uso y zona de amenaza sísmica para que la guía tenga en cuenta las excepciones descritas en A.3.3.6 y A.3.3.7.

De acuerdo con los datos, la guía selecciona el valor que debe ser utilizado y este se tiene que verificar con el usado en los diseños y con los parámetros utilizados para calcularlo.

Tabla 38

Chequeo de irregularidad en planta. Fuente: Elaboración propia.

Grupo de uso: Grupo_II		Φ_p	¿Cumple?
Zona de amenaza sísmica: Intermedia		1	Si
Tipo		¿Tiene?	Φ_p
<u>Irregularidad Torsional</u>			
	1aP	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1$ $\Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	No 1,0
	1bP	<u>extrema</u> $\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	No 1,0
<u>Retroceso en las esquinas</u>			
	2P	$A > 0,15B$ y $C > 0,15D$ A(m): 0,0 B(m): 0,0 C(m): 0,0 D(m): 0,0	No 1,0
	3P	<u>Irregularidad en el diafragma</u> 1) $C \times D > 0,5 \times A \times B$ 2) $(C \times D + C \times E) > 0,5 \times A \times B$ A(m): 0,00 B(m): 0,00 E(m): 0,00 C(m): 0,00 D(m): 0,00	No 1,0
		4P	<u>Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales</u> No 1,0
		5P	<u>Sistemas no paralelos</u> No 1,0

PLANTA

Para el chequeo de la irregularidad torsional tipo 1aP y tipo 1bP, se realiza lo siguiente:

a) agregar el número de niveles de la estructura, b) dar clic en el botón insertar, el cual insertará el numero niveles con las formulas, c) después del análisis en ETABS (Anexo 1), extraer la tabla de desplazamientos totales y organizarlos para los nodos “Label” que se deseen evaluar teniendo en cuenta que los niveles deben ir de mayor a menor y para la combinación más crítica, d) pegar los valores que pide la tabla, e) la guía calcula las derivas y realiza la verificación de irregularidades para los nodos seleccionados. f) si se desean borrar los niveles se da clic en el botón de borrar, se debe tener en cuenta que, para borrar, en la celda adyacente a los botones se debe encontrar la palabra “borrar” y para insertar, la palabra “crear”; además al borrar se debe verificar que el número de niveles sea el mismo de los que se crearon anteriormente.

Tabla 39

Chequeo de irregularidad torsional tipo 1aP-1bP. Fuente: Elaboración propia.

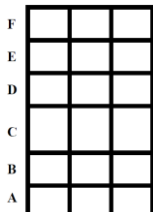
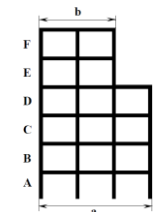
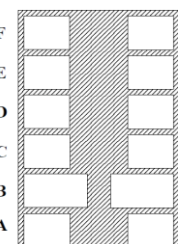
Numero de niveles		3	Insertar	Borrar	Borrar
Nodo 1					
Story	Label	Load Case/Combo	UX (m)	UY (m)	Δ_1
N+8,00m	1	SX Max	0,019	0,004	0,0194
N+3,95m	1	SX Max	0,009	0,002	0,0092
N+0,00m	1	SX Max	0	0	0,0000
Nodo 2					
Story	Label	Load Case/Combo	UX (m)	UY (m)	Δ_2
N+8,00m	3	SX Max	0,019	0,003	0,0192
N+3,95m	3	SX Max	0,009	0,001	0,0091
N+0,00m	3	SX Max	0	0	0,0000
Story	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$		$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	Tipo 1aP	Tipo 1bP
N+8,00m	0,0232		0,0271	Regular	Regular
N+3,95m	0,0110		0,0128	Regular	Regular
N+0,00m	0,0000		0,0000	Regular	Regular

1.2.10.4 Irregularidad en altura Φ_a NSR-10 - Tabla A.4-7

La irregularidad en altura, se verifica de la misma manera descrita en el ítem 1.2.10.3.

Tabla 40

Chequeo de irregularidad en planta. Fuente: Elaboración propia.

Grupo de uso: <i>Grupo_II</i>		Φ_a	¿Cumple?	
Zona de amenaza sísmica: <i>Intermedia</i>		1,0	<i>Si</i>	
Tipo		¿Tiene?	Φ_a	
<u>Piso flexible - Irregularidad en rigidez(K)</u>				
	1aA	$0,6 K_{(i+1)} \leq K_{(i)} < 0,7 K_{(i+1)}$ o $0,7 (K_{(i+1)} + K_{(i+2)} + K_{(i+3)}) / 3 \leq K_{(i)} < 0,8 (K_{(i+1)} + K_{(i+2)} + K_{(i+3)}) / 3$ $K_{(i)}: 0,00$ $K_{(i+2)}: 0,00$ $K_{(i+1)}: 0,00$ $K_{(i+3)}: 0,00$	No	1,0
	1bA	$K_{(i)} < 0,60 K_{(i+1)}$ o $K_{(i)} < 0,7 (K_{(i+1)} + K_{(i+2)} + K_{(i+3)}) / 3$ $K_{(i)}: 0,00$ $K_{(i+2)}: 0,00$ $K_{(i+1)}: 0,00$ $K_{(i+3)}: 0,00$	No	1,0
	2A	$m_{(i)} > 1,50 m_{(i+1)}$ o $m_{(i)} > 1,50 m_{(i-1)}$ $m_{i+1} 0,0$ $m_i 0,0$ $m_{i-1} 0,0$	No	1,0
	3A	$a > 1,30 b$ $a \text{ (m): } 0,00$ $b \text{ (m): } 0,00$	No	1,0
<u>Irregularidad en la distribución de masas</u>				
<u>Irregularidad geométrica</u>				
	4A	$b > a$ $a \text{ (m): } 0,00$ $b \text{ (m): } 0,00$	No	1,0
	5aA	$0,65 \text{ Res. piso }_{(i+1)} \leq \text{Res. piso }_{(i)}$ $\text{Res. piso }_{(i)} < 0,8 \text{ Res. piso }_{(i+1)}$ $\text{Res. piso }_{(i)} 0,00$ $\text{Res. piso }_{(i+1)} 0,00$	No	1,0
<u>Piso débil - Discontinuidad en la resistencia</u>				
	5bA	$\text{Res. piso }_{(i)} < 0,65 \text{ Res. piso }_{(i+1)}$ $\text{Res. piso }_{(i)} 0,00$ $\text{Res. piso }_{(i+1)} 0,00$	No	1,0

1.2.10.5 Irregularidad ausencia redundancia Φ_r NSR-10 - A.3.3.8

El chequeo de ausencia de redundancia requiere un análisis adicional, para verificar el cumplimiento se tiene que presentar la justificación del valor seleccionado, para pórticos la NSR-10 exige los siguientes casos según el tipo de edificación y estructura.

Tabla 41

Chequeo de irregularidad por ausencia de redundancia. Fuente: Elaboración propia.

Caso: <i>Caso III</i>		Φ_r	¿Cumple?
		0,75	Si
Caso	Condición	Φ_r	
Caso I	Edificaciones con capacidad de disipación mínima (DMI):	1,00	
Caso II	Edificaciones con capacidad de disipación (DMO) o (DES) que cumplen con las condiciones de A.3.3.8.2:	1,00	
Caso III	Edificaciones con capacidad de disipación (DMO) o (DES) que no cumplen las condiciones de A.3.3.8.2:	0,75	

1.2.10.6 Coeficiente de disipación de energía diseño R NSR-10 - A.3.3.3

Por último, se verifica que los valores se hayan utilizado de acuerdo con la norma y que el valor del coeficiente de disipación de energía, que va a ser usado en las combinaciones de carga para diseño de los elementos cumpla.

Tabla 42

Coeficiente de disipación de energía. Fuente: Elaboración propia.

Coeficiente de disipación de energía R:	5,00	
Irregularidad en altura Φ_a :	1,00	
Irregularidad en planta Φ_p :	1,00	
Irregularidad por ausencia de redundancia Φ_r :	1,00	¿Cumple?
Coeficiente de disipación de energía básico R_0 :	5,00	Si

1.3 Análisis estructural empleado

En este capítulo, se debe realizar el modelamiento y el análisis de la estructura de acuerdo con los pasos dados en la guía del anexo 1, con el fin de obtener los resultados del método de la fuerza horizontal equivalente, el método de análisis dinámico elástico necesarios para desarrollar

la verificación de fuerzas sísmicas horizontales, modos de vibración y el ajuste correspondiente para realizar la verificación de derivas y diseño de elementos. A continuación, se presenta la lista de chequeo con los ítems correspondientes de verificación.

Tabla 43

Lista de chequeo análisis estructural empleado. Fuente: Elaboración propia.

1.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL EMPLEADO			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
<u>1.3.1</u>	Selección método de análisis estructural	A.3.4.2	☒	☐	☐
<u>1.3.2</u>	Método de la fuerza horizontal equivalente	A.4	☐	☒	☐
<u>1.3.2.1</u>	Periodo fundamental aproximado T_a	A.4.2.2	☐	☐	☒
<u>1.3.2.2</u>	Cortante sísmico en la base V_s	A.4.3.1	☐	☐	☐
<u>1.3.2.3</u>	Calculo fuerzas sísmicas horizontales	A.4.3.2	☐	☐	☐
<u>1.3.3</u>	Método análisis dinámico elástico modal espectral	A.5.4	☐	☐	☐
<u>1.3.3.1</u>	Modos de vibración	A.5.4.2	☐	☐	☐
<u>1.3.3.2</u>	Ajuste de los resultados	A.5.4.5	☐	☐	☐

1.3.1 Selección método de análisis estructural NSR-10 - A.3.4.2

A continuación, se presentan las características de las edificaciones para las cuales se debe usar cada método de los establecidos en el reglamento con el fin de verificar si el usado en el diseño cumple, para la verificación se recomienda usar los parámetros del método de la fuerza horizontal equivalente y el método dinámico elástico modal espectral con el ajuste de los resultados correspondiente, para las edificaciones realizada con esta guía.

Tabla 44

Selección método de análisis estructural. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de edificaciones
Método de la fuerza horizontal equivalente.
- Regulares e irregulares en zona de amenaza sísmica baja. - Regulares e irregulares del grupo de uso I en zona de amenaza intermedia. - Regulares de 20 niveles y 60m de altura o menos medidos desde la base, exceptuando las localizadas en perfiles de suelo tipo D, E o F, con periodos mayores de $2 T_c$. - Irregulares de 6 niveles y 18m de altura o menos medidos desde la base. - Estructuras flexibles apoyadas sobre rígidas.

Método del análisis dinámico elástico.

- De más de 20 niveles o 60m de altura exceptuando las pertenecientes a zona de amenaza baja, y del grupo de uso I en zona de amenaza intermedia.
- Que tengan irregularidades verticales de tipo 1aA, 1bA, 2A, 3A
- Que tengan irregularidades que no estén descritas en A.3.3.4 y A.3.3.5
- De más de 5 niveles o 20m de altura, en zonas de amenaza sísmica alta que no tengan el mismo sistema estructural en toda su altura.
- Regulares o irregulares localizadas en perfiles de suelo D, E, F con periodos mayores de $2 T_c$

Método del análisis dinámico inelástico.

Si el Ing. diseñador considera que pueden presentarse variaciones en la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico y solo es posible identificarlos bajo este análisis. De ser usado, debe ser revisado por profesionales independientes al diseñador.

Método de análisis no lineal estático de plastificación progresiva "Push Over"

Si el Ing. diseñador desea evaluar la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico.

1.3.2 Método de la fuerza horizontal equivalente NSR-10 - A.4**1.3.2.1 Periodo fundamental aproximado T_a NSR-10 - A.4.2.2**

Se calcula el periodo fundamental aproximado de acuerdo con los procedimientos de la NSR-10 y se debe verificar que no exceda el máximo permitido, y que coincida con el de los diseños presentados, de ser otro valor tiene que estar justificado.

Tabla 45

Periodo fundamental aproximado T_a . Fuente: Elaboración propia.

Altura de la edificación $h(m)$:	8,00	¿Cumple? Si
Tabla A.4.2-1 Coeficiente C_t :	0,047	
Tabla A.4.2-1 Coeficiente α :	0,9	
Periodo fundamental aproximado $T_a = C_t h^\alpha$:	0,305	
A.4.2-2 $C_u=1,75 - 1,2A_vF_v$:	1,200	
Periodo fundamental máx. permitido $T = C_u T_a$:	0,366	
Exponente k :	1,00	

1.3.2.2 Cortante sísmico en la base V_s NSR-10 - A.4.3.1

La guía calcula automáticamente el S_a , se inserta el periodo fundamental seleccionado y la masa de la edificación, a su vez se grafica el espectro de diseño, y se debe verificar que coincida.

Tabla 46

Cortante sísmico basal VS. Fuente: Elaboración propia.

Periodo fundamental T:	0,366	seg	¿Cumple?
Aceleración horizontal S_a :	0,866	% g	Si
Gravedad g:	9,8	(m/s ²)	
Masa de la edificación:	11515,00	kN	1175,0 Ton
Cortante basal Vs:	9974,869	kN	1017,8 Ton

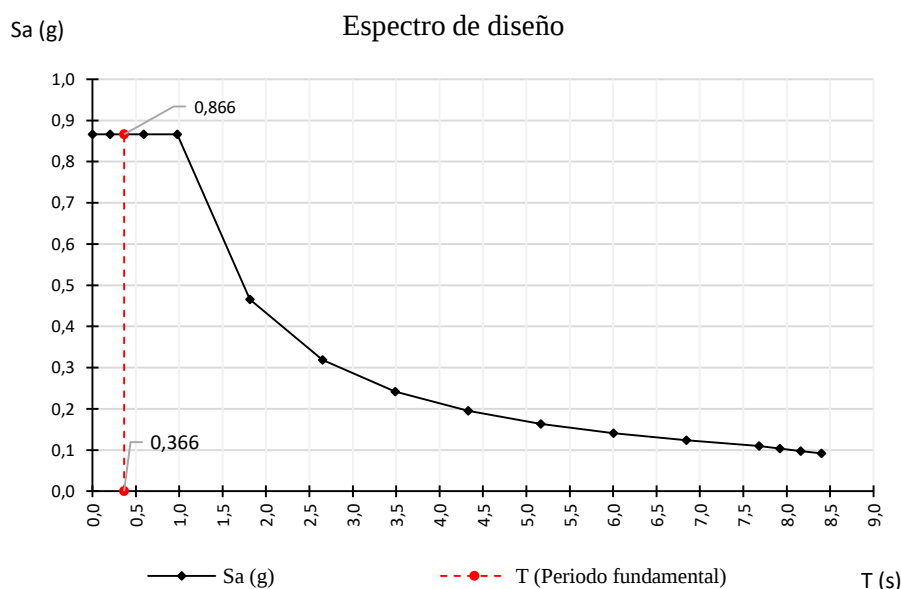


Figura 12. Espectro sísmico para el umbral de daño. Fuente: Elaboración propia.

1.3.2.3 Cálculo fuerzas sísmicas horizontales NSR-10 - A.4.3.2

Si se desean calcular las fuerzas horizontales equivalentes para su posterior revisión, en la guía se dispone de una tabla y se realiza lo siguiente: a) agregar el número de niveles que tiene la estructura y el cortante basal obtenido, b) dar clic en el botón insertar, el cual insertará el numero niveles con las formulas, c) Agregar la masa correspondiente a cada piso y la altura de cada nivel, d) Verificar que las fuerzas horizontales coincidan con las de diseño, también se pueden verificar con las obtenidas por el modelamiento en ETABS, e) si se desea borrar los niveles se da clic en el botón de borrar, se debe tener en cuenta que, para borrar, en la celda adyacente a los

botones se debe encontrar la palabra “borrar” y para insertar, la palabra “crear”, además al borrar se debe verificar que el número de niveles sea el mismo de los que se crearon anteriormente.

Tabla 47

Cálculos de fuerzas horizontales equivalentes. Fuente: Elaboración propia.

Cortante basal V_s (ton): 1017,8					Crear niveles		
Exponente k : 1,00					Borrar niveles		
Número de niveles: 3							
Nivel	Masa m_x (ton)	Altura h_i (m)	Altura h_x (m)	$m_x h_x^k$	C_{vx}	$F_x = F_y$ (ton)	V_i (ton)
3	0,00	0,00	0,00	0,0	0,000	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,0	0,000	0,00	0,00
1	0,00	0,00	0,00	0,0	0,000	0,00	0,00
Σ	0,00	0,00		0,00	0,0	0,00	

1.3.3 Método análisis dinámico elástico modal espectral NSR-10 - A.5.4

1.3.3.1 Modos de vibración NSR-10 - A.5.4.2

Deben incluirse en el análisis dinámico todos los modos que contribuyan de manera significativa en la respuesta dinámica de la estructura, esto se cumple cuando se incluye el 90% de la masa participante de la estructura en cada una de las direcciones de análisis.

1.3.3.2 Ajuste de los resultados NSR-10 - A.5.4.5

Primero se verifica que el periodo aproximado calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente, no difiera en más del 10% del periodo fundamental dinámico en ambas direcciones, de ser así, se debe iterar hasta llegar al 10%.

Posteriormente, si el valor del cortante dinámico total en la base V_{ij} para cualquiera de las direcciones principales, es menor del 80% del cortante V_s en estructuras regulares o 90% del cortante V_s en estructuras irregulares, calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente, los parámetros de respuesta dinámica deben multiplicarse por el factor: 0,80 (V_s/V_{ij}) regulares o 0,90 (V_s/V_{ij}) irregulares.

El factor de amplificación del espectro, se debe agregar en el ETABS, volver a analizar la estructura, y con estos resultados se realiza la verificación de derivas y el diseño de elementos.

Tabla 48

Ajuste de los resultados. Fuente: Elaboración propia.

Análisis sísmico	Sentido X	Sentido Y
Aceleración horizontal S_a :	0,866	0,866
Periodo fundamental T_a FHE (Seg):	0,366	0,366
Periodo fundamental del análisis dinámico (Seg):	0,523	0,405
A.4.2.3 Comparación de periodos:	70,1	90,5
Cortante basal FHE V_s (kN):	9974,869	9974,869
Cortante basal dinámico V_{ij} (kN)	7982,982	7190,456
Configuración estructural:	Regular	
% de cortante basal V_s	80,0%	72,1%
% de cortante basal V_s que se debe cumplir	80%	
Factor:	1,00	1,11
Factor de amplificación espectro (ETABS):	9,80	10,88

1.4 Verificación de derivas y desplazamientos

La verificación de la deriva se realiza con los resultados obtenidos del análisis estructural en ETABS. Los ítems a revisar, son los siguientes:

Tabla 49

Lista de chequeo verificación de derivas. Fuente: Elaboración propia.

1.4 VERIFICACIÓN DE DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
1.4.1	Separación entre estructuras adyacentes	A.6.5	☒	☐	☐
1.4.2	Desplazamientos horizontales por efectos P-DELTA	A.6.2.3	☐	☒	☐
1.4.3	Desplazamientos totales, deriva máxima y límites	A.6.4 - A.6.3	☐	☐	☒

1.4.1 Separación entre estructuras adyacentes NSR-10 A.6.5

Se calcula la separación entre estructuras adyacentes, se deben agregar los valores de tipo de colindancia, altura de la edificación y desplazamiento máximo en el nivel de cubierta, en la guía se determina si se requiere, y el valor de separación, el cual se debe chequear.

Tabla 50

Separación de estructuras adyacentes. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de colindancia: <i>Existe edificación vecina sin separación sísmica y coinciden losas de entrepiso</i>			
Altura de la edificación: <i>> 3 pisos</i>			
Altura edificación (m) h_n : <i>10,20</i>			
Separación sísmica mínima en la cubierta (m):		$0,02 h_n$	<i>0,2040</i>
Desplazamiento máximo en el nivel de cubierta:		<i>0,0900</i>	¿Cumple?
			<i>Si</i>
Altura de la edificación nueva	Tipo de colindancia		
	Existe edificación vecina sin separación sísmica y coinciden losas de entrepiso	Existe edificación vecina sin separación sísmica y No coinciden losas de entrepiso	No existe edificación vecina o existe sin separación sísmica mínima
1 y 2 pisos	No requiere	No requiere	No requiere
3 pisos	No requiere	$0,01 h_n$	No requiere
> 3 pisos	$0,02 h_n$	$0,03 h_n$	$0,01 h_n$

1.4.2 Desplazamientos horizontales por efectos P-Delta NSR-10 A.6.2.4

Los efectos P-Delta son causados por los efectos de segundo orden de la estructura, y producen aumento en los desplazamientos horizontales y en las fuerzas internas, por esta razón se deben tener en cuenta, si el índice de estabilidad Q_{ix} o Q_{iy} es mayor de 0,1 se deben tener en cuenta los efectos y si es mayor que 0,3 la estructura debe rigidizarse.

Para el chequeo: a) Escribir el N° de niveles de la estructura, b) dar clic en el botón insertar, el cual creará el numero niveles con las formulas correspondientes, c) se ingresan los valores de altura de piso h_{pi} , la carga vertical del piso y de los pisos superiores P_i , las derivas en el centro de masa en $\Delta_{cm, x-y}$, y la fuerza cortante del piso. La guía calcula el índice de estabilidad y verifica, si es estable, inestable, o si se deben tener en cuenta los efectos P-delta. e) si se desea borrar los niveles se da clic en el botón de borrar, se debe tener en cuenta que, para borrar, en la celda adyacente a los botones se debe encontrar la palabra “borrar” y para insertar “crear”, además al borrar se debe ver que el número de niveles sea el mismo de los que se crearon.

Tabla 51

Efectos P-Delta. Fuente: Elaboración propia.

Numero de niveles: 3							Crear		Insertar	Borrar
Nivel	h _{pi} (m)	P _i (kN)	Δ _{cm,x} (m)	Δ _{cm,y} (m)	V _{ix} (kN)	V _{iy} (kN)	Q _{i_x}	Q _{i_y}	Chequeo X	Chequeo Y
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Estable	Estable
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Estable	Estable
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Estable	Estable

1.4.3 Desplazamientos totales, deriva máxima y límites de deriva NSR-10 A.6.4-A.6.3

Para el chequeo de las derivas se realiza lo siguiente: a) agregar el número de resultados de ETABS que corresponde a la cantidad de nodos que se desean revisar y al número de niveles, b) dar clic en el botón insertar, el cual insertará el numero niveles con las formulas, c) después del análisis en ETABS (Anexo 1), extraer la tabla de desplazamientos totales y organizarlos para los nodos “Label” que se deseen evaluar teniendo en cuenta que los niveles deben ir de mayor a menor y para la combinación más crítica, d) pegar los valores que pide la tabla, e) la guía calcula las derivas totales y de acuerdo con el limite dado por la altura del piso, se hace la verificación. Esto se debe hacer para ambas direcciones f) si se desean borrar los niveles se da clic en el botón de borrar, se debe tener en cuenta que, para borrar, en la celda adyacente a los botones se debe encontrar la palabra “borrar” y para insertar, la palabra “crear”; además al borrar se debe verificar que el número de niveles sea el mismo de los que se crearon anteriormente.

Tabla 52

Verificación de derivas y desplazamientos. Fuente: Elaboración propia.

Numero de filas de resultados: 3					Borrar		Insertar		Borrar	
SENTIDO X										
Story	Label	Load Case/ Combo	UX (m)	UY (m)	Deriva X	Deriva Y	Deriva Total	hi (m)	Deriva máx.	¿Cumple?
N+8,00m	1	SX Max	0,019	0,004	0,0100	0,0020	0,0102	3,00	0,0300	Cumple
N+3,95m	1	SX Max	0,009	0,002	0,0090	0,0020	0,0092	3,00	0,0300	Cumple
N+0,00m	1	SX Max	0	0						

1.5 Análisis y diseño de los miembros estructurales

Con el fin de realizar la revisión de los elementos estructurales, es de suma importancia llevar a cabo principalmente el modelamiento de la estructura a analizar en algún software de análisis estructural, tales como SAP2000, ETABS, entre otros; esto con el fin de obtener los resultados del análisis de la estructura en el software para con estos trabajar la revisión de los elementos estructurales. Véase el anexo 1 para realizar el modelamiento de estructuras en concreto armado en ETABS. En la revisión del diseño de los miembros estructurales, tales como vigas y columnas se presentan los parámetros de revisión, pero hacerlo para todos los elementos sería extenso y dispendioso, por lo cual se recomienda seleccionar aleatoriamente elementos a los que se les realice la revisión, o en su defecto a los más críticos a juicio del revisor.

Tabla 53

Lista de chequeo diseño de miembros estructurales. Fuente: Elaboración propia.

1.5 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS MIEMBROS ESTRUCTURALES			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
1.5.1	Elemento estructural tipo viga, vigueta o riostra				
1.5.1.1	Datos análisis estructural Etabs	A.3.4			
1.5.1.2	Diseño a flexión (refuerzo longitudinal)	C.10.3	☒	☐	☐
1.5.1.3	Diseño a cortante (refuerzo transversal)	C.11.2	☐	☒	☐
1.5.2	Elemento estructural tipo losa de entrepiso.	C.8.13	☐	☐	☒
1.5.2.1	Diseño a retracción y temperatura.	C.7.12.2.1	☐	☐	☐
1.5.3	Elemento estructural escalera.				
1.5.3.1	Dimensiones de la escalera	K.3.8.3	☐	☐	☐
1.5.3.2	Predimensionamiento de placa	Tabla C.9.5 (a)	☐	☐	☐
1.5.3.3	Análisis de cargas	Título B	☐	☐	☐
1.5.3.4	Diseño a flexión (refuerzo longitudinal)	C.10.3	☐	☐	☐
1.5.3.5	Diseño a cortante (refuerzo transversal)	C.11.2	☐	☐	☐
1.5.3.6	Diseño a retracción y temperatura.	C.7.12.2.1	☐	☐	☐
1.5.4	Elemento estructural tipo columna.				
1.5.4.1	Diseño refuerzo longitudinal.	C.10.9.1	☐	☐	☐
1.5.4.2	Diseño refuerzo transversal.	C.21	☐	☐	☐
1.5.4.3	Diagrama de interacción columnas	CR.10.2-CR.10.3	☐	☐	☐
1.5.5	Verificación Columna fuerte - viga débil	C.21-4	☐	☐	☐

1.5.1 Elemento estructural tipo viga, vigueta o riostra.

Establecer las características geométricas del elemento según como se estipula en el título C de la NSR-10 en el ítem C.9.5(a) y con ello las características del concreto y el acero de refuerzo a implementar, tales como la resistencia a la compresión del concreto (f'_c), el esfuerzo de fluencia del acero (f_y) y el módulo de elasticidad (E); ya que estas características son de suma importancia para realizar la revisión de este tipo de elemento.

Tabla 54

Características del elemento. Fuente: Elaboración propia.

Características del elemento			
Sección transversal		Característica del refuerzo	
b (m)	0,250	f_y (kg/cm ²)	4200
h (m)	0,450	f_{yt}	2400
d (m)	0,39	E (MPa)	200000
Característica del concreto		n° estribo	3
f'_c (kg/cm ²)	210	Coef. disipación de energía	DMO

1.5.1.1 Datos análisis estructural ETABS

Para empezar con la revisión del elemento, es importante organizar los resultados obtenidos previamente en el modelamiento de la estructura en el software, en una tabla con los datos más relevantes del análisis del elemento.

Tabla 55

Datos de análisis estructural en ETABS. Fuente: Elaboración propia.

VGA-01	$M_{máx+}$ (ton m)	$M_{máx-}$ (ton m)	Carga última (ton/m)	Distancia $M_{máx+}$ (m)	Longitud tramo (m)	Reacciones en los apoyos (ton)	
Lab	1,099	2,044	2,974	1,777	3,000	RA	3,537
Lbc	0,365	0,389	2,974	0,870	3,600	RB	4,166
Lcd	5,940	7,049	2,974	2,955	6,000	RC	14,222
Lde	1,230	7,884	1,990	2,470	4,000	RD	16,402
-	-	-	-	-	-	RE	7,105

En la imagen anterior se observa la tabla con los datos más importantes del análisis para realizar la revisión del elemento; en tal caso de que el elemento posea más vanos o luces, se debe insertar la fila y diligenciarla con los datos mencionados en el encabezado de la tabla.

1.5.1.2 Diseño a flexión (refuerzo longitudinal)

Para revisar el refuerzo longitudinal del elemento en cuestión se tienen en cuenta los procedimientos y parámetros descritos en el capítulo 5.1.8 de este documento, se deben definir los factores y coeficientes indispensables para estos elementos.

Tabla 56

Definición de factores y coeficientes. Fuente: Elaboración propia.

Definición de factores y coeficientes implementados			
β_1	0,85	ψ_e	1,0
E_y	0,0021	ψ_s	0,8
m	23,53	ψ_t	1,0
$\rho_{\min}$	0,0033	$(C_b + K_{tr})/d_b$	2,50
ρ_{bal}	0,0213	$\phi_{\text{flexión}}$	0,9
$\rho_{\text{máx}}$	0,0159	λ	1,00

Después de definir los factores y coeficientes. La herramienta calcula la cuantía de acero y el acero mínimo requerido en el elemento; después se introduce el refuerzo establecido, el número de la barra de refuerzo y la cantidad de estas para así determinar si el refuerzo cumple con las condiciones de la NSR-10 $\rho_{\min} < \rho_{\text{req}} < \rho_{\text{máx}}$, separación del refuerzo, longitudes de desarrollo y anclaje. Estos valores son calculados automáticamente por la herramienta al definir el número de la barra de refuerzo y la cantidad de barras de refuerzo.

Tabla 57

Revisión diseño a flexión de vigas. Fuente: Elaboración propia.

Luz	k_{req} (ton/m ²)	Cuantía ρ	Cumple ¿?	A_s (cm ²)	nº barra	Cantidad barras	Área barra (cm ²)	Área total (cm ²)	Cumple ¿?
Lab	28,89	0,0033	CUMPLE	3,250	4	3	1,29	3,87	CUMPLE

Lbc	9,59	0,0033	CUMPLE	3,250	4	3	1,29	3,87	CUMPLE
Lcd	156,20	0,0044	CUMPLE	4,247	4	4	1,29	5,16	CUMPLE
Led	32,34	0,0033	CUMPLE	3,250	4	3	1,29	3,87	CUMPLE

Separación (cm)	b_{min} (cm)	¿Cumple?	A_s a apoyo	ρ A_s a apoyo	ϕM_n (kg m)	l_d (m)	l_a (m)
2,50	18,71	CUMPLE	67%	0,0026	3684,68	0,34	0,39
2,50	18,71	CUMPLE	67%	0,0026	3684,68	0,34	0,39
2,50	22,48	CUMPLE	50%	0,0026	3684,68	0,34	0,39
2,50	18,71	CUMPLE	67%	0,0026	3684,68	0,34	0,39

1.5.1.3 Diseño a cortante (refuerzo transversal)

Para la revisión del refuerzo transversal, se analiza el elemento tramo a tramo, teniendo en cuenta el punto donde se genera el momento máximo del tramo donde el cortante es igual a cero. Esta revisión se realizará teniendo en cuenta el diagrama de cortante del elemento y se realiza para ambos extremos de la luz, con las reacciones obtenidas del elemento.

Teniendo en cuenta los procedimientos y parámetros descritos en el capítulo 5.1.8 de este documento, la herramienta automáticamente realiza el cálculo del refuerzo transversal requerido para cada parte de los tramos, para revisar si el refuerzo transversal establecido cumple con las condiciones estipuladas por la norma NSR-10. Primero se deben insertar los datos de la tabla 58, con la cual se calcula el cortante en los extremos, y de acuerdo con la capacidad de disipación de energía se establecen los requisitos de separación en la tabla 59.

Tabla 58

Revisión diseño a cortante en vigas. Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Luz	Carga ultima (ton/m)	Longitud tramo (m)	V_1 (ton)	V_2 (ton)	X_1 (m)	X_2 (m)
<i>VG-01</i>	<i>AB</i>	<i>2,974</i>	<i>3,000</i>	<i>3,537</i>	-5,385	1,189	1,811

Tabla 59

Requisitos de separación de estribos en vigas. Fuente: Elaboración propia.

DMI		DMO		DES	
Zona confinada - Requiere estribos		Zona confinada		Zona confinada	
$s \leq d/2$	0,195	$s \leq d/4$	0,098	$s \leq d/4$	0,098
$s \leq 60\text{cm}$	0,600	$s \leq 8d_b$	0,102	$s \leq 6d_b$	0,076
$\rightarrow S_{\text{resistencia}}$	No requiere	$s \leq 24d_e$	0,228	$s \leq 15\text{cm}$	0,150
$\leftarrow S_{\text{resistencia}}$	No requiere	$s \leq 30\text{cm}$	0,300	-	-
$\rightarrow \phi \ 1.1\sqrt{f'_c}b_w d$	0,195	-	-	-	-
$\leftarrow \phi \ 1.1\sqrt{f'_c}b_w d$	0,195	-	-	-	-
Zona no confinada - estribos mínimos		Zona no confinada		Zona no confinada	
$s_{\min}(\text{m})$	0,389	$s \leq d/2$	0,195	$s \leq d/2$	0,195

Conociendo la separación, se calcula si requiere o no estribos y los respectivos resultados para las características particulares del elemento. Descritos en la siguiente tabla.

Tabla 60

Requisitos de separación de estribos en vigas. Fuente: Elaboración propia.

Tramo AB $\rightarrow$					
Resistencia al corte			Separación y estribos mínimos		
V_A (ton)	3,537		Ubicación 1 ^{er} estribo (m)	0,05	
x (m)	0,515		Zona de confinamiento		
V_{ud} (ton)	2,005		$L_{0\text{req}}$ (m)	0,900	
ϕV_c (ton)	5,616		s_{req} (m)	0,076	
$V_{ud} > \phi V_c$	No requiere estribos		Cant. estribos	12,0	
$\phi V_{s\text{req}}$ (ton)	-3,611		Zona no confinada		
$\phi V_{s\text{max}}$ (ton)	22,253		$L_{\text{NoConf.}}$ (m)	1,100	
$\phi V_{s\text{max}} > \phi V_{s\text{req}}$	Cumple		s_{req} (m)	0,195	
			Cant. estribos	6,0	
Resultados					
	$L_{0\text{req}}$ (m)	$L_{\text{NoConf.}}$ (m)	$L_{0\text{req}}$ (m)		
L (m)	0,900	1,1	0,900		
s_{req} (m)	0,076	0,195	0,076		
Cant. estribos	12,000	6	12,000		
¿Cumple?	Si	Si	Si		

1.5.2 Elemento estructural tipo losa de entrepiso.

Establecer las características del elemento tipo losa tales como espesor de la losa según C.8.13 y el refuerzo establecido; esta revisión se realiza para un metro de ancho del elemento.

Tabla 61

Definición de características losa de entrepiso. Fuente: Elaboración propia.

Definición características losa de entrepiso	
espesor e (m)	0,10
refuerzo	3
b (m)	1,00

1.5.2.1 Diseño a retracción y temperatura.

Después de definir las características del elemento, se revisa el refuerzo de retracción y temperatura para el elemento según C.7.12. Conociendo el valor de la cuantía de retracción y temperatura, la herramienta automáticamente determina el acero requerido para esta condición y la separación de las barras de refuerzo.

Tabla 62

Revisión diseño a retracción y temperatura. Fuente: Elaboración propia.

Diseño a retracción y temperatura.	
$A_{S_{\text{retr. y temp.}}} \text{ (cm}^2\text{)}$	1,8
$s \leq 450\text{mm}$	0,45
$s \leq 5 \cdot e$	0,5
$S_{\text{mín}} \text{ (m)}$	0,45
# Barras / m	3,0
S (m)	0,33
¿Cumple separación?	CUMPLE

1.5.3 Elemento estructural escalera.

1.5.3.1 Dimensiones de escalera K.3.8.3 (NTC 4145)

Establecer las características del elemento escalera tales como, ancho, la losa, huella y contrahuella. Según K.3.8.3.

Tabla 63

Dimensiones de escalera. Fuente: Elaboración propia.

Ancho (m):	1,8	Cumple
Contrahuella (m):	0,17	Cumple
Huella (m):	0,3	
2 contrahuella + huella:	0,64	Cumple

1.5.3.2 Predimensionamiento placa Tabla C.9.5 (a)

Tabla 64

Predimensionamiento placa de escalera. Fuente: Elaboración propia.

Longitud del tramo (m):	3,0	
Espesor de la losa (m):	0,15	
Según C.9.5 (a) $h = L/20$	0,15	Cumple

1.5.3.3 Análisis de cargas

Se define el valor de carga muerta y carga viva presente en la escalera de igual manera como se realiza la revisión el avalúo de cargas en la presente guía con el título B de la NSR-10. El análisis de la escalera se realiza tramo a tramo, es decir, del primer nivel al primer descanso ya que este procedimiento se replica para analizar del descanso al siguiente nivel, tomando la escalera como una proyección horizontal. Se realiza el análisis de carga muerta determinando el peso propio del elemento y los acabados de piso tanto para la loseta horizontal como para la loseta inclinada y los peldaños de la escalera y el análisis de carga viva del elemento.

Tabla 65

Avalúo de cargas de escalera. Fuente: Elaboración propia.

Loseta	Longitud (m)	Espesor (m)	Ancho (m)
Horizontal	1,8	0,15	1,8
Inclinado 1°-descanso	3	0,15	1,8
proyección horizontal	5,48		
Nivel	# Peldaños	Huella	Contrahuella
1° Descanso	11	0,3	0,17
Análisis de cargas			
Loseta	Carga muerta (kg)	Acabados (kg)	
Horizontal	1166,40	2336,40	
Inclinado 1°-descanso	1944,00	594,00	

Peldaños 1°-descanso	1211,76
Total carga muerta (kg)	7252,56
Total carga muerta (kg/m)	1323,46
Total carga viva (kg/m)	500,00
Carga ultima (ton/m)	2,388
M_{max+} (ton*m)	8,965

1.5.3.4 Diseño a flexión (refuerzo longitudinal)

Para revisar el refuerzo longitudinal del elemento en cuestión, se deben definir factores y coeficientes para estos elementos, y automáticamente la herramienta realiza el cálculo del valor de coeficiente m y del peralte efectivo d .

Tabla 66

Coeficientes diseño a flexión de escalera. Fuente: Elaboración propia.

Factores y coeficientes implementados			
f_y (kg/cm ²)	4200	E_y	0,0021
f'_c (kg/cm ²)	210	β_1	0,850
$\phi_{flexión}$	0,90	ρ_{min}	0,003
b (m)	1,000	ρ_{max}	0,015
d (m)	0,110	$\rho_{balanceada}$	0,021
m	23,529		

Después de establecer el resultado del análisis del elemento, se revisa si el refuerzo establecido cumple con las condiciones, esto se realiza implementando el método de la resistencia última. La herramienta automáticamente calcula el valor del K_{req} , la cuantía de acero requerida y el acero mínimo requerido en el elemento; luego de determinar esos valores, se introduce el refuerzo establecido (el número de la barra de refuerzo) para así determinar si el refuerzo cumple con las condiciones de la NSR-10.

Tabla 67

Diseño a flexión escalera. Fuente: Elaboración propia.

K_{req} (ton/m ²)	ρ	¿Cumple?	A_s (cm ²)	Nº barra	Cantidad de barras / m	$S(m)$	¿Cumple separación?
411,600	0,01282	CUMPLE	14,106	4	10,935	0,165	CUMPLE

1.5.3.5 Diseño a cortante.

Para revisar el refuerzo transversal del elemento, se deben completar los pasos anteriores para que así la herramienta automáticamente realiza el cálculo del refuerzo transversal requerido y con ello verificar si el refuerzo transversal establecido cumple con las condiciones estipuladas por la norma NSR-10.

Tabla 68

Revisión diseño a cortante de escalera. Fuente: Elaboración propia.

Diseño a cortante	
ϕ_{cortante}	0,75
V_{ud} (ton/m)	6,544
ϕV_c (ton/m)	6,336
$V_{ud} > \phi V_c$	REQUIERE ESTRIBOS

1.5.3.6 Diseño a retracción y temperatura.

Después de revisar el refuerzo a flexión y cortante, se revisa el refuerzo de retracción y temperatura para el elemento. Conociendo el valor de la cuantía de retracción y temperatura, la herramienta automáticamente determina el acero requerido para esta condición; luego se debe definir el número de la barra de refuerzo a revisar [en la celda N° barra] para así verificar si el refuerzo establecido cumple con las condiciones de la NSR-10

Tabla 69

Diseño a retracción y temperatura escalera.. Fuente: Elaboración propia.

Diseño a retracción y temperatura.	
$A_{S_{\text{retr. y temp.}}}$ (cm ²)	2,7
N° Barra	3
$s \leq 450\text{mm}$	0,45
$s \leq 5 * e$	0,75
$S_{\text{mín}}$ (m)	0,45
Cant. Barras / m	3,803
S (m)	0,26
¿Cumple separación?	CUMPLE

1.5.4 Elemento estructural tipo columna.

Para revisar el elemento tipo columna, se establecen las características del elemento:

Tabla 70

Definición de características de columna. Fuente: Elaboración propia.

Características columna	
b (cm)	40,00
h (cm)	60,00
Longitud libre (cm)	355
Capacidad disipación de energía	DES
F'c (Kg/cm ²)	210
Fy (Kg/cm ²)	4200
E (Kg/cm ²)	2000000

1.5.4.1 Diseño refuerzo longitudinal.

Para revisar si el refuerzo longitudinal establecido en la columna cumple con lo estipulado en la NSR-10, se debe definir la sección transversal de la columna y con ello determinar la cantidad de acero requerido para esa columna. Al conocer las condiciones de acero longitudinal mínimo y máximo para la columna, se procede registrar el refuerzo establecido para revisar si cumple con las condiciones del acero previamente establecidas.

Tabla 71

Acero longitudinal requerido. Fuente: Elaboración propia.

Ubicación refuerzo	Cant. de barras	# barra	Área (cm ²)
esquinas	4	5	7,96
caras	10	5	19,90
Acero longitudinal requerido			
A _{min} (cm ²)	24,00		
A _{max} (cm ²)	96,00		
A _{total} (cm ²)	27,86		
Cuantía (%)	1,16%		
	Cumple		

Después de chequear que la cuantía usada esté dentro del límite establecido por la norma, se debe revisar que la distribución de las barras cumpla con la separación.

Tabla 72

Separación de refuerzo longitudinal en columnas. Fuente: Elaboración propia.

Disposición acero de refuerzo longitudinal		
Barras en el eje de la base		4
Barras en el eje de la altura		5
Separación requerida acero longitudinal		
Recubrimiento (cm)	4	
$s \geq 1.5d_b$	2,39	
$s \geq 4\text{cm}$	4,00	
s_{req} base (cm)	7,91	CUMPLE
s_{req} altura (cm)	10,54	CUMPLE

1.5.4.2 Diseño refuerzo transversal.

Para revisar si el refuerzo transversal de la columna cumple con la NSR-10 en el ítem C.7.10.5.1, primero se establece la separación de los estribos para la capacidad de disipación de energía de la estructura, también se establece la ubicación del primer estribo, así como la longitud de confinamiento y la respectiva separación para la zona confinada y no confinada.

Tabla 73

Requisitos de separación y long. de confinamiento. Fuente: Elaboración propia.

DMI (C.7.10.5)		DMO (C.21.3.5)		DES (C.21.6.4)	
Ubicación 1 ^{er} estribo (m)					
≤ 7,5 cm	0,075	≤ 5 cm	0,05	≤ 5 cm	0,05
Longitud de confinamiento					
-	-	L _o ≥ mayor de b y h	60,00	L _o ≥ mayor de b y h	60,00
-	-	L _o ≥ L/6	59,17	L _o ≥ L/6	59,17
-	-	L _o ≥ 50cm	50	L _o ≥ 45cm	45
Separación de estribos					
Zona No confinada		Zona confinada		Zona confinada	
s ≤ b	40,00	s ≤ b/3	13,33	s ≤ b/4	10,00
s ≤ h	60,00	s ≤ h/3	20,00	s ≤ h/4	15,00
s ≤ 16 d _b	25,44	s ≤ 8d _b	12,72	s ≤ 6d _b	9,54
s ≤ 48 d _e	45,60	s ≤ 16d _e	15,20	s ≤ 15cm	15,00
-	-	s ≤ 15cm	15,00		
-	-	Zona No confinada		Zona No confinada	
-	-	s ≤ 2 s ₁	25,44	s ≤ 6d _b	9,54
-	-	-	-	s ≤ 15cm	15,00

Posteriormente se establecen los resultados para las características de la columna y se presentan los resultados en la siguiente tabla, los cuales deben ser verificados.

Tabla 74

Refuerzo transversal requerido. Fuente: Elaboración propia.

Acero transversal requerido	
Estribo requerido (#barra)	3
Refuerzo transversal requerido	
Ubicación 1er estribo (m)	0,05
Zona Confinada	
L_{0req} (m)	0,6
s_{req} (m)	0,095
Cant. estribos	7
Zona no Confinada	
$L_{NoConf.}$ (m)	2,250
s_{req} (m)	0,095
Cant. estribos	24
Zona Confinada	
L_{0req} (m)	0,6
s_{req} (m)	0,095
Cant. estribos	7

Entre los resultados se establece la longitud de confinamiento, la ubicación del primer estribo, así como la separación y cantidad de estribos que se deben colocar, con estos resultados, se verifica en las memorias de cálculo y planos presentados por el diseñador.

1.5.4.3 Diagrama de interacción.

Para realizar el diagrama de interacción de la columna definir los siguientes factores necesarios para el desarrollo del diagrama, luego de definir los factores necesarios, la herramienta automáticamente realiza el cálculo de los siguientes ítems:

Tabla 75

Valores iniciales para el diagrama de interacción. Fuente: Elaboración propia.

Valores iniciales para el diagrama de interacción	
Recubrimiento efectivo d' (cm)	5,745
Peralte efectivo "eje y" d (cm)	54,26
Área total (cm ²)	2400

Separación "eje x" centro a centro (cm)	9,503
Separación "eje y" centro a centro (cm)	12,128
Área total refuerzo (cm ²)	27,86
Deformación unitaria concreto Euc	0,003
Deformación unitaria acero Eus	0,002
Peralte efectivo eje x d (cm)	34,26

Después de obtener los valores iniciales, se procede a obtener los puntos de dicho diagrama; para ello se determina el punto máximo del diagrama.

Tabla 76

Punto máximo del diagrama de interacción. Fuente: Elaboración propia.

Punto 1 - Punto máx.	
Pmax (ton)	263,464

Luego de determinar el punto máximo, se determina el punto de la falla balanceada; para esto se utiliza el diagrama de deformaciones unitarias y de cargas de las columnas. Después de determinar las deformaciones unitarias de las líneas de acero, se determina los esfuerzos de estas líneas de refuerzo, la fuerza que la línea de acero produce, el valor de la fuerza de compresión del concreto C_c , el valor de la fuerza para la falla balanceada y finalmente se procede a determinar el valor del momento para la fuerza de la falla balanceada.

Para obtener más puntos en el diagrama de interacción de la columna, se repiten los pasos desde el cálculo de la falla balanceada en adelante con la excepción de que no se calcula el valor de la distancia c , sino que se le dan valores por encima y por debajo al valor obtenido en la falla balanceada para determinar puntos tanto en la zona de compresión como de tensión del diagrama.

Con el diagrama de interacción ya dibujado se puede identificar en que zona se encuentra la columna que se está revisando, para ello se introducen los valores arrojados por el software de modelamiento en y automáticamente se localiza el punto en el diagrama de interacción de la columna como se muestra en la figura. Estos pasos se repiten desde el cálculo de la falla

balanceada para determinar el diagrama de interacción de la columna en el eje X, para ello se toman los valores del eje x de la sección en los pasos anteriores.

Tabla 77

Punto de la falla balanceada eje Y. Fuente: Elaboración propia.

Punto 2 - Falla balanceada				
Deformaciones unitarias			Esfuerzos	
c	20,150			
es1	0,00214	FLUYE	fs1	4200,00
es2	0,00073	NO FLUYE	fs2	1459,55
es3	0,00069	NO FLUYE	fs3	1370,22
es4	0,00210	FLUYE	fs4	4200,00
Fuerzas acero			Fuerzas concreto	
F1 (ton)	41,790		a	17,128
F2 (ton)	5,809		Cc (ton)	183,436
F3 (ton)	5,453		P (ton)	183,791
F4 (ton)	41,790			
Fuerza (ton)	Brazo (cm)	Momento (ton*m)		
183,436	11,436	20,978		
41,790	14,255	5,957		
5,809	4,752	0,276		
5,453	4,752	0,259		
41,790	14,255	5,957		
TOTAL		33,428		

Tabla 78

Punto en zona de tensión eje Y. Fuente: Elaboración propia.

Punto 3 - Zona de tensión				
Deformaciones unitarias				
c				
es1	0,002	NO FLUYE	fs1	3758,78
es2	0,00013	NO FLUYE	fs2	269,29
es3	0,00079	NO FLUYE	fs3	1579,52
es4	0,00144	NO FLUYE	fs4	2889,76
es5	0,00210	FLUYE	fs5	4200,00
fuerzas acero			fuerzas concreto	
F1 (ton)	29,920		a	13,073
F2 (ton)	1,072		Cc (ton)	93,341
F3 (ton)	6,287		P (ton)	70,970
F4 (ton)	11,501			
F5 (ton)	33,432			
fuerza (ton)	brazo (cm)	Momento (ton*m)		
93,341	23,464	21,901		

29,920	24,255	7,257
1,072	12,128	0,130
6,287	0,000	0,000
11,501	12,128	1,395
33,432	24,255	8,109
TOTAL		38,79190524

P (ton)	M (ton*m)
263,46	0,00
197,99	50,25
70,97	38,79
82,00	14,00

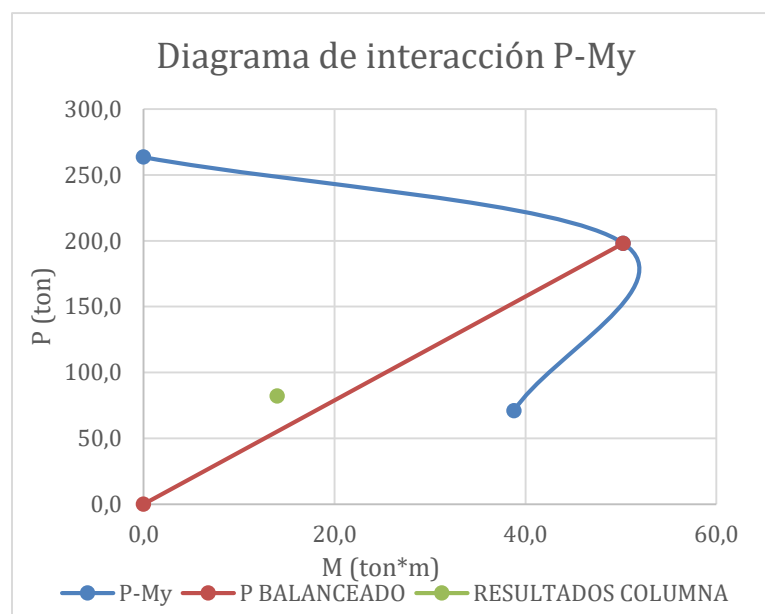


Figura 13. Diagrama de interacción en el eje Y. Fuente: Elaboración propia.

1.6 Criterios de Revisión título J y K

Teniendo en cuenta el alcance de la Res. 0017 de 2017, se exige al diseñador presentar los parámetros de resistencia contra el fuego de los elementos estructurales, descritos en el título J, para lo cual se presenta una lista de chequeo con los principales aspectos del reglamento, así mismo, de manera general se presentan los requisitos dados por el Título K del Reglamento.

Tabla 79

Lista de chequeo criterios de revisión título J y K. Fuente: Elaboración propia.

1.6 CRITERIOS DE REVISIÓN TÍTULO J-K			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
Resistencia al fuego de los elementos estructurales (Título J)					
1.6.1	Clasificación por grupo de ocupación	Tabla J.1.1-1	☐	☐	☐
1.6.2	Requisitos generales de protección contraincendios	J.2	☐	☐	☐
1.6.3	Requisitos de resistencia contra incendios	J.3			
1.6.3.1	Clasificación de edificaciones en función del riesgo de pérdida de vidas humanas	J.3.3.1	☐	☐	☐
1.6.3.2	Clasificación en una categoría de riesgo	J.3.3.2	☐	☐	☐
1.6.3.3	Resistencia requerida de elementos en horas	J.3.4.3	☐	☐	☐
1.6.3.4	Provisión de resistencia contra fuego en elementos de concreto	J.3.5.2	☐	☐	☐
1.6.3.5	Provisión de resistencia contra fuego en elementos de mampostería	J.3.5.3	☐	☐	☐
Requisitos complementarios (Título K)					
1.6.4	Clasificación por grupo de ocupación	K.2	☐	☐	☐
1.6.5	Requisitos para zonas comunes	K.3			
1.6.5.1	Requisitos generales	K.3.2	☐	☐	☐
1.6.5.2	Capacidad de los medios de evacuación	K.3.3	☐	☐	☐
1.6.5.3	Carga de ocupación	K.3.3.1	☐	☐	☐
1.6.5.4	Factor de carga de ocupación	K.3.3.2	☐	☐	☐
1.6.5.5	Capacidad de las salidas	K.3.3.3	☐	☐	☐
1.6.5.6	Ancho Mínimo	K.3.3.4	☐	☐	☐
1.6.5.7	Número de salidas	K.3.4	☐	☐	☐
1.6.5.8	Accesos a las salidas	K.3.5	☐	☐	☐
1.6.5.9	Distancia de recorrido hasta una salida	K.3.6	☐	☐	☐
1.6.5.10	Protección de los medios de evacuación	K.3.7	☐	☐	☐
1.6.5.11	Medios de salida	K.3.8	☐	☐	☐
1.6.5.12	Iluminación de los medios de evacuación	K.3.9	☐	☐	☐
1.6.5.13	Señalización de salidas	K.3.10	☐	☐	☐
1.6.6	Requisitos especiales para vidrios	K.4	☐	☐	☐

1.7 Correspondencia de planos estructurales

Con el fin de verificar que los planos estructurales presentados tengan total concordancia con los diseños presentados en la memoria estructural y con los planos arquitectónicos se dispone de la siguiente lista de chequeo.

Tabla 80

Lista de chequeo revisión planos estructurales. Fuente: Elaboración propia.

1.7 CORRESPONDENCIA DE PLANOS ESTRUCTURALES			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
Concordancia de planos estructurales y arquitectónicos					
1.7.1	Coincidencia de ejes estructurales		☐	☐	☐
1.7.2	Cotas y dimensiones de las plantas		☐	☐	☐
1.7.3	Altura de la edificación		☐	☐	☐
1.7.4	Niveles de los sótanos y los entresijos		☐	☐	☐
1.7.5	Localización de columnas y muros estructurales		☐	☐	☐
1.7.6	Localización de vacíos, escaleras, rampas		☐	☐	☐
1.7.7	Elementos estructurales proyectados		☐	☐	☐
Concordancia planos estructurales Vs Memorias estructurales			☐	☐	☐
1.7.8	Dimensiones de los elementos estructurales		☐	☐	☐
1.7.9	Correspondencia entre despieces y diseño de refuerzo de los elementos estructurales		☐	☐	☐
1.7.10	Cargas supuestas en los cálculos		☐	☐	☐
1.7.11	Especificaciones de los materiales son las usadas en las memorias de diseño		☐	☐	☐

2 Revisión de diseño sísmico de elementos no estructurales

2.1 Análisis y diseño sísmico de elementos no estructurales

Los elementos que no hacen parte de la estructura también deben ser diseñados teniendo previsiones sísmicas, en el presente capítulo se presentan los criterios para calcular las fuerzas de diseño, así como los elementos que deben estar sujetos a estas fuerzas, entre estos elementos se encuentran los arquitectónicos tales como fachadas, muros divisorios, así como las instalaciones; los cuales se deben diseñar bajo los requisitos del título A.9 de la NSR-10.

Tabla 81

Lista de chequeo elementos no estructurales. Fuente: Elaboración propia.

2.1 ANÁLISIS Y DISEÑO SISMICO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
<u>2.1.1</u>	Exenciones diseño de elementos no estructurales	A.9.1.3	☒	☐	☐
<u>2.1.2</u>	Definición grado de desempeño	A.9.2	☐	☒	☐
<u>2.1.3</u>	Acabados y elementos arquitectónicos	A.9.5	☐	☐	☒
<u>2.1.3.1</u>	Determinación de aceleración horizontal a_x	A.9.4.2.1	☐	☐	☐
<u>2.1.3.2</u>	Determinación de coeficientes a_p y R_p	Tabla A.9.5-1	☐	☐	☐
<u>2.1.3.3</u>	Determinación fuerzas sísmicas de diseño F_p	A.9.4.2	☐	☐	☐
<u>2.1.3.4</u>	Diseño del elemento (muro)		☐	☐	☐
<u>2.1.4</u>	Instalaciones	A.9.6	☐	☐	☐
<u>2.1.4.1</u>	Criterios de diseño utilizados	Tabla A.9.6-1	☐	☐	☐

2.1.1 Exenciones diseño de elementos no estructurales NSR-10 A.9.1.3

Para verificar si los elementos no estructurales de deben diseñar de acuerdo con el título A.9, se ingresa la zona de amenaza sísmica y el grupo de uso de la edificación que también sirve para determinar el grado de desempeño.

Tabla 82

Exenciones diseño de elementos no estructurales. Fuente: Elaboración propia.

Zona de amenaza sísmica:	Intermedia
Grupo de uso:	Grupo_I
¿Está exenta del capítulo A.9?	Se debe diseñar elementos no estructurales

2.1.2 Definición grado de desempeño elementos no estructurales NSR-10 A.9.2

El grado de desempeño bajo el cual se define el comportamiento de los elementos no estructurales de estipula según el grupo de uso, por eso es necesario ingresarlo en ítem anterior, en la siguiente tabla se muestran los diferentes grados de desempeño, sus características y el que se debe usar según el grupo de uso.

Tabla 83

Definición grado de desempeño. Fuente: Elaboración propia.

Bajo		
Grupo de uso:	Grado de desempeño	Características del desempeño de elementos no estructurales debido a la ocurrencia del sismo de diseño:
Grupo_IV	Superior	El daño que se presenta es mínimo y no interfiere con la operación
Grupo_III	Superior	El daño que se presenta es mínimo y no interfiere con la operación
Grupo_II	Bueno	El daño es reparable y puede haber interferencia con la operación
Grupo_I	Bajo	Se presentan daños graves, no reparables pero sin desprendimiento o colapso

2.1.3 Acabados y elementos arquitectónicos NSR-10 A.9.5

Entre los acabados y elementos arquitectónicos, se encuentran: muros de fachada, muros interiores, cielos rasos, enchapes de fachada, vidrios, paneles prefabricados, y los efectos en columnas cortas o cautivas. En este capítulo se presenta la determinación de las fuerzas sísmicas sobre estos elementos y los tipos de anclaje que deben llevar para cumplir con el reglamento.

2.1.3.2 Determinación de coeficientes a_p y R_p NSR-10 Tabla A.9.5-1

En esta sección se establecen los coeficientes y los sistemas de anclaje que debe llevar el tipo de elemento no estructural. Se debe ingresar el tipo de elemento y la guía selecciona los coeficientes, además del tipo de anclaje para el grado de desempeño requerido.

Tabla 84

Determinación de coeficientes a_p y R_p . Fuente: Elaboración propia.

Elemento no estructural	a_p	Tipos de anclajes o amarres para determinar R_p			
		Grado de desempeño			R_p
		Superior	Bueno	Bajo	
Fachada-Mampostería reforzada, separada de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1,0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles	1,5

2.1.3.3 Determinación fuerzas sísmicas de diseño F_p NSR-10 A.9.4.2

Se deben ingresar los valores mostrados en la siguiente tabla, donde se encuentran la aceleración pico efectiva, la aceleración correspondiente al periodo de la estructura, la altura en la cual se ubica el elemento y el peso del mismo, con estos valores, la herramienta calcula las fuerzas sísmicas de diseño, las cuales deben ser verificadas con las usadas en los diseños.

Tabla 85

Determinación fuerzas sísmicas de diseño F_p . Fuente: Elaboración propia.

A_a : 0,15	I : 1,10	a_p : 1,0
S_a : 0,866	h_n : 10,4	R_p : 1,5
γ_{elemento} (ton/m ³): 1,5	H_{eq} : 7,8	Anclaje: No dúctiles

Nivel	h_x (m)	h_x/h_{eq}	a_x	H muro (m)	e (m)	M_p (ton/m)	F_p (ton/m)
Cubierta	10,4	1,33	1,155	2,05	0,12	0,369	0,284
2	8	1,03	0,888	3,5	0,12	0,630	0,373
1	3,95	0,51	0,513	3,5	0,12	0,630	0,215

2.1.3.4 Diseño del elemento (muro) NSR-10

Para el diseño se calculan las reacciones en los apoyos de los elementos para las fuerzas sísmicas calculadas, y se diseñan los elementos, en el caso de muros de fachada y divisorios, se debe utilizar un procedimiento de diseño de mampostería que cumpla con los requisitos del título D de la NSR-10 y chequear que cumpla tanto a flexión, cortante y además que no vayan a sufrir daño por las derivas causadas en los pórticos de la estructura, para ello se debe decidir si se separan de la estructura o si se diseñan para que resistan estos efectos.

2.1.4 Instalaciones hidráulicas, sanitarias, mecánicas y eléctricas NSR-10 A.9.6

2.1.4.1 Criterios de diseño utilizados NSR-10 Tabla A.9.6-1

A continuación, se presenta el cálculo de las fuerzas sísmicas, primero se debe ingresar el tipo de elemento y la guía selecciona los coeficientes, además del tipo de anclaje para el grado de

desempeño requerido, después se ingresa los valores mostrados en la siguiente tabla, con estos valores, la herramienta calcula las fuerzas sísmicas de diseño, las cuales deben ser verificadas con las usadas en los diseños.

Tabla 86

Criterios de diseño sísmico de instalaciones. Fuente: Elaboración propia.

Elemento no estructural	a_p	Tipos de anclajes o amarres para determinar R_p			
		Grado de desempeño			R_p
		Superior	Bueno	Bajo	
Sistemas de protección contra el fuego	2,5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles	1,5
A_a : 0,150		I: 1,1		a_p : 2,5	
S_a : 0,866		h_n : 10,4		R_p : 1,5	
Peso elemento (ton): 0,2		H_{eq} : 7,8		Anclaje: No dúctiles	
Nivel elemento	h_x (m)	h_x/h_{eq}	a_x	M_p (ton)	F_{px} (ton)
Cubierta2	10,4	1,33	1,155	0,200	0,154

3 Revisión de estudios geotécnicos

Con el fin de realizar la revisión de los estudios geotécnicos y el diseño de los elementos de los elementos que componen la cimentación, es de suma importancia llevar a cabo el modelamiento estructural en ETABS con el fin de determinar las cargas a las cuales estará sometida la cimentación. Además, se debe revisar que el diseño estructural y no estructural cumpla con la normativa; esto con el fin de establecer las estructuras de cimentación a partir de los resultados obtenidos en el análisis de la estructura en el software.

3.1 Caracterización geotécnica del subsuelo

En este capítulo, se busca verificar que el procedimiento realizado en el estudio geotécnico para la obtención de las características y parámetros del suelo es adecuado, conforme las exigencias del título H de la NSR-10. Se debe verificar que se realicen los sondeos especificados a la profundidad adecuada. Además de que se realicen los ensayos de laboratorio y

se utilicen los factores de seguridad indicados en la NSR-10, por último, se presentan las condiciones geotécnicas especiales y los aspectos a tener en cuenta.

Tabla 87.

Lista de chequeo caracterización geotécnica. Fuente: Elaboración propia.

3.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
<u>3.1.1</u>	Clasificación unidades de construcción	H.3.1.1	☒	☐	☐
<u>3.1.2</u>	Número mínimo de sondeos y profundidad	H.3.2.3	☐	☒	☐
<u>3.1.3</u>	Características y distribución de sondeos	H.3.2.4	☐	☐	☒
<u>3.1.4</u>	Ejecución ensayos de campo	H.3.3.5	☐	☐	☐
<u>3.1.5</u>	Ensayos de laboratorio	H.3.3	☐	☐	☐
<u>3.1.6</u>	Propiedades básicas	H.3.3.3	☐	☐	☐
<u>3.1.7</u>	Propiedades geomecánica	H.3.3.4	☐	☐	☐
<u>3.1.8</u>	Factor de seguridad indirecto	H.4.7	☐	☐	☐
<u>3.1.9</u>	Factor de seguridad directo	H.2.4.3	☐	☐	☐
<u>3.1.10</u>	Condiciones geotécnicas especiales	H.9	☐	☐	☐
<u>3.1.10.1</u>	Suelos expansivos	H.9.1	☐	☐	☐
<u>3.1.10.2</u>	Suelos dispersivos o erodables	H.9.2	☐	☐	☐
<u>3.1.10.3</u>	Suelos colapsables	H.9.3	☐	☐	☐
<u>3.1.10.4</u>	Efectos de la vegetación	H.9.4	☐	☐	☐

3.1.1 Clasificación unidades de construcción H.3.1.1

Para efectos de realizar la exploración geotécnica la edificación se debe clasificar en una de las unidades de construcción por categorías, y de no cumplir con las condiciones de H.3.1.1 se debe dividir en varias unidades de construcción.

Tabla 88.

Clasificación unidades de construcción. Fuente (AIS, 2010)

Tabla H.3.1-1
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

3.1.2 Número mínimo de sondeos y profundidad H.3.2.3

Al definir la categoría de la unidad de construcción, se establece la cantidad de sondeos mínimos requeridos y la profundidad de estos según lo estipulado en la NSR-10 en el ítem H.3.2.3 y H.3.2.4.

Tabla 89.

Número mínimo de sondeos y profundidad. Fuente (AIS, 2010)

Tabla H.3.2-1
Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción
Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

3.1.3 Características y distribución de sondeos H.3.2.4

Después de establecer la cantidad de sondeos mínimos y la profundidad de estos, el ingeniero a cargo define a criterio y según las características del terreno si requiere más sondeos de los solicitados y define sus profundidades, también de la distribución de estos cumpliendo con las recomendaciones de la norma, se establecen las siguientes características que deben tenerse en cuenta para la aplicación de los sondeos:

- a) Los sondeos con recuperación de muestras deben constituir como mínimo el 50% de los sondeos practicados en el estudio definitivo.
- b) En los sondeos con muestreos se deben tomar muestras cada metro en los primeros 5m de profundidad y a partir de esta profundidad, en cada cambio de material o cada 1.5m de longitud del sondeo.
- c) Al menos el 50% de los sondeos deben quedar ubicados dentro de la proyección sobre el terreno de las construcciones.

d) Los sondeos practicados dentro del estudio preliminar pueden incluirse como parte del estudio definitivo de acuerdo con esta normativa, siempre y cuando hayan sido ejecutados con la misma calidad y siguiendo las especificaciones dada en el título H de la NSR-10.

e) El número de sondeos finalmente ejecutados para cada proyecto, debe cubrir completamente el área que ocuparan la unidad o unidades de construcción contempladas en cada caso, así como las áreas que no quedando ocupadas directamente por la estructura o edificaciones, serán afectadas por taludes de cortes u otros tipos de intervención que deban ser considerados para evaluar el comportamiento geotécnico de la estructura y su entorno.

3.1.4 Ejecución ensayos de campo H.3.3.5

3.1.5 Ensayos de laboratorio H.3.3

Los ensayos de laboratorio aplicados a las muestras obtenidas en la exploración son establecidos a criterio por el ingeniero geotecnista con el fin de obtener parámetros del suelo tanto básicos según H.3.3.3, como geomecánicos según H.3.3.4, y estos ensayos de laboratorio de las muestras deben ser realizados en laboratorios de suelos certificados que garanticen la calidad, precisión y exactitud de los ensayos aplicados.

Con los resultados de estos ensayos, en el estudio geotécnico se deben obtener los parámetros y el perfil estratigráfico del suelo donde se realizará el proyecto, que se utilizaran para el análisis y diseño de la alternativa de cimentación adecuada.

3.1.6 Propiedades básicas H.3.3.3.1

Las propiedades básicas mínimas de los suelos a determinar con los ensayos de laboratorio son: peso unitario, humedad y clasificación completa para cada uno de los estratos. Igualmente debe determinarse como mínimo las propiedades de resistencia en cada uno de los materiales típicos encontrados en el sitio mediante compresión simple o corte directo en suelos cohesivos, y corte directo o SPT en suelos granulares.

Tabla 90.

Normativas de ensayos de propiedades básicas. Fuente: Elaboración propia.

Normativa	Título del ensayo
INV-E-122-13	Humedad Natural
INV-E-124-13	Granulometría
INV-E-125-13	Límites de Atterberg
INV-E-128-13	Gravedad específica

3.1.7 Propiedades geomecánicas H.3.3.4

Las propiedades mecánicas e hidráulicas del subsuelo tales como: resistencia al corte, propiedades esfuerzo-deformación, compresibilidad, expansión, permeabilidad y otras que resulten pertinentes de acuerdo con la naturaleza geológica del área, se determinara en cada caso mediante procedimientos aceptados de campo o laboratorio, debiendo el informe respectivo justificar su número y representatividad de manera precisa y coherente con el modelo geotécnico.

Tabla 91.

Normativas de ensayos de propiedades geomecánicas. Fuente: Elaboración propia.

Normativa	Título del ensayo
INV-E-151-13	Consolidación unidimensional
INV-E-152-13	Compresión incofinada
INV-E-154-13	Triaxial
INV-E-154-13	Corte directo

3.1.8 Factor de seguridad indirecto H.4.7

Luego de definir todos los parámetros geotécnicos, el ingeniero geotecnista debe definir bajo su criterio y con justificación de esta decisión, que factor de seguridad se implementara.

Tabla 92.

Factor de seguridad indirecto. Fuente (AIS, 2010)

Tabla H.4.7-1
Factores de Seguridad Indirectos F_{SICP} Mínimos

Condición	F_{SICP} Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

3.1.9 Factor de seguridad directo H.2.4.3

Tabla 93.

Factor de seguridad directo. Fuente (AIS, 2010)

Tabla H.2.4-1
Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño

3.1.10 Condiciones geotécnicas especiales

En algunas ocasiones, el suelo donde se llevará a cabo el proyecto presenta características especiales que deben ser tenidas en cuenta para realizar la estructura de cimentación y garantizar que dichas características especiales no afecten de algún modo la estructura ni la verticalidad de esta; algunas de estas condiciones especiales son identificadas con la exploración de campo y el levantamiento topográfico, tales como la vegetación presente y las edificaciones aledañas. También existen otras características especiales, tales como suelos expansivos, suelos dispersivos o erodables y suelos colapsables que se identifican mediante pruebas de laboratorio que permiten estudiar el comportamiento del suelo, y así determinar estructura de cimentación más adecuada.

3.1.10.1 Suelos expansivos

Tabla 94.

Suelos expansivos. Fuente (AIS, 2010)

Tabla H.9.1-1
Clasificación de suelos expansivos

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

3.1.10.2 Suelos dispersivos o erodables

Tabla 95.

Suelos dispersivos o erodables. Fuente (AIS, 2010)

3.5.2 CLASIFICACION SUELOS DISPERSIVOS O ERODABLES
H.9.2.2 — TIPOS DE SUELOS ERODABLES — Se distinguen dos tipos de suelos muy sensibles a la presencia de agua; éstos son: (a) <i>Suelos dispersivos</i> — Arcillas cuya concentración de sales de sodio (Na) en el agua intersticial pasa de 40% o 60% del total de sales disueltas. (b) <i>Suelos erodables</i> — Arenas finas, polvo de roca, limos no cohesivos y depósitos eólicos, propios de ambientes aluviales tranquilos y constantes que resultan en una granulometría relativamente homogénea.

3.1.10.3 Suelos colapsables

Tabla 96.

Suelos colapsables. Fuente (AIS, 2010)

3.5.3 CLASIFICACION DE SUELOS COLAPSABLES
H.9.3.2 — TIPOS DE SUELOS COLAPSABLES — Se distinguen cuatro tipos principales de suelos colapsables, a saber: (a) <i>Suelos aluviales y coluviales</i> — Depositados en ambientes semi-desérticos por flujos más o menos torrenciales, tienen con frecuencia una estructura inestable (suelos metastables). (b) <i>Suelos eólicos</i> — Depositados por el viento, son arenas y limos arenosos con escaso cemento arcilloso en una estructura suelta o inestable. Reciben el nombre genérico de "loess" en las zonas templadas. (c) <i>Cenizas volcánicas</i> — Provenientes de cenizas arrojadas al aire por eventos recientes de actividad volcánica explosiva, conforman planicies de suelos limosos y limo-arcillosos con manifiesto carácter metastable. (d) <i>Suelos residuales</i> — Derivados de la descomposición in-situ de minerales de ciertas rocas, son luego lixiviados por el agua y pierden su cemento y su sustento por lo cual también terminan con una estructura inestable.

3.1.10.4 Efectos de la vegetación

Tabla 97.

Efecto de la vegetación. Fuente (AIS, 2010)

3.5.5 RELACION CON EDIFICACIONES
H.9.4.6.1 — Acción de la vegetación — Deben considerarse los siguientes aspectos: (a) <i>Asentamientos</i> — Producidos por los árboles individualmente o en conjunto, cuando son sembrados en las cercanías de edificaciones y el suministro de agua es deficiente ya sea por el clima o por reducción excesiva del área descubierta expuesta a la lluvia. (b) <i>Levantamientos</i> — Producidos cuando un sistema de suelo-vegetación, previamente equilibrado, es súbitamente desprovisto de su cobertura vegetal; al cesar la succión, aumenta la humedad hasta aproximarse a su nuevo punto de equilibrio con la consiguiente expansión. (c) <i>Especies agresivas</i> — Especies particularmente agresivas buscan el agua bajo la cubierta propicia de la edificación y en algunos casos invaden con sus raíces las tuberías de los alcantarillados. (d) <i>Cambios estacionales</i> — Los cambios estacionales del clima y, aún alteraciones más substanciales como el Fenómeno del Niño, producen un desequilibrio puntual del sistema.

3.2 Análisis y diseño de cimentación

En este capítulo, se debe realizar el chequeo de la alternativa de diseño de la cimentación del proyecto, se presenta los parámetros de revisión para zapatas aisladas, incluyendo el cálculo de la capacidad admisible, además de las vigas de amarre entre las zapatas.

Tabla 98.

Lista de chequeo análisis y diseño de cimentación. Fuente: Elaboración propia.

3.2 ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIMENTACIÓN			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
3.2.1	Características del suelo	H.3.3.3	☒	☐	☐
3.2.2	Elemento de cimentación tipo zapatas	C.15.3	☐	☒	☐
3.2.2.1	Características del elemento		☐	☐	☒
3.2.2.2	Capacidad portante del suelo	H.4.2	☐	☐	☐
3.2.2.3	Definición factores y coeficientes		☐	☐	☐
3.2.2.4	Diseño a cortante o punzonamiento	C.11.11.1-C.11.11.2	☐	☐	☐
3.2.2.5	Diseño por aplastamiento	C.10.14.1	☐	☐	☐
3.2.2.6	Diseño por flexión	C.15.4	☐	☐	☐
3.2.3	Viga de amarre de cimentación	C.15.13	☐	☐	☐
3.2.3.1	Características del elemento		☐	☐	☐
3.2.3.2	Diseño a compresión	A.3.6.4.2	☐	☐	☐
3.2.3.3	Diseño a tracción	A.3.6.4.2	☐	☐	☐

3.2 Análisis y diseño de cimentación.

3.2.1 Características del suelo

Para establecer la estructura de cimentación se debe completar los pasos anteriores, ya que se requiere las características del suelo, los parámetros geotécnicos, las características geométricas de la columna y los resultados del análisis del modelamiento de la estructura.

Tabla 99.

Características del suelo. Fuente: Elaboración propia.

Características del suelo			
Fricción ϕ (°)	0,00	γ_{suelo} (ton/m3)	1,54
Cohesión (kg/cm2)	0,18	γ_{agua} (ton/m3)	1,00
Cu (kg/cm2)	0,18	γ_{sat} (ton/m3)	0,00
Nf (m)	2,30		

3.2.2 Elemento de cimentación tipo zapatas

3.2.2.1 Características del elemento

Las tablas de características de la cimentación se registran con los valores del proyecto para realizar la verificación de la estructura con base en las condiciones de la NSR-10.

Tabla 100.

Características de la estructura de cimentación. Fuente: Elaboración propia.

Características de la Zapata			
b (m)	2,50	Carga última columna (ton)	35,00
l (m)	3,30	Mx (ton*m)	12,86
h (m)	0,40	Refuerzo	4,00
Df (m)	1,20	Nº barras	20,00
b _{columna} (m)	0,40	A _{sreqx} (cm ²)	25,80
l _{columna} (m)	0,60	My (ton*m)	8,72
Recubrimiento (cm)	7,50	Refuerzo	4,00
Peralte efectivo	30,60	Nº barras	27,00
factor de seguridad (fs)	3,00	A _{sreqy} (cm ²)	34,83

3.2.2.2 Capacidad portante del suelo

Tabla 101.

Capacidad portante del suelo. Fuente: Elaboración propia.

Factores de capacidad de carga		Factores de profundidad		
N _c	5,14	df/b<1	CUMPLE	
N _q	1,00		ϕ=0	ϕ>0
N _v	0,00		CUMPLE	NO CUMPLE
Factores de forma		F _{cd}	1,19	0,00
F _{cs}	1,15	F _{qd}	1,00	1,00
F _{qs}	1,00	F _{vd}	1,00	1,00
F _{vs}	0,70	df/b>1	NO CUMPLE	
NO CUMPLE			ϕ=0	ϕ>0
Factores de inclinación			CUMPLE	NO CUMPLE
F _{ci}	1	F _{cd}	1,18	0,00
F _{qi}	1	F _{qd}	1,00	1,00
F _{vi}	0	F _{vd}	1,00	1,00
Esfuerzo efectivo q (ton/m2)		1,848	CUMPLE LA CIMENTACION	
Capacidad de carga ultima (ton/m2)		14,502		
Capacidad de carga admisible (ton/m2)		4,834		
Carga admisible cimentación (ton)		39,880		

Se revisa que las características de la cimentación definidas previamente cumplan con la capacidad portante del suelo según sus propiedades tanto básicas como geomecánicas; para ello se aplica la teoría de Meyerhof.

En primera instancia se debe registrar el valor de los factores de capacidad de carga en sus campos y el ángulo de inclinación de la carga que llega a la columna β_1 , para que la herramienta automáticamente realice el cálculo de la capacidad portante del suelo.

3.2.2.3 Definición factores y coeficientes

Para continuar con la revisión de la estructura de cimentación, se deben registrar los siguientes factores y coeficientes, donde según C.11.11.2.1 $\beta_{1\text{columna}}$ es la relación del lado largo al lado corto de la columna y α_s es 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde y 20 para columnas en la esquina.

Tabla 102.

Factores y coeficientes de cimentación. Fuente: Elaboración propia.

Factores y coeficientes de cimentación			
f'_c (kg/cm ²)	210	ϵ_{uc}	0,003
f_y (kg/cm ²)	4200	ϵ_y	0,002
ϕ_{CORTANTE}	0,750	λ	1,000
ϕ_{TRACCION}	0,900	β	0,850
β_1 Relación sección columna	1,500	b_o perímetro (m)	3,224
ϕ aplastamiento	0,650	α_s	40

3.2.2.4 Diseño a cortante o punzonamiento

Posteriormente al cálculo de la capacidad portante del suelo y de definir los factores y coeficientes necesarios, se procede a revisar la estructura de cimentación para el diseño a cortante según lo estipulado en C.11.11.1 y C.11.11.2.

La herramienta automáticamente realiza el cálculo del diseño por punzonamiento con los datos previamente registrados en pasos anteriores.

Tabla 103.

Diseño por cortante o punzonamiento. Fuente: Elaboración propia.

Revisión por cortante o punzonamiento	
Punzonamiento V_u (ton)	32,287
Resistencia del concreto v_c (ton)	CUMPLE
$V_c = 0.17 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$	42,522
$V_c = 0.083 * \left(\frac{\alpha_s * d}{b_o} + 2\right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$	51,571
$V_c = 0.33 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$	35,376

3.2.2.5 Diseño por aplastamiento

Se revisa la estructura de cimentación para el diseño por aplastamiento según lo estipulado en C.10.14.1. La herramienta automáticamente realiza el cálculo del diseño por aplastamiento con los datos previamente registrados en pasos anteriores.

Tabla 104.

Diseño por aplastamiento. Fuente: Elaboración propia.

Revisión por aplastamiento	
Carga columna (ton)	35,00
Resistencia aplastamiento P_u (ton)	454,6
CUMPLE	

3.2.2.6 Diseño por flexión

Para revisar el diseño a flexión de la estructura de cimentación, se revisa que el refuerzo establecido sea mayor que el refuerzo de acero mínimo que se estipula, finalmente se determina el momento máximo que dicha estructura de cimentación puede soportar con base a sus características geométricas y de acero de refuerzo establecidas. Se debe revisar el refuerzo en las dos direcciones de la cimentación.

Tabla 105.

Diseño a flexión de cimentación. Fuente: Elaboración propia.

Diseño a flexión zapatas (X-Y)			
c (cm)	18,357	c (cm)	18,357
a (cm)	15,603	a (cm)	15,603
A_{smin} (cm ²)	25,496	A_{smin} (cm ²)	33,655
A_{sreqx} (cm ²)	25,80	A_{sreqy} (cm ²)	34,83
$A_{sreq} > A_{smin}$	CUMPLE	$A_{sreq} > A_{smin}$	CUMPLE
M_x (ton m)	22,229	M_y (ton m)	30,009
CUMPLE		CUMPLE	

3.2.3 Viga de amarre de cimentación

Para revisar las vigas de cimentación se debe completar los pasos anteriores, ya que se requiere los parámetros geotécnicos, las características geométricas de la viga de amarre y los resultados del análisis del modelamiento de la estructura.

3.2.3.1 Características del elemento

La siguiente tabla se diligencia registrando los valores del proyecto para realizar la verificación de la estructura con base a las condiciones de la NSR-10. Aa corresponde a la aceleración pico efectiva, establecida en el capítulo 1.2 de esta guía.

Tabla 106.

Características de la viga de amarre. Fuente: Elaboración propia.

Características del elemento			
b (m)	0,40	$\phi_{compresion}$	0,65
h (m)	0,50	$\phi_{traccion}$	0,90
l (m)	7,25	Recubrimiento (cm)	7,50
f 'c (kg/cm ²)	210	Aa	0,15
f _y (kg/cm ²)	4200		
P _{ucolumna1} (ton)	15	P _{ucolumna2} (ton)	35

3.2.3.2 Diseño a compresión y tracción.

Se procede a determinar la fuerza que resiste el elemento tanto a compresión como a tracción ítem C.10.3.6 con el fin de verificar si esta viga de cimentación cumple con los requisitos mínimos de resistencia que exige la norma en el título A de la NSR-10 en el ítem A.3.6.4.2.

Tabla 107.

Diseño a compresión y tracción. Fuente: Elaboración propia.

Diseño compresión	
Refuerzo transversal	
Estribo	3
S (cm)	20
Refuerzo longitudinal	
C o T (ton)	0,563
Barra	5
Nº barras superior	3
Nº barras inferior	3
$A_{s\text{total}}$ (cm ²)	11,94
S_x (cm)	10,755
C_{resiste} (ton)	197,446
CUMPLE	
Diseño tracción	
T_{resiste} (TON)	45,133
CUMPLE	

8. Conclusiones y recomendaciones

Después de examinar la normativa colombiana de construcción Sismo resistente desde su creación hasta las leyes, decretos y resoluciones vigentes en el entorno de la revisión estructural de los diseños, se deduce que esta función desempeña un aspecto fundamental para garantizar la calidad y sismo resistencia de las construcciones, a lo largo del tiempo se han creado más mecanismos para fortalecerla tales como las curadurías, la obligatoriedad de la revisión independiente, así como en la actualidad el registro de profesionales acreditados para realizar esta actividad. Desastres como el caso del edificio Space, provocaron que se elaboren normas más estrictas, definiendo el alcance de los trabajos que se deben realizar.

El alcance desarrollado por la Resolución 0017 de 2017 define los procedimientos que deben realizar los revisores, sin embargo, se genera un gran vacío al no exigir que se realice el análisis de la estructura mediante modelos matemáticos o por medio de un software, lo cual genera que los revisores se limiten a hacer un chequeo poco detallado, también es preciso aclarar que la resolución indica que el honorario de los diseñadores es mucho mayor al de la revisión lo que hace pensar que la revisión queda en segundo plano y no debe realizarse rigurosamente.

La herramienta sirve como apoyo para las entidades que emiten las licencias de construcción e ingenieros encargados y acreditados para la actividad de la revisión de los diseños estructurales, tanto de oficio, así como para independientes. Se basa principalmente en las medidas adoptadas por la Ley 1796 de 2016, el decreto 945 de 2017 y el alcance establecido por la resolución 0017 de 2017.

A partir del resultado de la propuesta para revisión de diseño se deduce que es una herramienta efectiva para realizar la actividad, sin embargo, esta revisión se debe realizar a criterio de los profesionales acreditados, por lo cual a pesar de que un proyecto debe regirse a los requisitos mínimos de la norma, se deben tener en cuenta sus particularidades y es el ingeniero

responsable el que decide si los resultados cumplen, por esta razón la herramienta funciona como un apoyo para el procedimiento, mas no como una camisa de fuerza.

Con la herramienta se permite la revisión de diseños estructurales, y en segundo plano los aspectos generales de revisión de diseño sísmico de elementos no estructurales y de estudios geotécnicos en pórticos de concreto reforzado resistentes a momentos a través de las listas de chequeo, en las cuales de manera interactiva mediante hipervínculos se puede determinar la bondad de los procedimientos empleados y el cumplimiento de los requisitos de diseño establecidos en la normativa sismo resistente colombiana NSR-10. Así como la revisión del contenido mínimo de los planos, memorias y estudios presentados.

En la herramienta automáticamente se presenta la recopilación de las observaciones realizadas a las carencias de diseño, la cual permite entregar de manera organizada las correcciones que debe realizar el diseñador para obtener el aval de la solicitud de licencia de construcción y se asemeja a las actas de observaciones emitidas por las curadurías. El documento sirve como memoria de los trabajos realizados de revisión exigido por la Res. 0017 de 2017, cuya función es constatar y emitir juicio de los documentos presentados, así como de entregar la relación de partes que deberán ser corregidas.

El modelamiento y análisis en ETABS facilita la actividad de revisión, debido a que se presenta el procedimiento que se debe desarrollar, en el cual, de acuerdo con los planos estructurales, materiales y cargas utilizadas en el diseño se modela la estructura, teniendo cuidado a la hora de definir la grilla de coordenadas, las secciones, cargas y combinaciones, para que el chequeo se realice de manera similar al realizado en el diseño. Se analiza la estructura teniendo en cuenta sus particularidades, los requisitos y movimientos sísmicos de diseño y se comparan los resultados.

Conclusiones revisión centro día

Revisión contenido mínimo de memorias, planos y estudios: En aspectos generales los documentos presentados cumplen con los requeridos por el reglamento NSR-10, entre los ítems que no cumplen se encuentra que no se presenta las especificaciones de las unidades de mampostería, no se presentan las características geológicas de la zona tal como se exige en el título H.2.2.1. y no se presentan los criterios de diseño sísmico para los elementos no estructurales del tipo instalaciones como se define en el título A.9.6.

Revisión de diseños estructurales: Avalúo de Cargas. Después de revisar los avalúos de cargas utilizados se establece que cumple con la NSR-10 pero se recomienda mostrar el avalúo de la cubierta de máquinas.

Parámetros de diseño sísmico. Se debe presentar un análisis y aclarar el valor utilizado del coeficiente de ausencia por redundancia.

Análisis estructural empleado. El método de análisis utilizado cumple con el reglamento, se presenta el cálculo del periodo máximo permitido y con este se realiza el análisis, sin embargo, en el momento de comparar el periodo obtenido del análisis dinámico con el de FHE, no cumple con A.4.2.3 pero a su vez se presenta una disminución del 10% de la aceleración espectral y no se explica por qué.

Verificación de derivas y desplazamientos. Las derivas y separación entre las dos edificaciones cumplen satisfactoriamente.

Análisis y diseño de los miembros estructurales. Después de analizar los elementos críticos de cada tipo, se concluye que cumple con los requisitos de la NSR-10.

Revisión de diseño sísmico de elementos no estructurales

Se presenta el análisis para diseño sísmico cumpliendo con los requisitos del título A.9

Revisión de estudios geotécnicos El estudio de suelos cumple con el reglamento, pero se debe revisar el diseño por coratnte o punzonamiento de la zapata dado que es el único parámetro que no cumple con los requisitos.

En general se concluye que el diseño de la estructura cumple con los requisitos de la NSR-10 debido a que los aspectos en los cuales presenta deficiencias o falta de análisis no son representativos para la validación del mismo.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta que la guía es un producto académico, esta puede ser usada por estudiantes de la carrera como apoyo para proyectos en los cuales de desee rectificar el cumplimiento de la normativa para edificaciones con características especiales.

Para futuros trabajos de investigación asociados, se recomienda.

Realizar la guía para otros sistemas estructurales y para otros materiales, tales como las estructuras metálicas, mampostería, así como para estructuras de uno y dos pisos reglamentadas por el título E de la NSR-10.

Definir nuevos pasos en la metodología que ayuden a realizar una revisión más eficiente, así como utilizar métodos de análisis inelástico o el de plastificación progresiva para determinar la respuesta real de la estructura y su desempeño.

Se deben aprovechar los avances tecnológicos, por lo cual se podría definir una metodología bajo metodologías BIM como es el caso del Software REVIT que permite interoperabilidad con programas de diseño como ETABS o ROBOT Structural para facilitar la labor del revisor estructural. Con lo cual solo se tendría que revisar que el modelamiento sea adecuado y obtener resultados que le indicarán si la estructura cumple o no con el reglamento.

Extender la guía a la revisión completa de estudios geotécnicos y de elementos no estructurales dado que en el presente documento se realizó de manera general.

9. Referencias

Álvarez, J. (2019, febrero). 50 errores frecuentes en la aplicación de la Resolución 0017.

Noticreto (152), p.42.

Asociación Colombiana de Ingeniería estructural ACIES. (1998). *Procedimiento recomendado para la revisión de diseños estructurales por parte de las Curadurías*. Recuperado de <https://www.aciescolombia.org/docs/conferencias/1998-06-01-AIS-ACIES-Proced-Rev-Disen-Estruct.pdf>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10*. Bogotá, Colombia.

Awad, R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistente (2017).

Resolución número 0017 del 4 de diciembre de 2017 por medio de la cual se actualiza la Resolución 0015 de octubre 15 de 2015 respecto a los procedimientos para fijar el alcance de las labores profesionales y establecer los honorarios mínimos que se utilicen para retribuir las labores mencionadas en el Artículo 42 de la Ley 400 de 1997. Bogotá D.C.

Congreso de Colombia (1997). *Ley 388 de 1997 Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones*. Ibagué.

Congreso de Colombia (2016). *Ley 1796 del 13 de julio de 2016 por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la función pública que ejercen los curadores urbanos, se asignan unas funciones a la superintendencia de notariado y registro y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.

- Congreso de Colombia (1997) *Ley 400 de 1997 por el cual se adoptan normas sobre construcciones Sismo Resistentes*. Bogotá D.C.
- Das, B. & lez, S. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Mexico, D.F: CENGAGE Learning.
- García, L. (2015). Desarrollo de la Normativa Sismo Resistente Colombiana en los 30 años desde su primera expedición. *Revista De Ingeniería* (41), 71-77. DOI:10.16924/riua.v0i41.785
- Gómez, R. (2017). *Aplicación de algoritmos en la revisión estructural como mecanismo de validación de diseño*. (Trabajo de grado especialización, Universidad industrial Santander). Recuperado de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/36469/1/170569.pdf>
- González, G. (2018, agosto). La seguridad en la actividad edificadora en Colombia. *Anales de ingeniería* (942), p.20. Recuperado de <https://sci.org.co/revista-anales-de-ingenieria-edicion-942-ingenieria-para-el-desarrollo/>
- López, J. (2018). Sismo Resistencia - Estructuración y revisión de proyectos por NSR. [Conferencia]. Seminario de licenciamiento urbanístico. Bogotá D.C.
- McCormac, J., Russell, H. & Juárez, R. (2011). *Diseño de concreto reforzado*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2015). *Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*. Bogotá D.C
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio (2017). *Resolución 0463 del 13 de julio de 2017 por medio del cual se adopta el Formulario Único Nacional para la solicitud de licencias urbanísticas y el reconocimiento de edificaciones y otros documentos*. Bogotá D.C.

- Ochoa, R. (2018, agosto). ¿Por qué los ingenieros debemos hacer las cosas bien? *Anales de ingeniería* (942), p.80. Recuperado de <https://sci.org.co/revista-anales-de-ingenieria-edicion-942-ingenieria-para-el-desarrollo/>
- Presidencia de la República (1984). *Decreto 1400 del 07 de junio de 1984 por el cual se adopta el Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes*. Bogotá D.C.
- Presidencia de la República (2010). *Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismorresistentes NSR-10*. Bogotá D.C.
- Presidencia de la República (2017). *Decreto 945 del 05 de junio de 2017 por el cual se modifica parcialmente el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR -10*. Bogotá D.C: Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.
- SEAOC (1995), *Performance based seismic engineering of buildings*, Vision 2000 Committee.
- Sociedad Colombiana de Ingenieros SCI (2019). *Se investigarán 200 edificios por posibles problemas estructurales: SCI*. Recuperado de: <https://sci.org.co/se-investigaran-200-edificios-por-posibles-problemas-estructurales-sci/>
- Segura, J. (2011). *Estructuras de concreto I*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Universidad de los Andes (2014, octubre). Caso de estudio del edificio Space. *Contacto* (09), p.06. Recuperado de <https://revistacontacto.uniandes.edu.co/contacto/?mz=12>

Anexos

Anexo 1: GUÍA DE ETABS PARA EL MODELAMIENTO Y ANÁLISIS DINÁMICO
ESPECTRAL DE PORTICOS DE CONCRETO SEGÚN LA NSR-10

Anexo 2: INFORME DE REVISIÓN ESTRUCTURAL CENTRO DÍA FUNZA

ANEXO 1

GUÍA DE ETABS PARA EL MODELAMIENTO Y
ANÁLISIS DINÁMICO ESPECTRAL DE PORTICOS
DE CONCRETO SEGÚN LA NSR-10

Oscar Mauricio Quintero Sierra
Alejandro Silva Moscoso

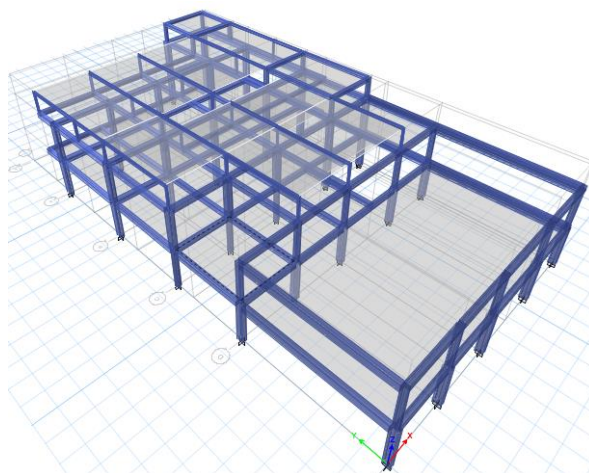
Universidad Santo Tomás
Bogotá 2020

Tabla de contenido

<u>1. Características del proyecto.</u>	2
<u>2. Modelamiento de la estructura en ETABS.</u>	3
<u>2.1 Establecer unidades y normativas iniciales.</u>	3
<u>2.2 Establecer grilla de coordenadas (Grid Lines).</u>	3
<u>2.3 Configurar unidades.</u>	5
<u>2.4 Definir Materiales (Concreto, acero, otro).</u>	6
<u>2.5 Definir secciones de concreto y acero</u>	7
<u>2.6 Definir elementos de área para las losas de entrepiso.</u>	11
<u>2.7 Dibujar el modelo estructural.</u>	11
<u>2.8 Dividir losas para establecer para modelaje de elementos finitos. (Mesh Shells).</u>	13
<u>2.9 Establecer Restraints y Diaphragm</u>	13
<u>3. Definición y asignación de cargas gravitacionales y fuerzas sísmicas.</u>	15
<u>3.1 Establecer casos de cargas. (D, L, SD)</u>	15
<u>3.2 Asignar Cargas a vigas y losas según los casos preestablecidos.</u>	16
<u>3.3 Definir Espectro de Diseño</u>	17
<u>3.4 Definir Casos Sísmicos (SX, SY).</u>	18
<u>3.5 Establecer las combinaciones de carga para el análisis.</u>	20
<u>4. Análisis sísmico</u>	21
<u>4.1 Correr el análisis de la estructura.</u>	21
<u>4.2 Verificar cumplimiento de Masas Participativas.</u>	22
<u>4.3 Verificar que el cortante basal y los periodos cumplan con la normativa.</u>	23
<u>5. Resultados</u>	24
<u>5.1 Diagramas de fuerzas.</u>	24
<u>5.2 Derivas y desplazamientos.</u>	25
<u>5.3 Reacciones.</u>	27
<u>5.4 Corte de piso.</u>	27
<u>5.5 Diseño de elementos de concreto reforzado.</u>	28
<u>5.6 Crear reportes para impresión.</u>	31

1. Características del proyecto.

Se deben definir las características de la estructura que se pretende modelar, para ello es necesario contar con los planos arquitectónicos y estructurales que nos permiten conocer la geometría, las especificaciones de los materiales, las cargas que se van a utilizar, además de los parámetros para la definición de la respuesta sísmica. Para el desarrollo de la guía, se utilizará la siguiente estructura, cuyas especificaciones se muestran en la tabla.

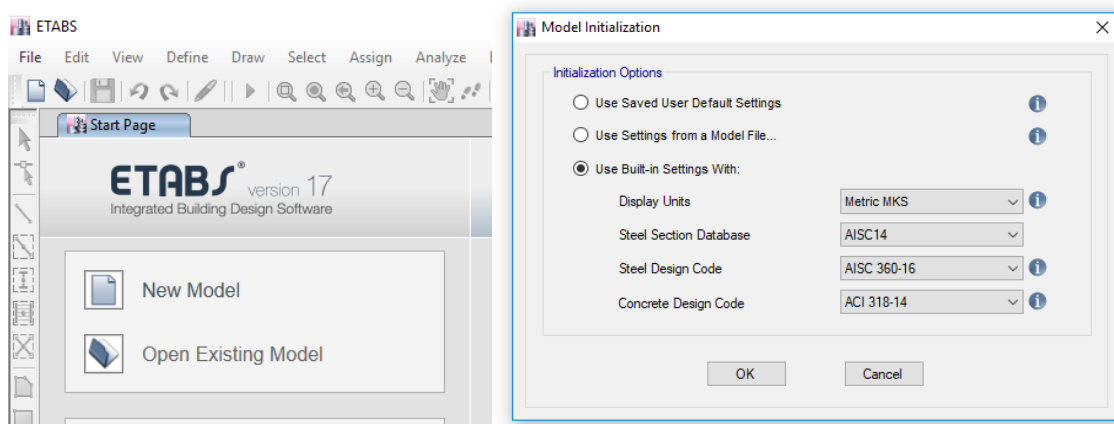


Ítem	Descripción
Sistema estructural:	La estructura está compuesta por pórticos de concreto reforzado, losas de entrepiso con viguetas descolgadas y cubiertas livianas.
Materiales:	Elementos estructurales: Concreto de 210 kg/cm ² Acero de refuerzo: 4200 kg/cm ² Mallas electro soldadas: 4900kg/cm ² Perfiles metálicos: ASTM 500
Cargas:	Cargas vivas Ocupación o uso: 0,50 ton/m ² Mínimas en cubiertas: 0,05 ton/m ² Granizo: 0,10 ton/m ² Viento: 0,04 ton/m ² Cargas muertas Acabados: 0,11 ton/m ² Cielo raso (instalaciones): 0,08 ton/m ² Fachadas y particiones: 0,25 ton/m ²
Datos sísmicos:	Zona de amenaza sísmica: Intermedia Aceleración pico efectiva $A_a = 0,15$ Velocidad pico efectiva $A_v = 0,20$ Coeficiente de amplificación $F_a = 2,10$ Coeficiente de amplificación $F_v = 3,20$ Grupo de uso: Grupo II, Coeficiente de Importancia: 1,1 Tipo de Suelo: E

2. Modelamiento de la estructura en ETABS.

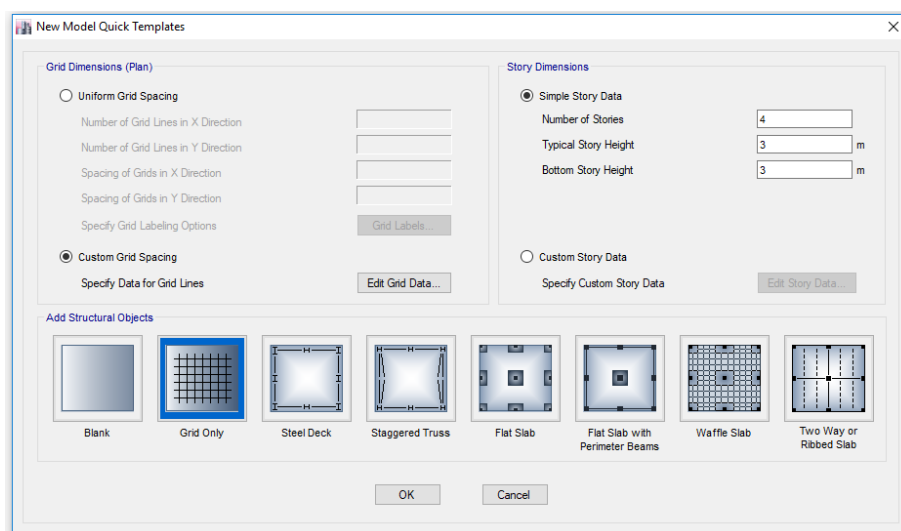
2.1 Establecer unidades y normativas iniciales.

Al abrir el software, aparece la ventana principal del programa, ir a **New Model** para empezar de cero el modelamiento de la estructura. Definir el sistema de unidades a emplear y de igual manera las normativas a tener en cuenta, el programa por defecto ya tiene incorporadas algunas normas. Para ello se selecciona la opción Use **Built-in Settings With** para habilitar las demás opciones desplegables y poder modificarlas; posterior a definir las normativas y el sistema de unidades dar click en OK.



2.2 Establecer grilla de coordenadas (Grid Lines)

Aparece una ventana auxiliar para definir el tamaño de la grilla a trabajar; si la estructura posee la misma geometría en todos sus niveles utilizar la primera opción **Uniform Gird Spacing**, de lo contrario seleccionar la opción **Custom Gird Spacing** y dar click en **Edit Gird Data**.



En **Edit grid data** aparece la siguiente ventana auxiliar donde se definirá el número de ejes en “x” y en el eje “y” de la estructura y de igual manera el espaciamiento. Al seleccionar la opción **Display grid data as ordinates**, las distancias que coloca de separación entre ejes son distancias acumuladas, mientras que la otra opción son distancia entre ejes. En esta ventana se puede definir la nomenclatura de las abscisas y las ordenadas en números o letras.

Grid System Data

Grid System Name:

System Origin:
Global X: m
Global Y: m
Rotation: deg

Story Range Option:
☐ Default
☐ User Specified
Top Story:
Bottom Story:

Click to Modify/Show:

Options:
Bubble Size: mm
Grid Color:

Rectangular Grids:
☒ Display Grid Data as Ordinates
☐ Display Grid Data as Spacing

X Grid Data

Grid ID	X Ordinate (m)	Visible	Bubble Loc
A	0	Yes	End
B	6	Yes	End
C	12	Yes	End
D	18	Yes	End

Y Grid Data

Grid ID	Y Ordinate (m)	Visible	Bubble Loc
1	0	Yes	Start
2	6	Yes	Start
3	12	Yes	Start
4	18	Yes	Start

Buttons: Add, Delete, Sort, OK, Cancel

Después de definir la grilla, se regresa al menú anterior en donde se definirá el número de pisos de la estructura. La opción de **Simple story data** es para una edificación cuya altura entre pisos es la misma, mientras que la opción **Custom story data** es para definir la altura entre cada piso; al seleccionar la segunda opción, se activa la opción de **Edit story data** en donde se procede a definir los niveles de la estructura. En **Edit story data**, aparece el siguiente cuadro auxiliar, en donde se definirá el número de niveles y las alturas entre estos. Después de diligenciar el cuadro dar ok.

Story Data

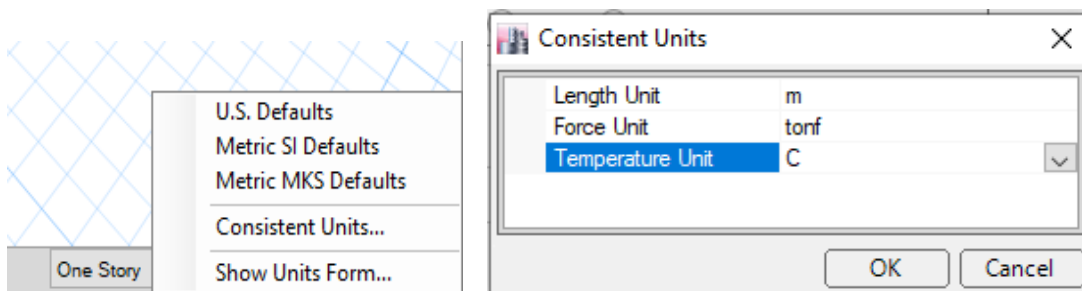
Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Story3	2.12	10.12	Yes	None	No	0	
Story2	4.05	8	No	Story3	No	0	
Story1	3.95	3.95	No	Story3	No	0	
Base		0					

Note: Right Click on Grid for Options

Buttons: OK, Cancel

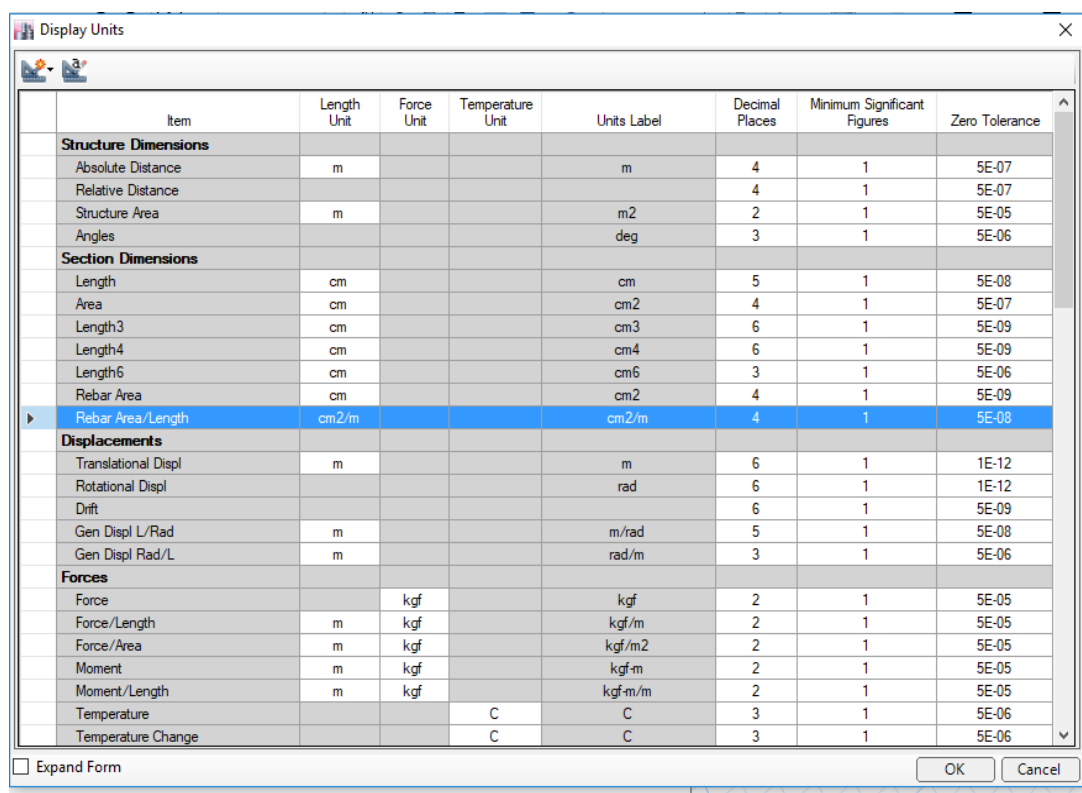
2.3 Configurar unidades

Para modificar las unidades se dirige a la parte inferior derecha de la pantalla a la opción **Unit**, y selecciona la opción **Consistent unit**, Se modifican las unidades a las que se desea trabajar y se da click en **OK**.



Para especificar con mayor detalle las unidades que se van a trabajar en el modelamiento se selecciona la opción **Show units form**. Aparece el siguiente cuadro auxiliar y se modifican las unidades que se requieran, también se puede modificar la cantidad de decimales que se quieren trabajar en la opción **Decimal places**.

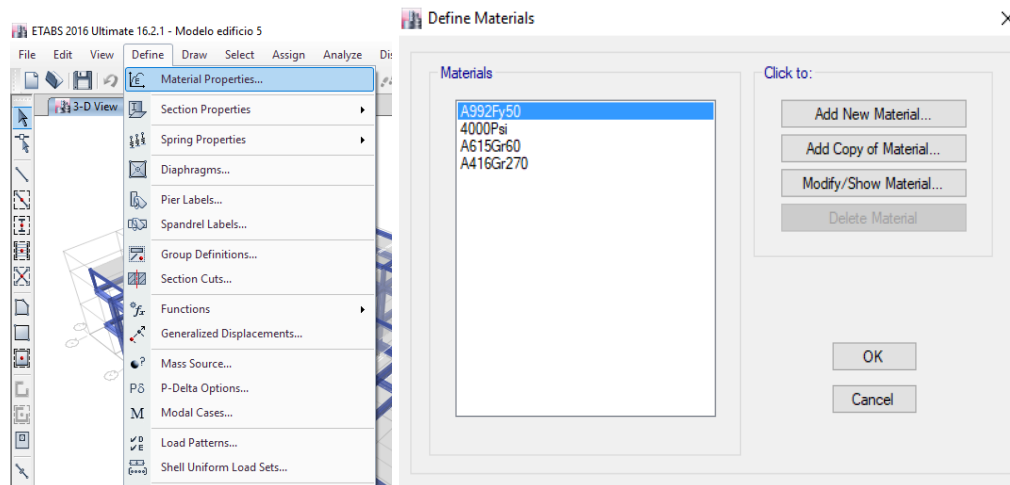
En esta ventana se pueden definir las unidades con las que se desean obtener los resultados y con las que se va a trabajar durante el modelo, tales como áreas, dimensiones, fuerzas y esfuerzos, desplazamientos.



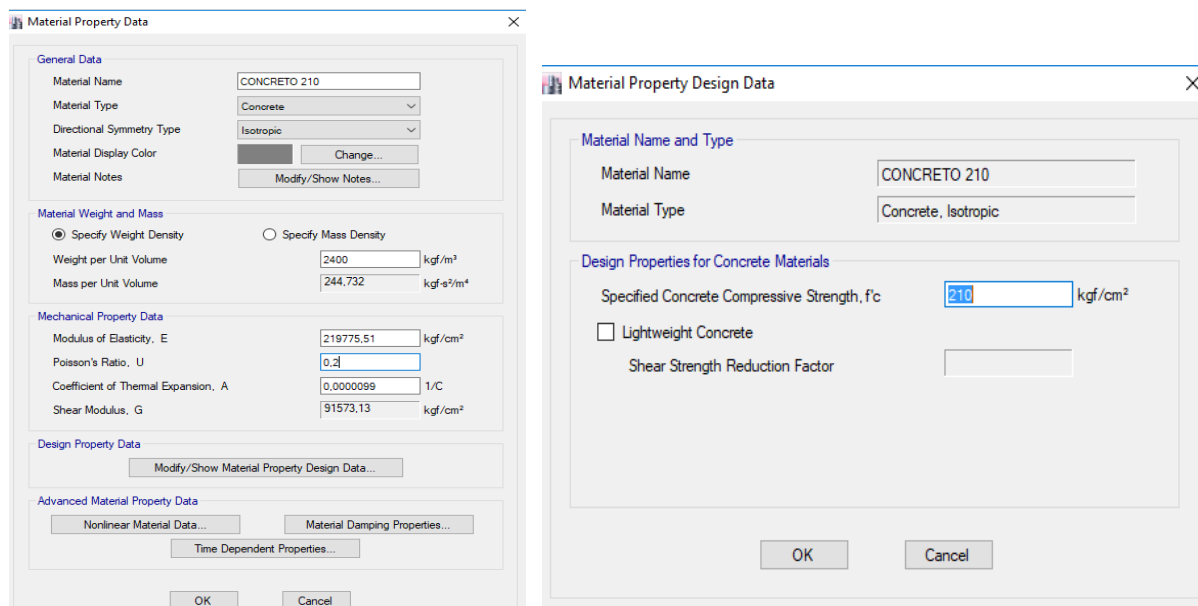
2.4 Definir Materiales (Concreto, acero, otro)

Para definir los materiales, se selecciona la opción **Define** de la barra principal de herramientas del programa en la parte superior, ahí se selecciona la opción **Material properties**.

Automáticamente el programa trae los materiales más comunes a utilizar y que por defecto están definidos en el software. Estos materiales pueden ser usados o ser modificados para las especificaciones que se requieran en el proyecto.

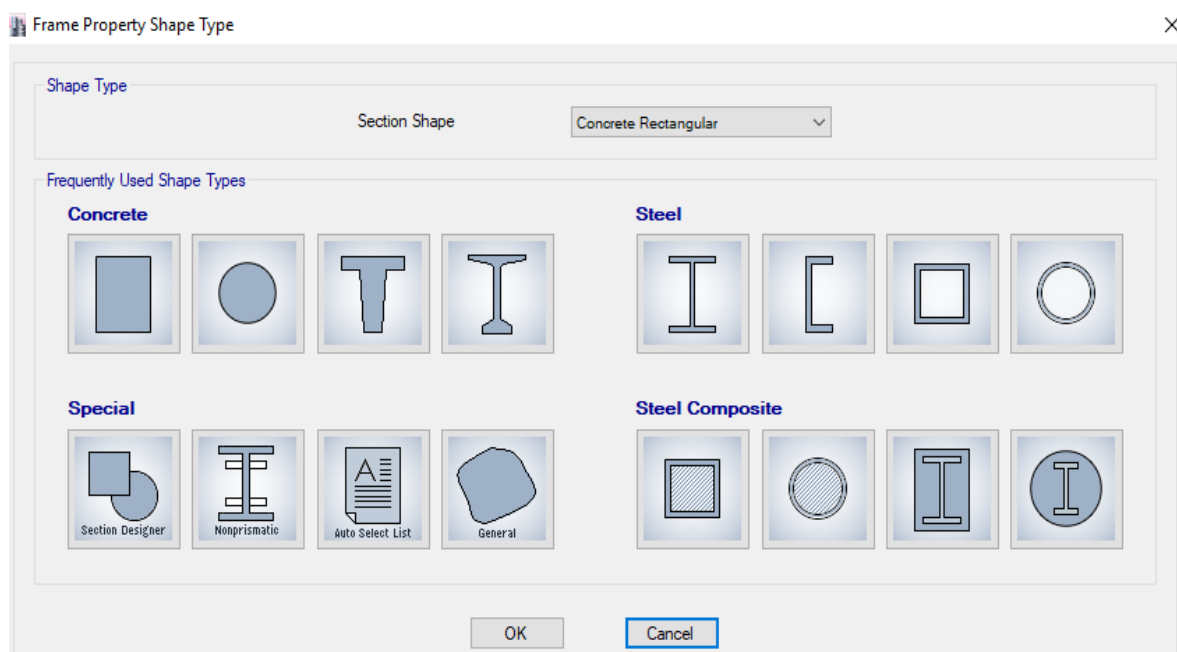
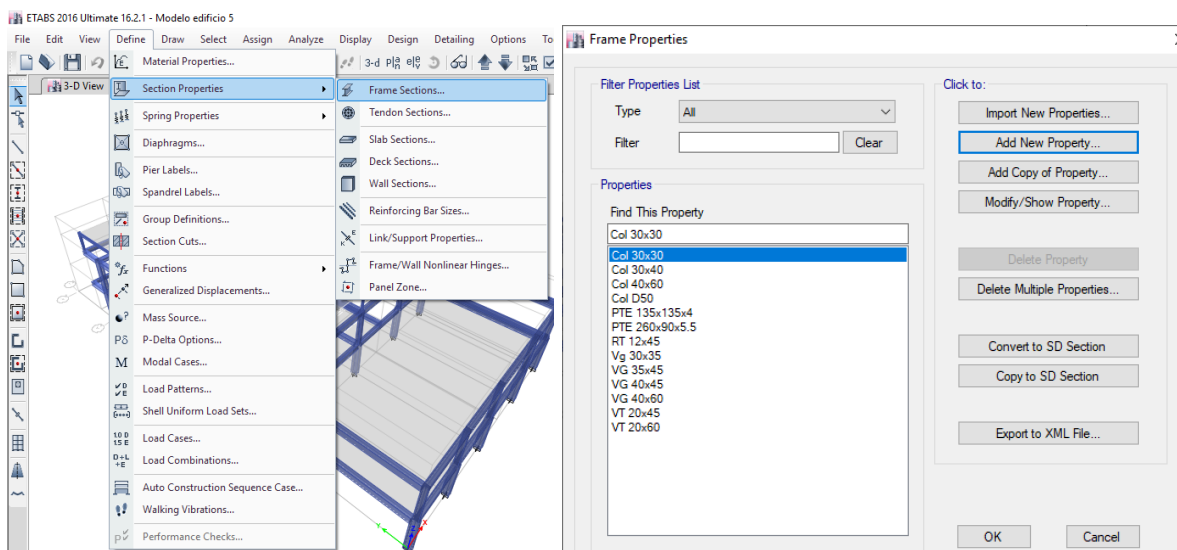


Se puede modificar un material de los predefinidos en **Modify/Show Material** o añadir materiales en **Add New Material**. Se especifican las propiedades del material tales como la resistencia del material, el peso específico, entre otros. En la opción **Modify/Show Material Property Design Data** se definen las características del material, se debe realizar el mismo procedimiento para todos los materiales que se utilicen en el proyecto.



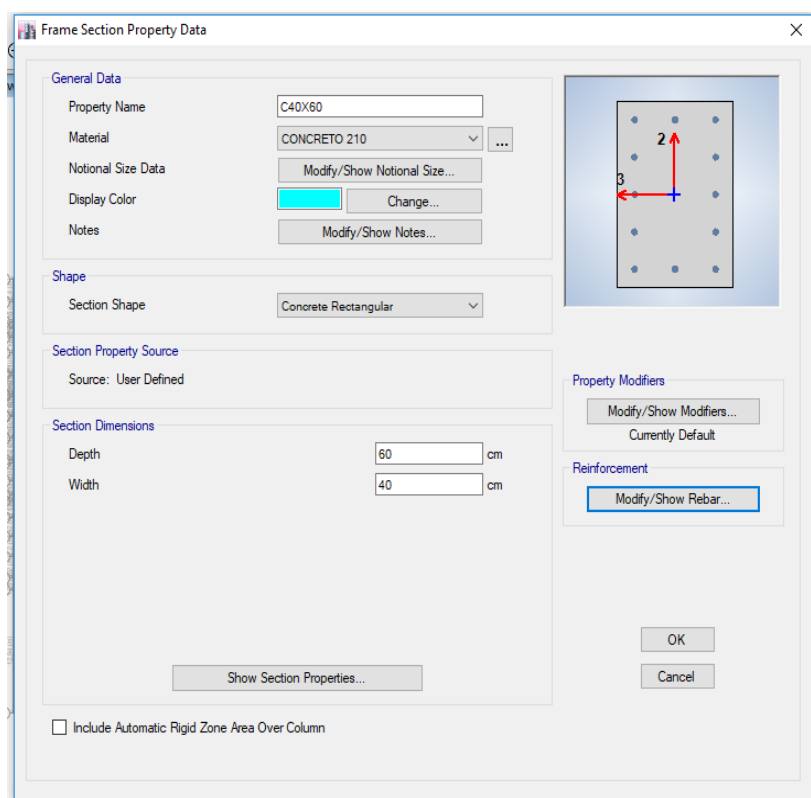
2.5 Definir secciones de concreto y acero

En el menú **Define**, luego en **Section property** y finalmente en **Frame section**, se agregan las secciones de la estructura, en la opción **Add New Property** aparece la siguiente ventana, en la cual se define el tipo de sección del elemento. Si lo que se desea es visualizar o modificar una sección ya creada, se selecciona **Modify/Show Property**.

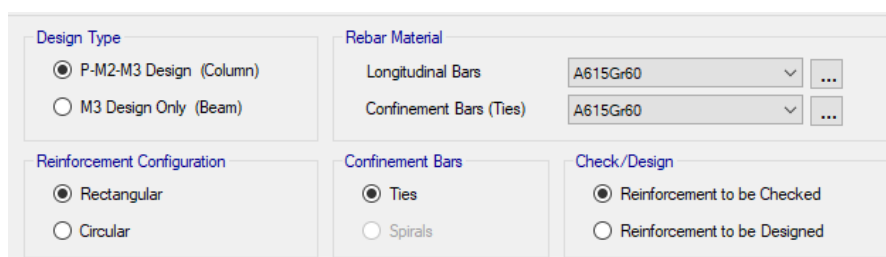


Al seleccionar el tipo de forma, aparece la ventana **Frame Section Property Data**, primero se asigna el nombre del elemento y el material, posteriormente se define la sección del elemento en la opción **Section dimensions**.

En la parte superior derecha de la venta aparece el gráfico del elemento que se está definiendo para rectificar que la sección sea la solicitada. Después se modifica la acción del refuerzo del elemento en la opción **Modify/show rebar**.



Para elementos tipo columna, en la opción **Modify/show rebar** aparece una ventana auxiliar para establecer las condiciones del refuerzo. en **Design type**, se selecciona la opción de fuerzas a flexo compresión **P-M2-M3-design (column)** para diseñar el elemento como columna, también se define la configuración del refuerzo si es rectangular o circular en la opción **Reinforcement configuration**, el confinamiento de las barras si es por estribos (**ties**) o espirales (**spirals**). El programa ofrece dos opciones de análisis, ya sea para diseñar los elementos, o en dado caso que ya se tengan los aceros de refuerzo para chequear que cumplan.



Se definen las condiciones del refuerzo longitudinal, como el recubrimiento, el número de barras en el eje "x" y "y", el área de las barras de refuerzo en las caras y en las esquinas, así como para

el refuerzo transversal de confinamiento, el área de la barra del estribo, el espaciamiento de los estribos y el número de barras transversales de cada estribo.

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars cm

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face

Longitudinal Bar Size and Area User cm²

Corner Bar Size and Area User cm²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area User cm²

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis) cm

Number of Confinement Bars in 3-dir

Number of Confinement Bars in 2-dir

Al definir el área de las barras, el programa trae predefinidos diferentes valores a las definidas en la NSR-10, para configurar las barras comunes se realiza el siguiente procedimiento.

Reinforcing Bar Sizes

Current Bar Set

Bar ID	Bar Area (m2)	Bar Diameter (m)
25	0,0005	0,025
26	0,0005	0,026
28	0,0006	0,028
32	0,0008	0,032
36	0,001	0,036
40	0,0013	0,04
50	0,002	0,05

Click To:

Clear All Bars

Sort Bars By ID

Add Common Bar Set...

OK

Cancel

Select Common Rebar Set

Select

- U.S. Customary
- SI
- Canadian
- U.S. Soft Metric
- Australian

OK

Cancel

Reinforcing Bar Sizes

Current Bar Set

Bar ID	Bar Area (m2)	Bar Diameter (m)
#3	0,0001	0,00953
#4	0,0001	0,0127
#5	0,0002	0,01588
#6	0,0003	0,01905
#7	0,0004	0,02223
#8	0,0005	0,0254
#9	0,0006	0,02865
#10	0,0008	0,03226
#11	0,001	0,03581

Click To:

Clear All Bars

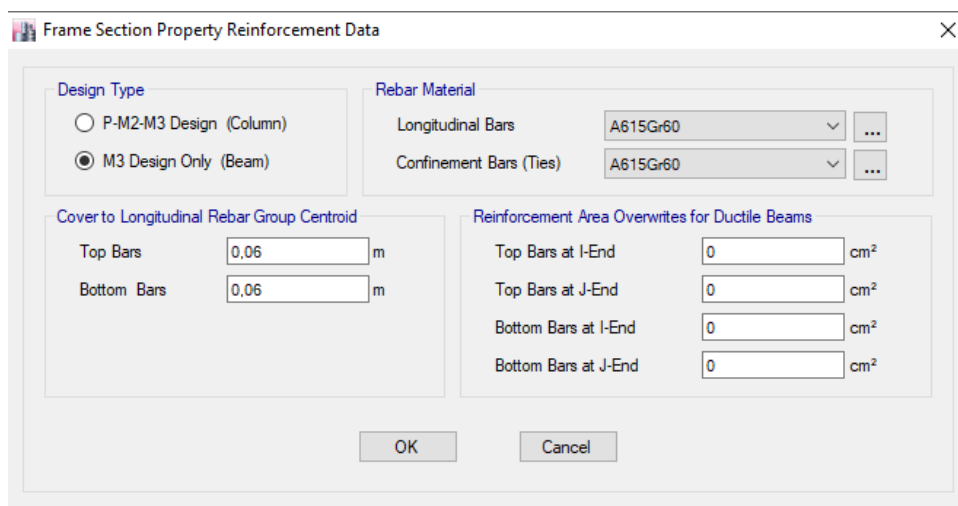
Sort Bars By ID

Add Common Bar Set...

OK

Cancel

Finalmente seleccionar el botón Ok para crear la nueva sección, este proceso se debe repetir cuantas veces sea necesario para crear todas las secciones de columnas de la edificación. Para definir las vigas, se sigue el mismo procedimiento, a diferencia que en **Modify/show rebar** donde se establecen las condiciones del refuerzo. en **Design type**, se selecciona la opción de fuerzas a flexión **M3 Design Only (Beam)** para diseñar el elemento como viga, además de esto se define el recubrimiento y si se desea el refuerzo longitudinal utilizado. De la misma manera, se repite para definir la totalidad de las secciones.



Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: A615Gr60

Confinement Bars (Ties): A615Gr60

Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid

Top Bars: 0,06 m

Bottom Bars: 0,06 m

Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams

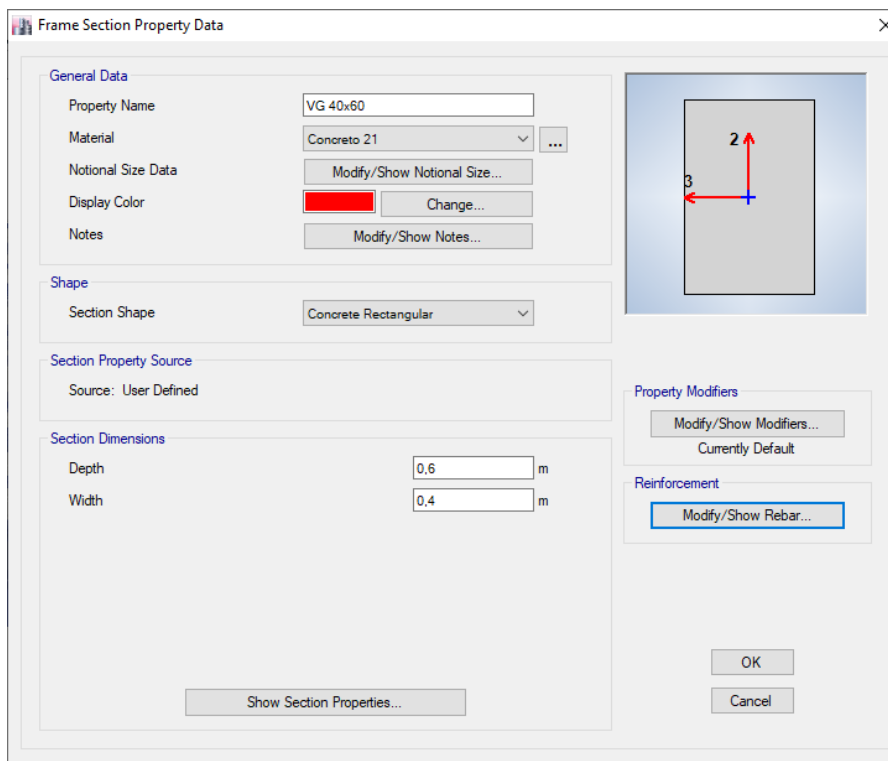
Top Bars at I-End: 0 cm²

Top Bars at J-End: 0 cm²

Bottom Bars at I-End: 0 cm²

Bottom Bars at J-End: 0 cm²

OK Cancel



Frame Section Property Data

General Data

Property Name: VG 40x60

Material: Concreto 21

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0,6 m

Width: 0,4 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

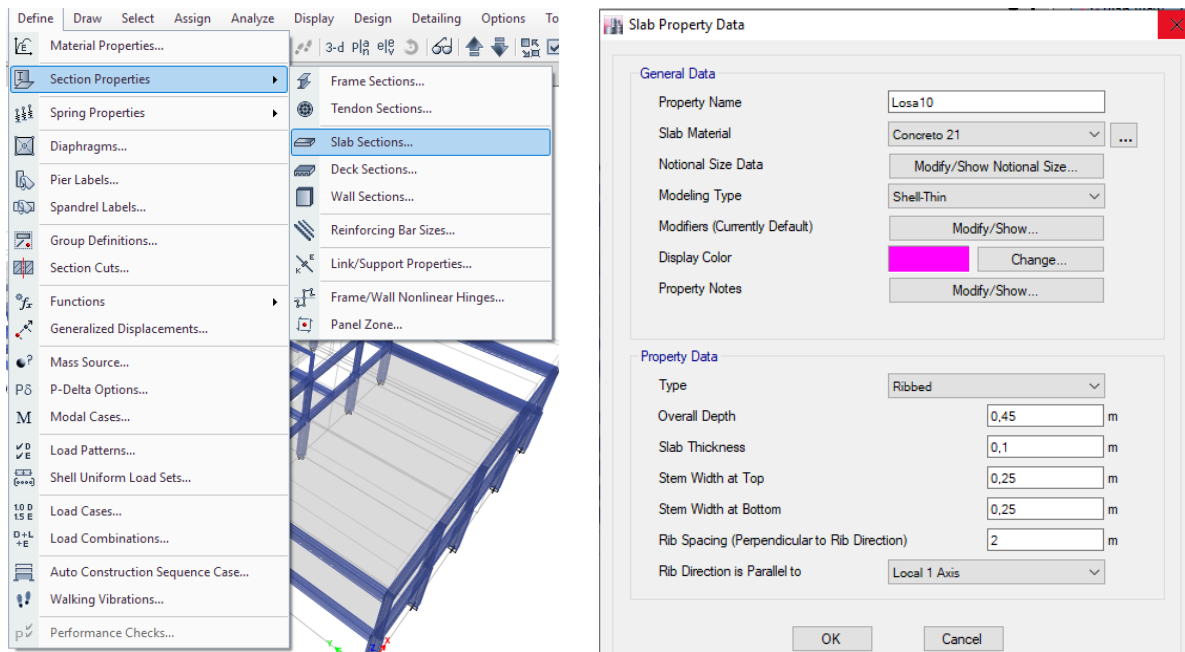
Show Section Properties...

OK Cancel

2.6 Definir elementos de área para las losas de entrepiso.

Para ello en la opción **Define, Section property** y finalmente la opción **Slab properties**. Al seleccionar la opción de **Slab properties**, se procede a diseñar las losas de entrepisos requeridas en la edificación, para ello se va a la opción **Add new property** para definir sus propiedades. Se pueden definir secciones tipo **Shell Thin, Shell Thick, Membrane o Layered** las cuales tienen características diferentes y debe conocerse cual se acomoda al modelo que se va a diseñar, en **Property Data** se puede seleccionar el tipo de losa, ya sea nervada **Ribbed**, nervada en dos sentidos **Waffle**, losa maciza **Slab** o capiteles **Drop**.

La sección tipo Shell se deforma en su plano y fuera de él, además se vincula a las vigas monolíticamente, es decir induce fuerzas a los elementos, mientras que el tipo **Membrane** solo se deforman en su plano.

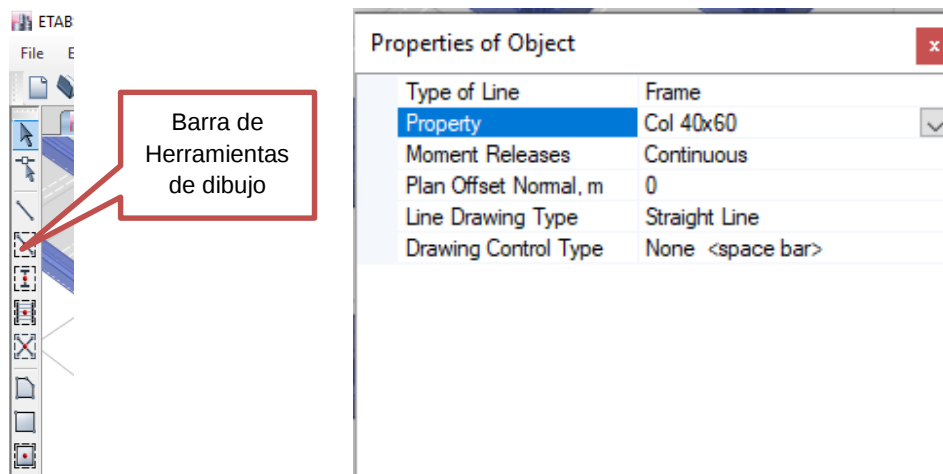


2.7 Dibujar el modelo estructural

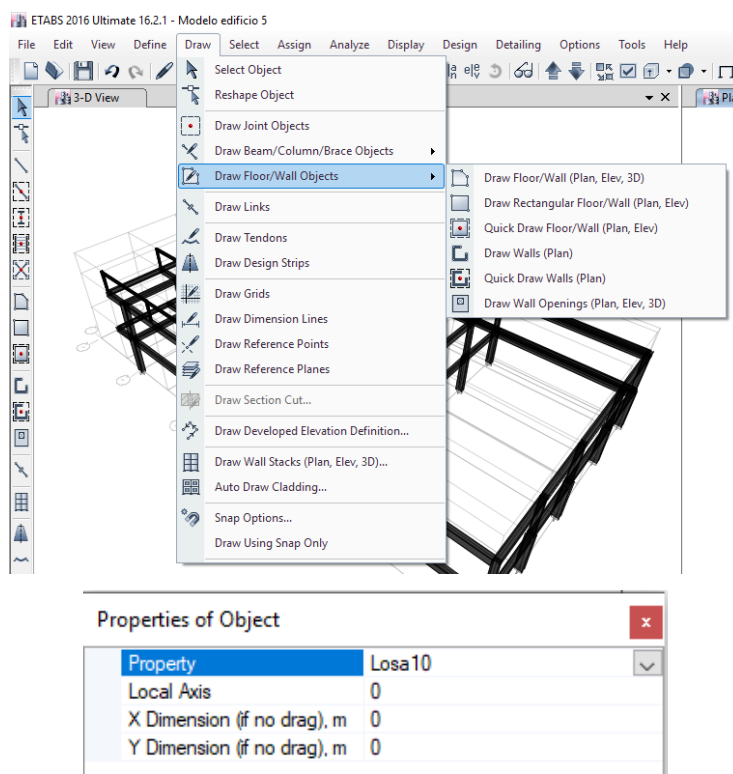
Para dibujar los elementos previamente definidos, existen diferentes maneras, las cuales se observan en la barra de herramientas de dibujo, se recomienda dibujar primero columnas, después vigas y viguetas en el caso de dibujarlas por separado y por último las losas de entrepiso.

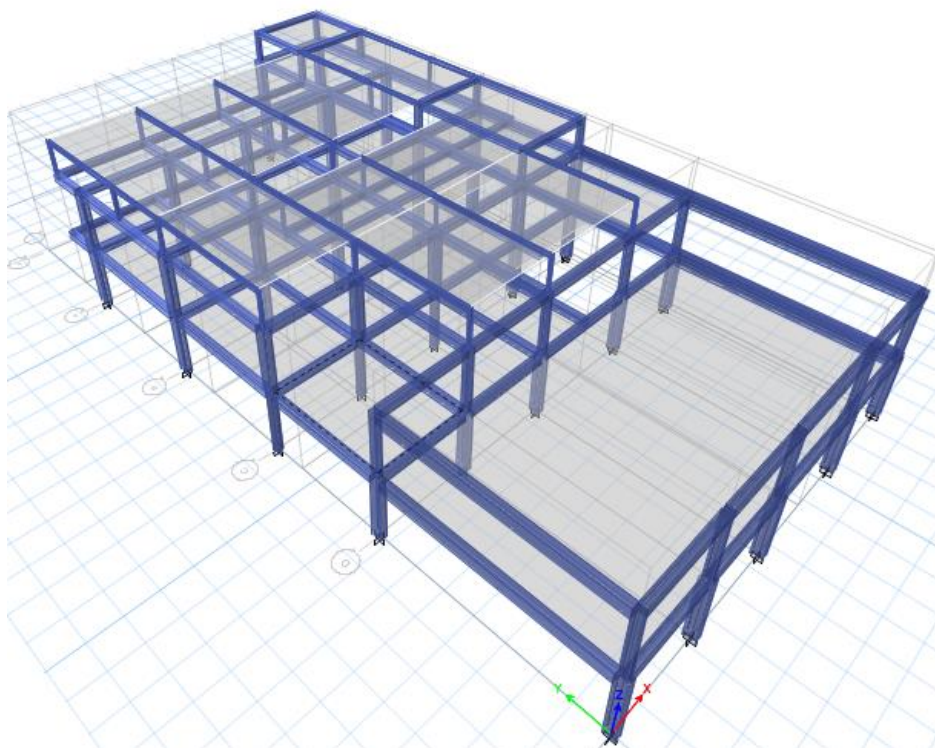
Para dibujar las vigas y columnas en la barra de herramientas se puede hacer un dibujo rápido **Quick Draw**, o a partir de los nodos en **Draw**, al seleccionar cualquiera de las opciones, aparece la ventana en la cual se establece la sección del elemento que se va a dibujar, y después se realiza

el dibujo del elemento, este procedimiento se repite para la totalidad de los elementos de tipo frame.



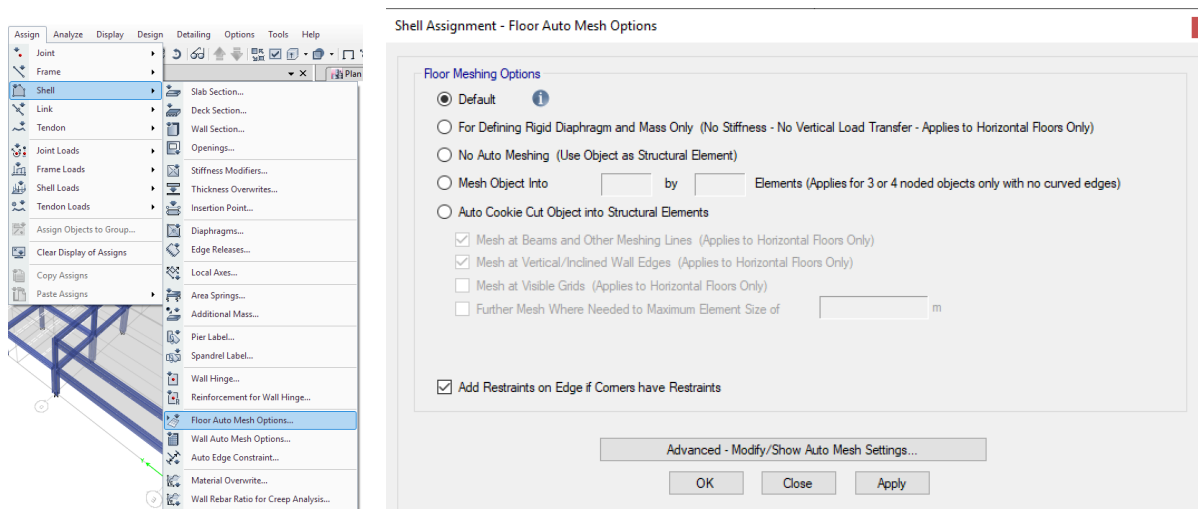
Por último, se procede a dibujar el elemento tipo área para los entre pisos y cubiertas; otra manera de dibujar los elementos es siguiendo la ruta descrita en la siguiente imagen en este caso se selecciona **Draw Floor/Wall Objects** y de la misma manera se puede seleccionar **Draw** para dibujar a partir de los nodos que componen el área o **Quick Draw** en donde se selecciona un punto entre el área que forma la parte de la losa, aparece la ventana en la que se define el tipo de sección y se dibuja el elemento tipo área.





2.8 Dividir losas para establecer para modelaje de elementos finitos. (Mesh Shells).

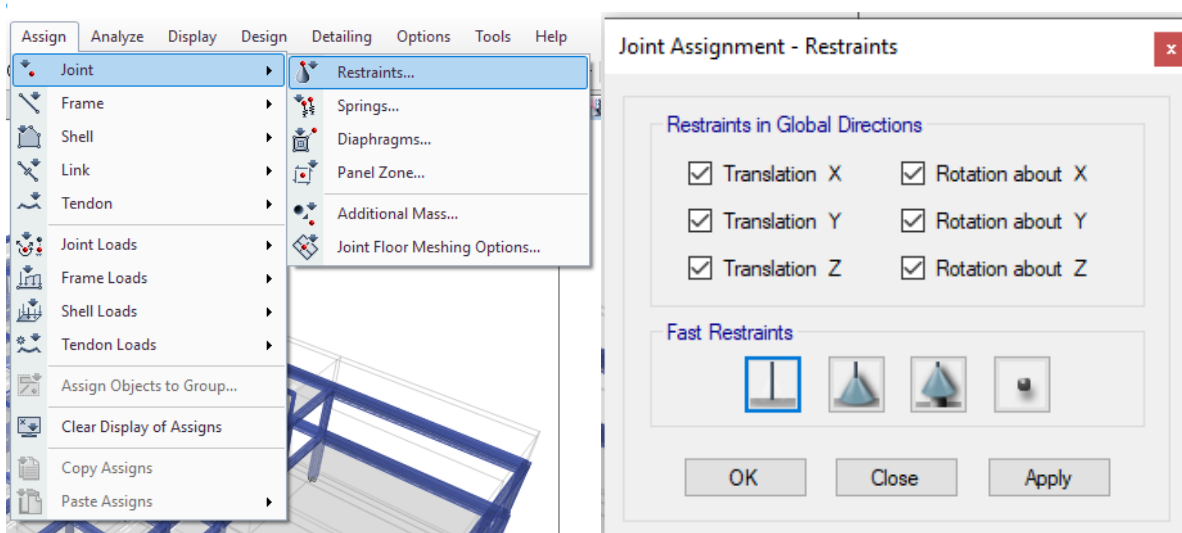
Para obtener los resultados de una manera más aproximada, se realiza por elementos finitos para discretizar las losas se selecciona **Assign/Shell/Floor Auto Mesh Options**. En el cuadro de dialogo se asigna el tipo de malla que se va a definir para el análisis se puede dejar la opción predefinida, asignar un mallado automático o definir las distancias para las mallas.



2.9 Establecer Restraints y Diaphragm

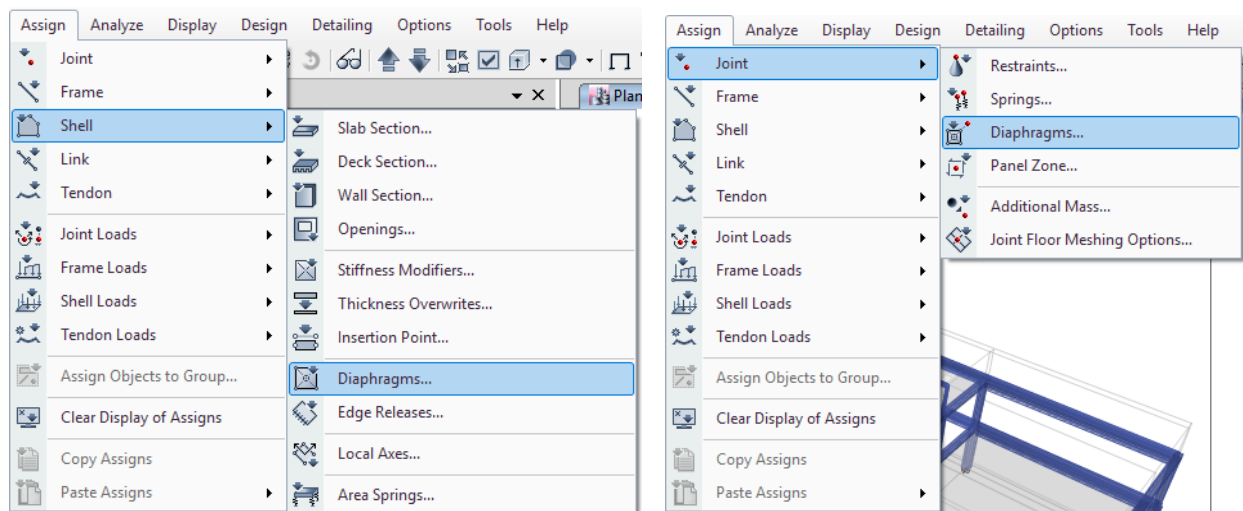
Se debe asignar el tipo de apoyos de la edificación debido a que el programa por defecto define apoyos simples, para ello se seleccionan los nodos en los cuales se van a establecer los apoyos,

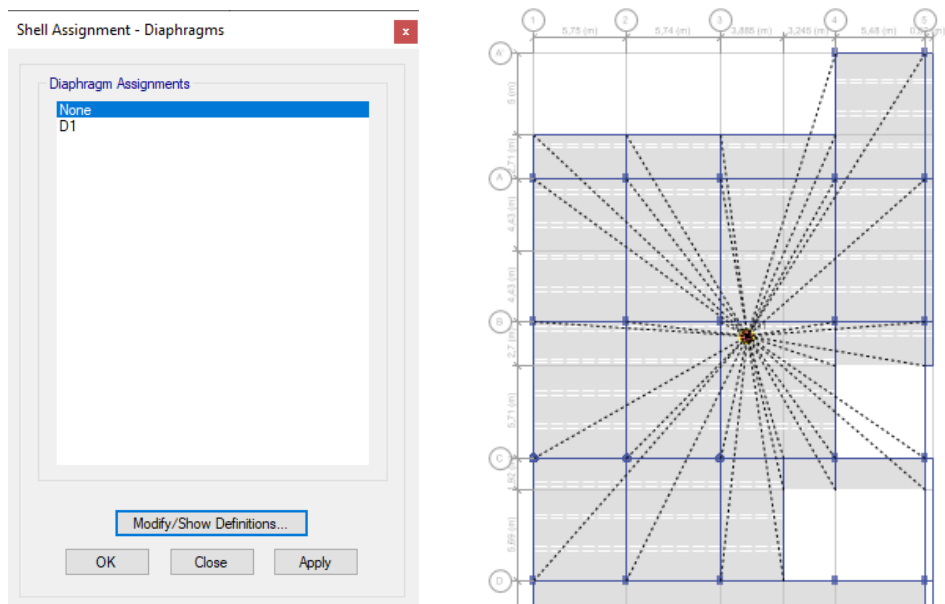
seguir la ruta **Assign/Joint/Restraints** y en el cuadro de dialogo que se muestra, seleccionar el tipo de apoyo o las restricciones que este lleva y aplicar.



Por último, se deben asignar los diafragmas rígidos o semirrígidos para los entrepisos los cuales se usan debido a que generan un nodo general que controla los desplazamientos debidos a las cargas sísmicas.

Para asignar un diafragma se puede realizar de dos formas, la primera de ellas definirlo para las áreas de las losas **Assign/Shell/Diaphragms** o para los nodos que componen el entrepiso **Assign/Joint/Diaphragms**. En ambos casos se muestra la ventana para asignar el tipo de diafragma y sus propiedades.

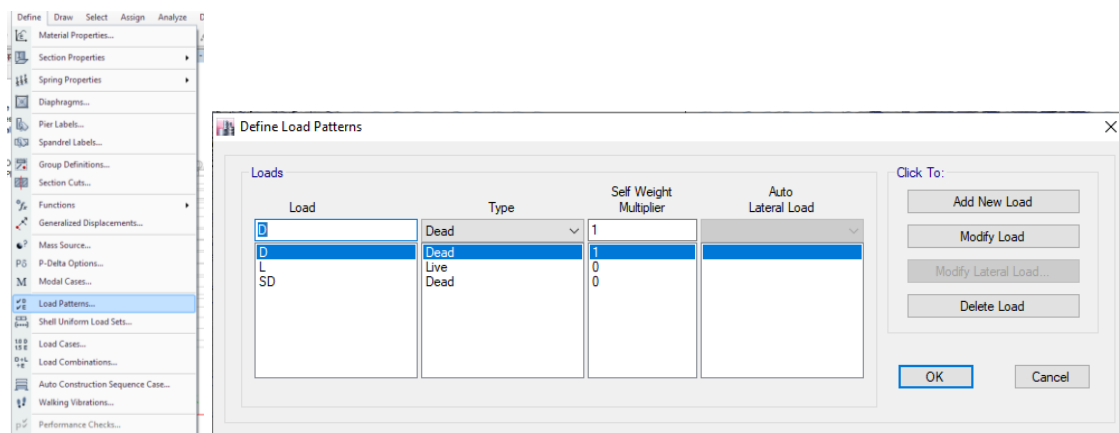




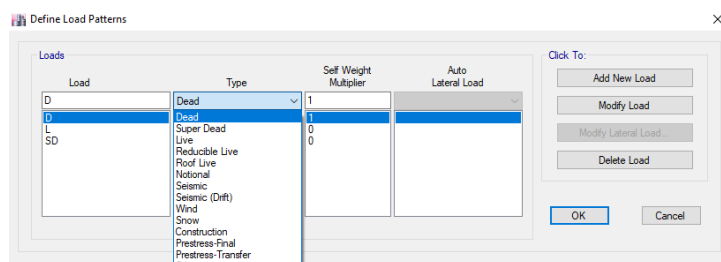
3. Definición y asignación de cargas gravitacionales y fuerzas sísmicas.

3.1 Establecer casos de cargas. (D, L, SD)

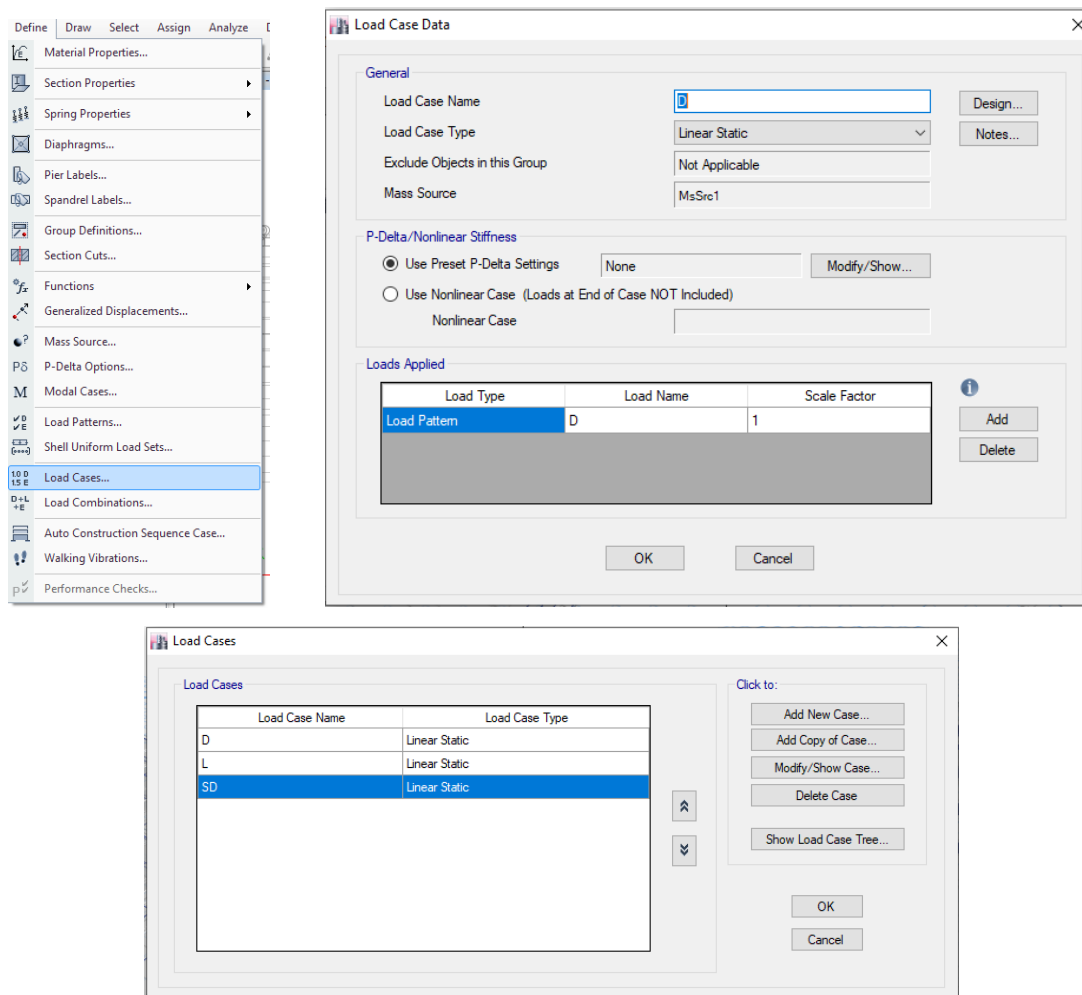
Se definen los casos de carga que se tendrán en cuenta en la estructura al momento de analizarla; para ello se dirige a la opción **Define** y **Load patterns**. Y se añaden o modifican los casos de acuerdo con el proyecto, se definen los casos de carga muerta, viva y sobrepuesta.



En tal caso que la opción de carga se desee crear, se inserta el nombre de la carga en la sección **Load**, se selecciona la opción de la carga en **Type** y finalmente se da la opción **Add new load**.



Posterior a definir los tipos de carga, se procede a definir los casos de carga, para ello se dirige a la opción **Define** y **Load cases**. Estando en la opción de **Load cases**, se cambian los nombres de las cargas al nombre de las cuales definimos en los **Load patterns**; para ello seleccionamos el caso de carga y le damos la opción de **Modify/show case**.



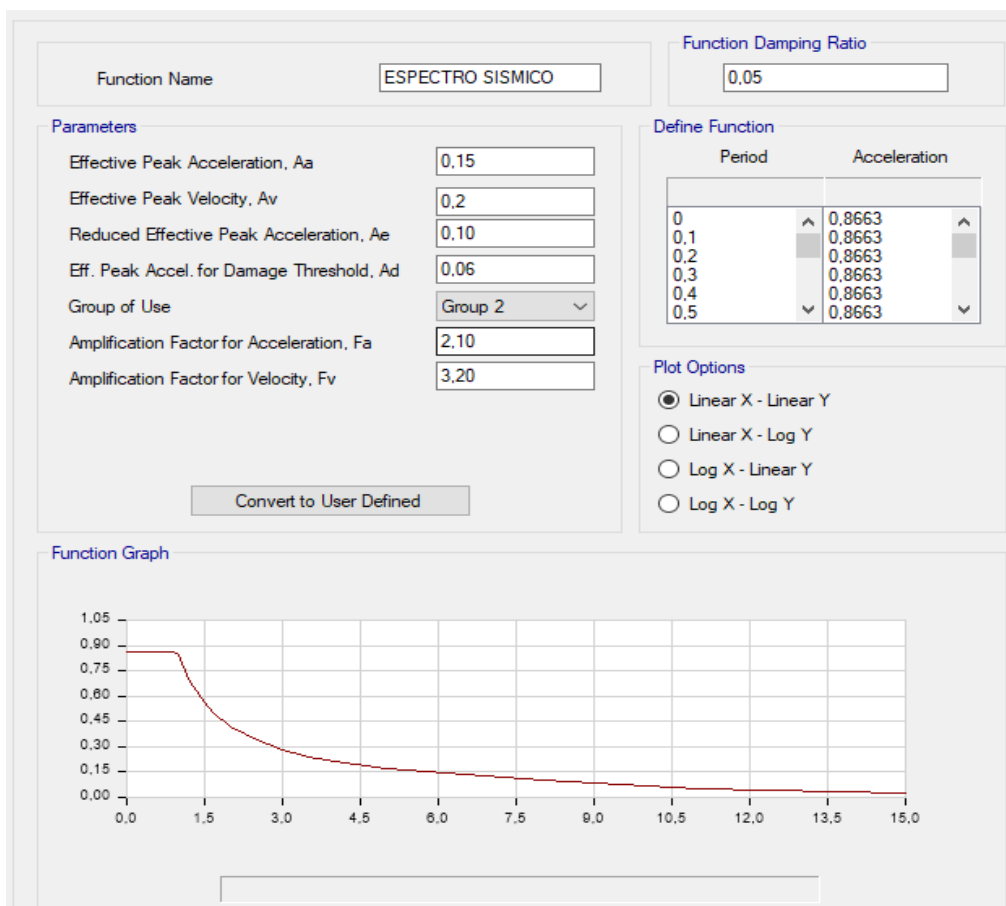
3.2 Asignar Cargas a vigas y losas según los casos preestablecidos.

Se deben asignar las cargas que correspondan a cada elemento, en el caso de poseer cargas puntuales, distribuidas en elementos o en losas, todas se deben asignar y para los casos de carga establecidos. Para asignar cargas a losas se sigue **Assign/Shell Load/Uniform**

Para cargas distribuidas en elementos **Assign/Frame Loads/Distributed** y para cargas puntuales **Assign/Joint Loads/Forces**

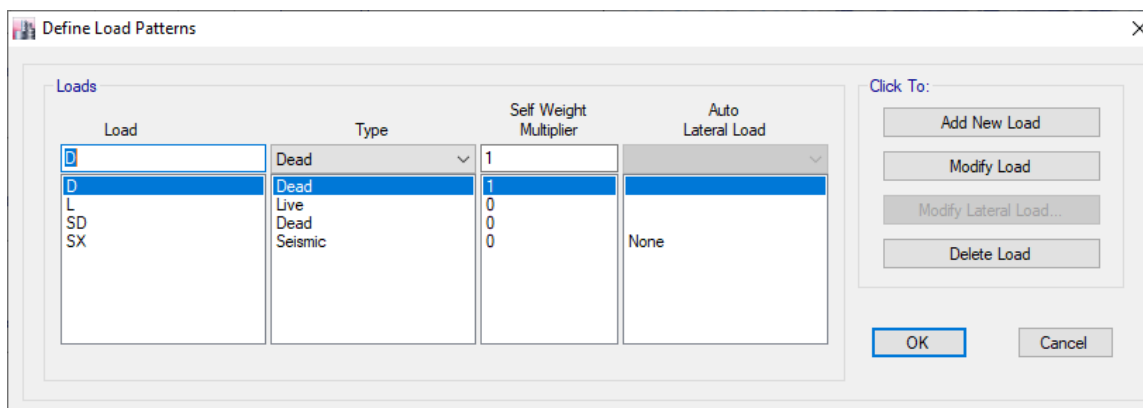
Para asignarlas primero se selecciona el elemento, nodo o área, se sigue la correspondiente ruta, y cuando aparece el cuadro de dialogo de cargas, se establece el caso, la carga, la dirección de la carga y se aplica.

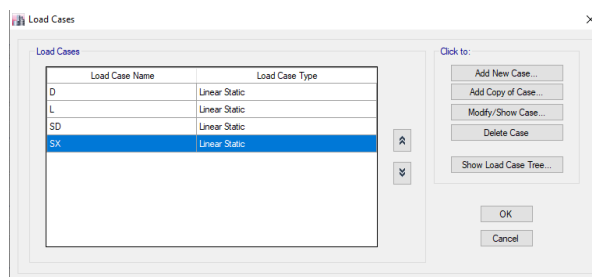
Luego de definir la normativa, se añade la opción espectral en la opción **Add new function**; y se registran los datos solicitados por el programa dependiendo de la ubicación del proyecto y sus características, estos valores se toman de la normativa NSR-10.



3.4 Definir Casos Sísmicos (SX, SY).

De la misma forma como se definieron los casos de cargas muertas vivas y sobrepuestas, se debe definir el caso de carga para el análisis dinámico. Primero se define en **Load Patterns** y se modifica en **Load Cases**.





Al modificar el caso, aparecen la ventana **Load Case Data** en la que primero se debe definir que es un caso tipo espectral en **Load Case Type**, seleccionar **Response Spectrum**, después en **Loads Applied** se añade un tipo de carga y se define la función espectral creada en el paso anterior, los demás parámetros se dejan por defecto, estos definen que se realizara un análisis modal y define el método de combinación modal y el tipo de combinación direccional, por último se debe asignar la excentricidad accidental definida como el 5% en la NSR-10. Adicionalmente se debe crear de la misma manera el caso para el sentido Y.

Load Case Data

General

Load Case Name: SX

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	EspectroSismico	9,8067

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

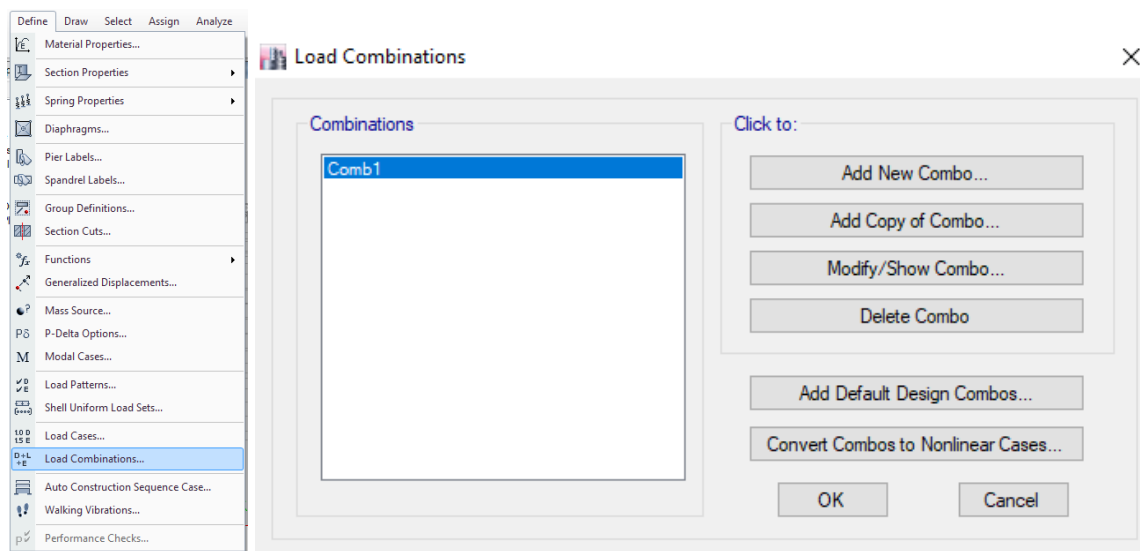
Modal Damping: Constant at 0,05

Diaphragm Eccentricity: 0,05 for All Diaphragms

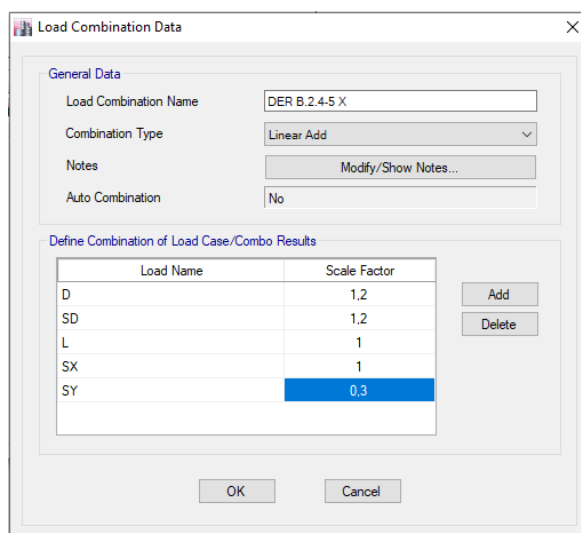
OK Cancel

3.5 Establecer las combinaciones de carga para el análisis.

Para agregar estas combinaciones de carga ya estipuladas en la NSR-10 Sección B.2.4, se selecciona la opción **Define y Load combination**. Aparece la ventana donde se deben agregar las combinaciones de carga para la verificación de derivas, así como para el diseño de elementos en el cual se deben crear los casos de carga exigidos por la NSR-10 en los cuales se utilice el coeficiente de disipación de energía R, y los demás requisitos para cortante de columnas y vigas.



Se modifican los factores de mayoración se selecciona el boton Ok, para crear la combinación de carga, este proceso se repite para crear todas las combinaciones necesarias.



Para tener en cuenta cargas como las cargas variables y las sobrecargas permanentes de la estructura van a estar incluidas en esta masa. Para esto seleccionar la opción **Define/Masa source**. Se crea el nuevo tipo de masa en la opción **Add new masa source**; luego se establece las cargas

específicas que estarán incluidas en la masa *source*, para ello habilitar la opción *Specified load patterns* y definimos las cargas establecidas en los casos de cargas.

Mass Source Name: MASA

Mass Source

- ☒ Element Self Mass
- ☒ Additional Mass
- ☒ Specified Load Patterns
- ☐ Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
CV	0.5
SCP	1
CV	0.5

Mass Options

- ☒ Include Lateral Mass
- ☒ Include Vertical Mass
- ☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

4. Análisis sísmico

4.1 Correr el análisis de la estructura.

Primero se debe revisar que no se presenten errores en el modelamiento, para ello se dirige a la opción *Analyze/Check Model* y se selecciona el botón *Select/Deselect All*. Al dar click en OK, el programa realiza los chequeos previamente seleccionados y arroja un cuadro auxiliar donde muestra los errores presentes en el modelamiento.

Check Model

Length Tolerance for Checks

Length Tolerance: 0.1 cm

Length Tolerance for Checks: 0.1 cm

Joint Checks

- ☒ Joints/Joints within Tolerance
- ☒ Joints/Frames within Tolerance
- ☒ Joints/Shells within Tolerance

Frame Checks

- ☒ Frame Overlaps
- ☒ Frame Intersections within Tolerance
- ☒ Frame Intersections with Area Edges

Shell Checks

- ☒ Shell Overlaps

Other Checks

- ☒ Check Meshing for All Stories
- ☒ Check Loading for All Stories
- ☒ Check for Duplicate Self Mass

Fix

- ☒ Trim or Extend Frames and Move Joints to Fix Problems
- ☐ Joint Story Assignment

☐ Check Selected Objects Only

Select/Deselect All

OK Cancel

Warning

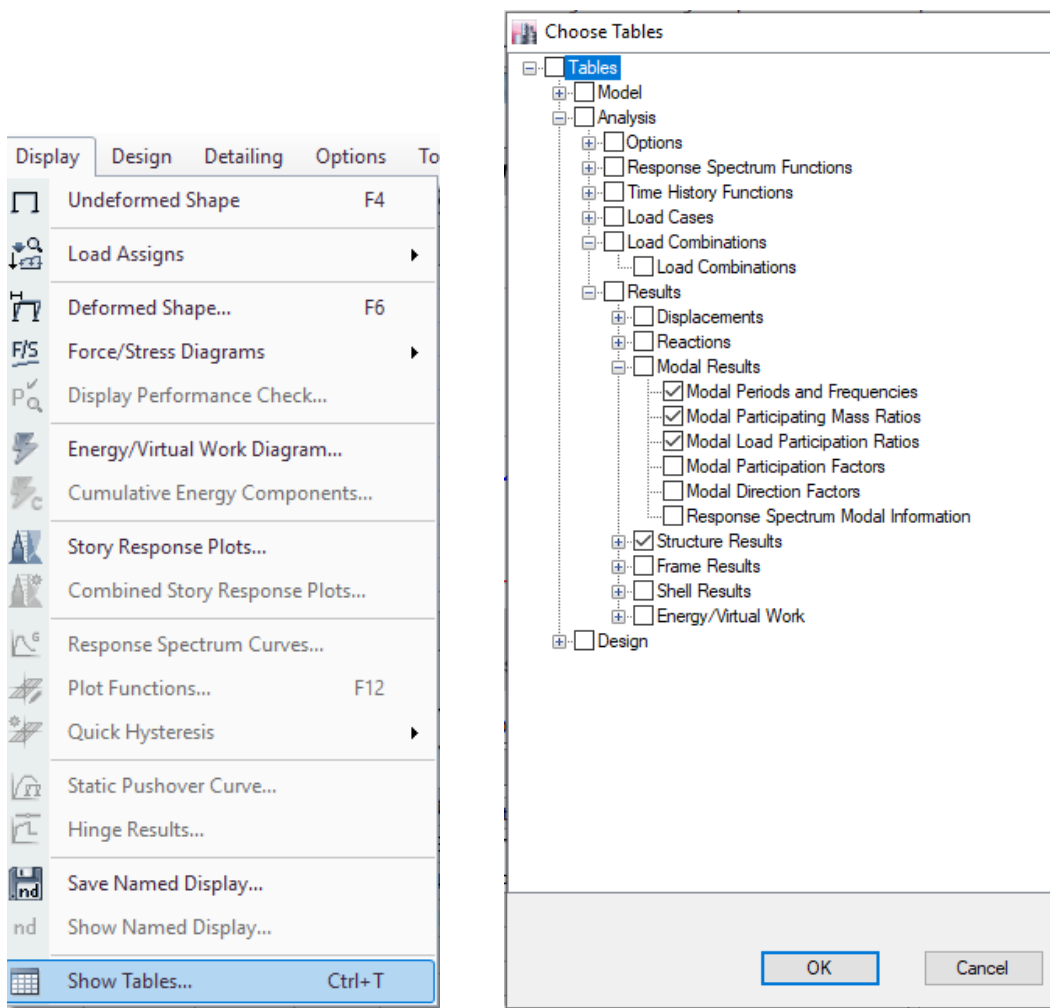
Model has been checked. No warning messages were generated.

Finalmente se procede a correr el análisis del modelamiento mediante la herramienta **Analyze/Run analyse** o con la tecla **F5**.

4.2 Verificar cumplimiento de Masas Participativas.

De acuerdo con la Sección A.5.4.2 deben incluirse en el análisis dinámico todos los modos que contribuyan de manera significativa en la respuesta dinámica de la estructura, esto se cumple cuando se incluye el 90% de la masa participante de la estructura en cada una de las direcciones de análisis.

Para realizar esta rectificación en el programa se muestran las tablas con los valores de la participación de las masas y los periodos. Se selecciona **Display/Show Tables**. Al dar ok, se despliega la totalidad de tablas, de las cuales se seleccionan las de interés, estas tablas aparecen en la pantalla del programa y pueden ser exportadas a Excel para procesar los datos de mejor manera.



Modal Participating Mass Ratios															
Joint Displacements - Absolute															
7 de 12 Reload Apply Modal Participat															
	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
	Modal	1	0.589	0.7768	0.0084	9.92...	0.7768	0.0084	9.926E-06	0.0004	0.0099	0.0956	0.0004	0.0099	0.0956
	Modal	2	0.546	0.0229	0.7458	0.00...	0.7997	0.7542	0.0001	0.011	3.593E-05	0.0229	0.0114	0.0099	0.1184
	Modal	3	0.472	0.0641	0.0342	0.00...	0.8638	0.7884	0.0002	2.155E...	0.0024	0.6694	0.0114	0.0123	0.7878
	Modal	4	0.332	0.0013	0.0001	0.00...	0.865	0.7885	0.007	0.0326	0.0001	0.0024	0.044	0.0124	0.7903
	Modal	5	0.328	0.0113	0.0011	0.00...	0.8763	0.7896	0.0091	0.0031	0.002	0.0164	0.047	0.0144	0.8066
	Modal	6	0.311	0.0026	0.0025	0.001	0.879	0.7921	0.0101	0.0002	0.001	1.903E-06	0.0473	0.0154	0.8066
	Modal	7	0.28	0.0745	0.0096	1.07...	0.9535	0.8017	0.0101	0.0015	0.0435	0.0168	0.0487	0.0589	0.8235
	Modal	8	0.262	0.0014	0.0018	0.04...	0.9549	0.8036	0.0542	0.0346	4.72E-05	0.0002	0.0833	0.0589	0.8237
	Modal	9	0.261	0.0264	0.0525	0.00...	0.9813	0.8561	0.0566	0.002	0.0121	0.0052	0.0853	0.071	0.8289
	Modal	10	0.248	4.98...	0.0007	4.66...	0.9814	0.8568	0.0566	0.0003	0.0054	6.483E-06	0.0856	0.0764	0.8289
	Modal	11	0.237	0.0001	0.0427	0.00...	0.9814	0.8994	0.059	0.0064	0.0003	0.003	0.092	0.0767	0.8319
	Modal	12	0.232	5.58...	0.0004	0.07...	0.9814	0.8999	0.1323	0.0029	0.0058	0.0002	0.0949	0.0825	0.8322

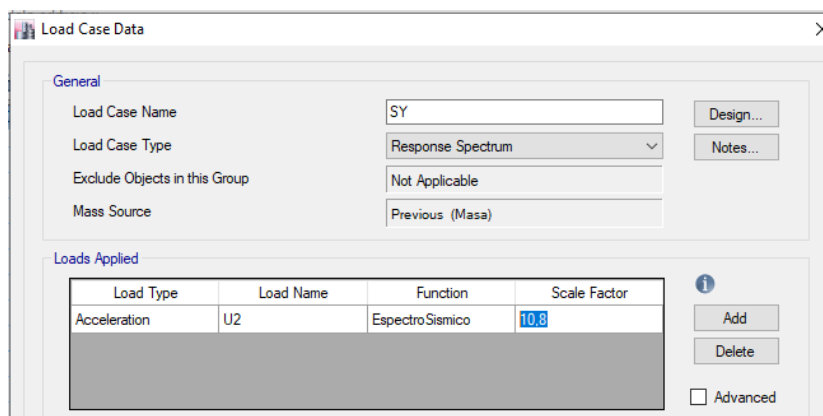
4.3 Verificar que el cortante basal y los periodos cumplan con la normativa.

De la misma manera, se debe revisar que los periodos y el cortante basal dinámico cumplan con el reglamento NSR-10, ajustándolos a los obtenidos por el método de la fuerza horizontal equivalente, Si el valor del cortante dinámico total en la base V_{tj} para cualquiera de las direcciones principales, es menor del 80% del cortante V_s en estructuras regulares o 90% del cortante V_s en estructuras irregulares, calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente, los parámetros de respuesta dinámica deben multiplicarse por el factor: 0,80 (V_s/V_{tj}) regulares o 0,90 (V_s/V_{tj}) irregulares.

Análisis sísmico			Sentido X	Sentido Y
	Aceleración horizontal S_a :		0,866	0,866
	Periodo fundamental T_a FHE (Seg):		0,366	0,366
	Periodo fundamental del análisis dinámico (Seg):		0,523	0,405
	A.4.2.3 Comparación de periodos:		70,1	90,5
	Cortante basal FHE V_s (kN):		9974,869	9974,869
	Cortante basal dinámico V_{tj} (kN)		7982,982	7190,456
	Configuración estructural:		Regular	
		% de cortante basal V_s	80,0%	72,1%
	% de cortante basal V_s que se debe cumplir		80%	
		Factor:	1,00	1,11
	Factor de amplificación espectro (ETABS):		9,80	10,88

Después de realizar la comparación se debe agregar el factor de amplificación en el ETABS y así definir el modelo final con el cual se obtendrán los resultados, el factor de amplificación se

define en el caso de carga correspondiente, y se asigna en **Scale Factor**. Después de definirlo, se debe correr el modelo de nuevo.

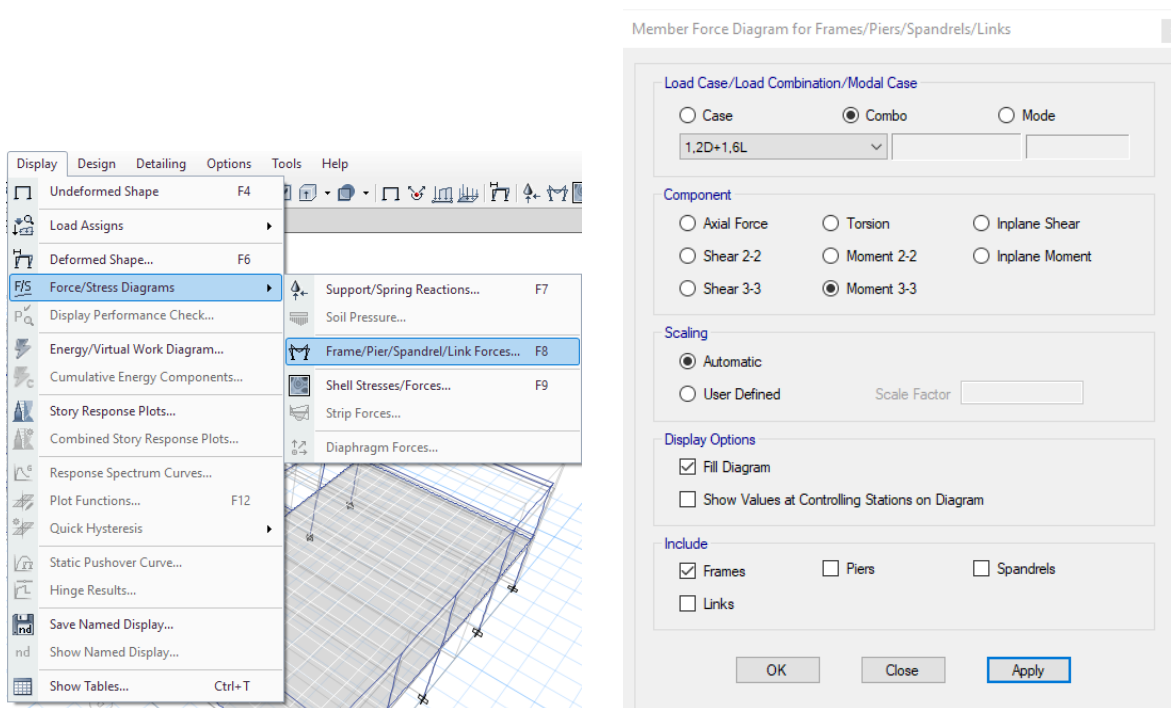


5. Resultados

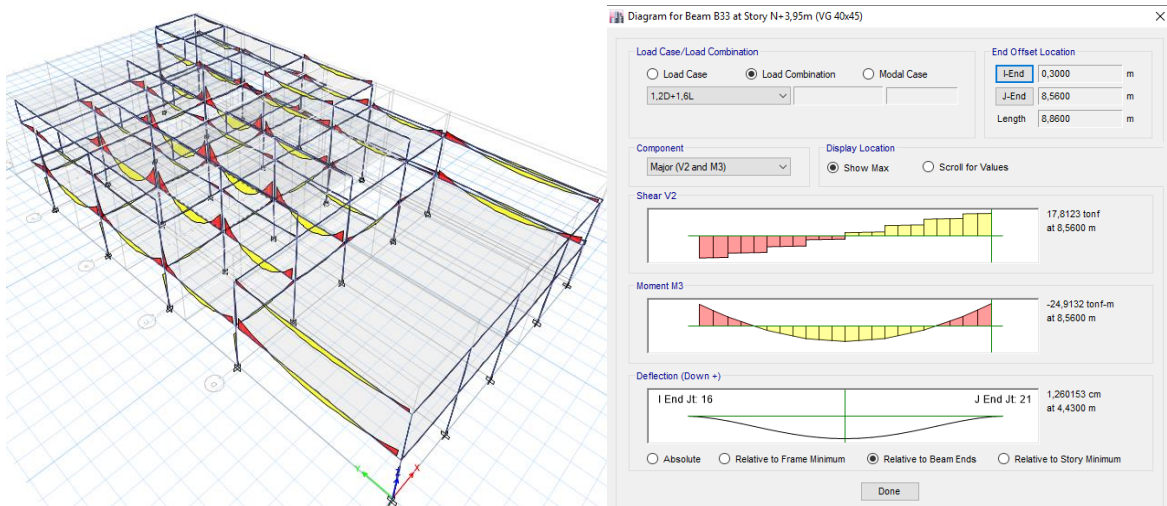
5.1 Diagramas de fuerzas.

Para observar los diagramas de fuerzas de la estructura y de los elementos, se selecciona **Display/Force/Stress Diagrams/Frame/Pier/Spandrel/Link Forces...** o con la tecla F8.

Aparece el cuadro de dialogo en el cual se debe definir el caso o combinación de carga para el cual queremos ver los diagramas, se selecciona el tipo de diagrama que se desea ver, ya sea cortante (**Shear 2-2**) Momento (**Moment 3-3**) o fuerzas axiales (**Axial Force**).



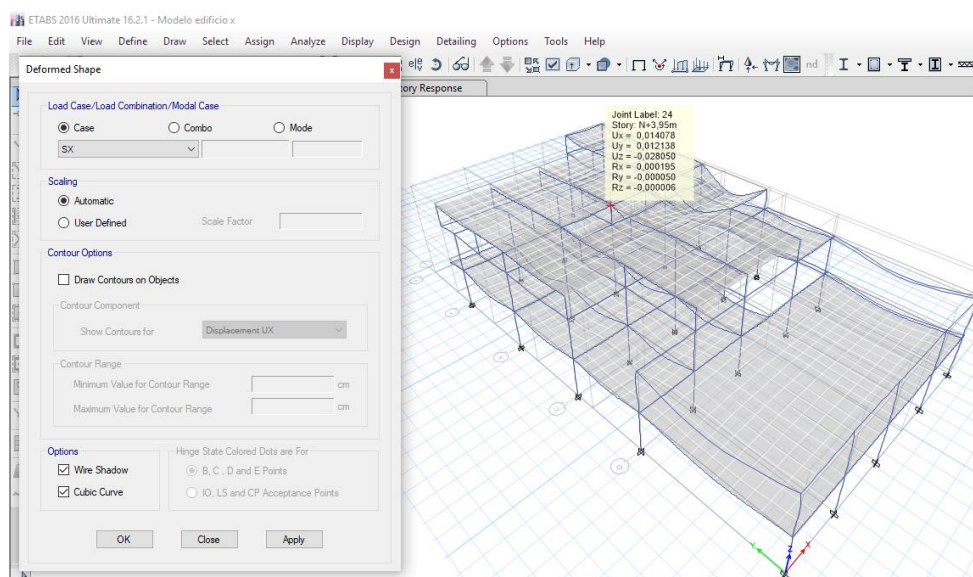
Al seleccionar **Apply**, se observa la estructura con los diagramas establecidos. Para observar un elemento específico se debe seleccionar el elemento con el botón derecho del mouse.



5.2 Derivas y desplazamientos.

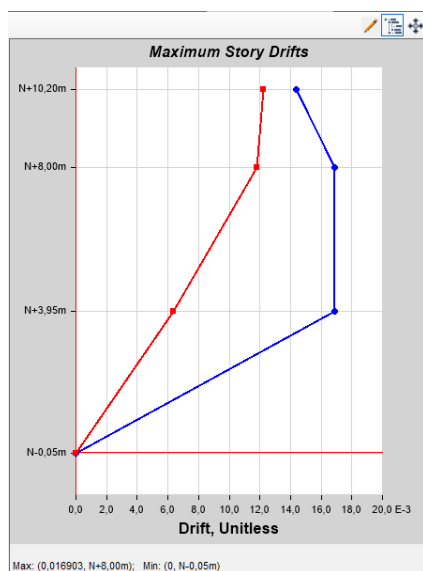
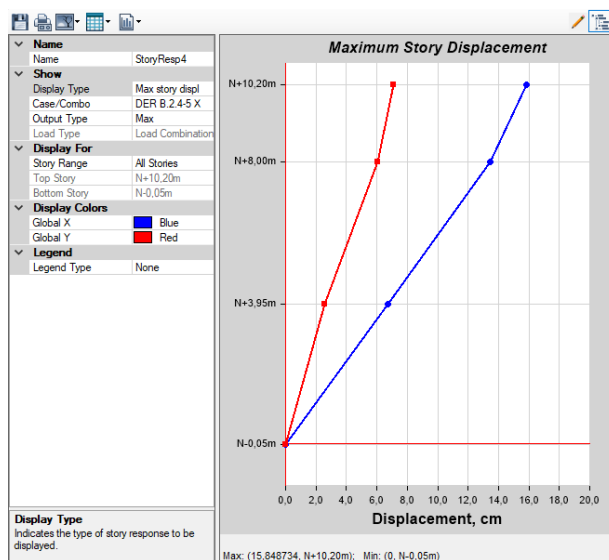
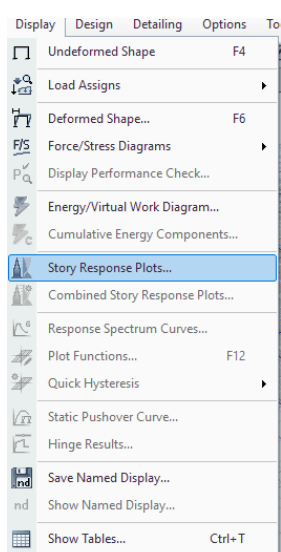
Para observar los desplazamientos de la estructura, se puede seleccionar la tecla F6 donde se muestra la estructura deformada y al mover el cursor a cualquier nodo, aparece una tabla con la identificación del elemento, el nivel, los desplazamientos y los giros.

Para obtener los resultados completos se selecciona **Display/Show tables**, y allí seleccionar las tablas **Join Displacements**, **Joint Displacements- Absolute** y para las derivas **Joint Drifts**, **Story Drifts**. Al obtener las tablas, se pueden filtrar los resultados para diferentes casos o combinaciones de carga, el nivel o el nodo, y también se permite exportar las tablas a Excel para realizar los cálculos y verificaciones deseados para la estructura.



Joint Displacements								
de 148 Reload Apply								
Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	UX cm	UY cm	UZ cm	Joint Displacements - Absolute	Joint Drifts
N+10.20m	7	141	DER B.2.4-5 X M...	9.614443	5.686319	-0.042701	0.0067	0.000000
N+10.20m	8	142	DER B.2.4-5 X M...	9.615911	4.698767	-0.046267	0.001252	0.006107
N+10.20m	9	143	DER B.2.4-5 X M...	9.614714	5.236714	-0.030241	0.002912	0.006664
N+10.20m	11	138	DER B.2.4-5 X M...	10.491935	7.084519	-0.001941	0.00799	0.008207
N+10.20m	12	139	DER B.2.4-5 X M...	10.492728	5.6868	-0.108856	0.002795	0.004853
N+10.20m	13	140	DER B.2.4-5 X M...	10.491559	4.698435	-0.12558	0.002326	0.003785
N+10.20m	14	48	DER B.2.4-5 X M...	10.479766	5.235826	-0.066164	-0.000728	0.004334
N+10.20m	15	49	DER B.2.4-5 X M...	10.472842	6.497079	-0.004811	-0.000564	0.003529
N+10.20m	16	133	DER B.2.4-5 X M...	11.870863	7.084909	-0.011478	0.006814	0.006393
N+10.20m	17	134	DER B.2.4-5 X M...	11.869515	5.68498	-0.096881	0.003189	0.003098
N+10.20m	18	135	DER B.2.4-5 X M...	11.866887	4.692151	-0.102846	0.002511	0.006516
N+10.20m	19	65	DER B.2.4-5 X M...	11.863322	5.22833	-0.090465	0.00642	0.005001
N+10.20m	20	66	DER B.2.4-5 X M...	11.8627	6.481086	-0.015064	0.006998	0.002938
N+10.20m	26	87	DER B.2.4-5 X M...	14.540277	5.221863	-0.3548	0.003488	0.005239

Para observar los resultados de desplazamientos y derivas también se puede mediante **Display/Story Response Plots...** donde se observan graficas de los resultados máximos de cada nivel, se puede seleccionar para caso o combo que se requiera.



5.3 Reacciones.

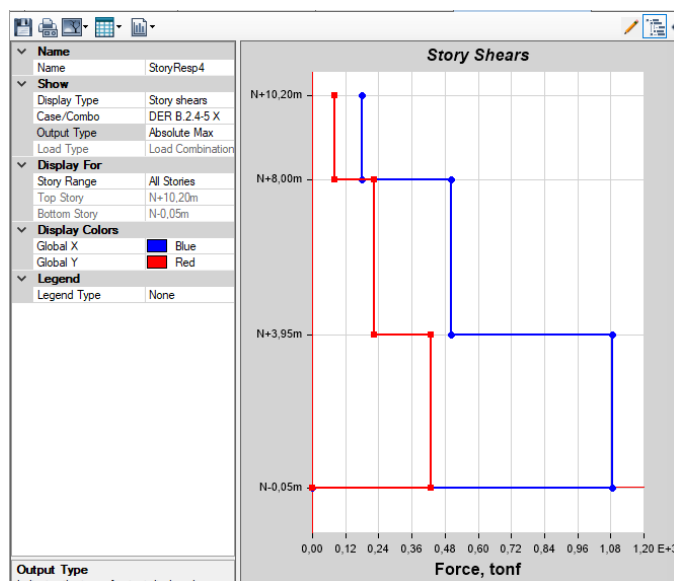
Se pueden visualizar las tablas de las reacciones totales en la base o para las reacciones en cada nodo, para ello se selecciona **Display/Show Tables...** y se seleccionan las tablas **Base Reactions** y **Joint Reactions**.

Base Reactions							
1 de 1 Reload Apply Base Reactions							
	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
▶	DER B.2.4-1 Y M...	446,1525	1028,3712	1740,8182	52273,1883	-19727,8384	22068,8349

Joint Reactions										
14 de 27 Reload Apply Joint Reactions										
	Story	Joint Label	Unique Name	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
	N-0,05m	1	1	DER B.2.4-5 X M...	24,6743	12,3431	23,4075	37,6008	56,4599	2,0883
	N-0,05m	2	3	DER B.2.4-5 X M...	21,2648	35,208	43,9685	87,329	51,8576	2,0624
	N-0,05m	3	5	DER B.2.4-5 X M...	25,6516	15,0864	21,034	53,1633	57,6919	2,1015
	N-0,05m	4	7	DER B.2.4-5 X M...	25,0068	15,2092	28,5793	49,443	56,9484	2,0284
	N-0,05m	5	9	DER B.2.4-5 X M...	20,1065	36,7124	47,8094	81,1722	50,4809	2,0202
	N-0,05m	6	18	DER B.2.4-5 X M...	32,2796	39,6609	62,1193	102,5458	73,6475	2,1559
	N-0,05m	7	20	DER B.2.4-5 X M...	36,2743	31,1768	60,81	59,3371	78,9199	2,1766
	N-0,05m	8	22	DER B.2.4-5 X M...	36,3935	25,3834	68,1052	43,8881	79,0125	2,1857
	N-0,05m	9	24	DER B.2.4-5 X M...	30,6921	11,8702	42,656	57,0892	71,2129	1,9721
	N-0,05m	10	26	DER B.2.4-5 X M...	26,4164	35,9826	73,6544	103,6355	65,454	2,0549
	N-0,05m	11	33	DER B.2.4-5 X M...	37,7408	19,0349	92,5223	46,979	85,0018	1,8283

5.4 Corte de piso.

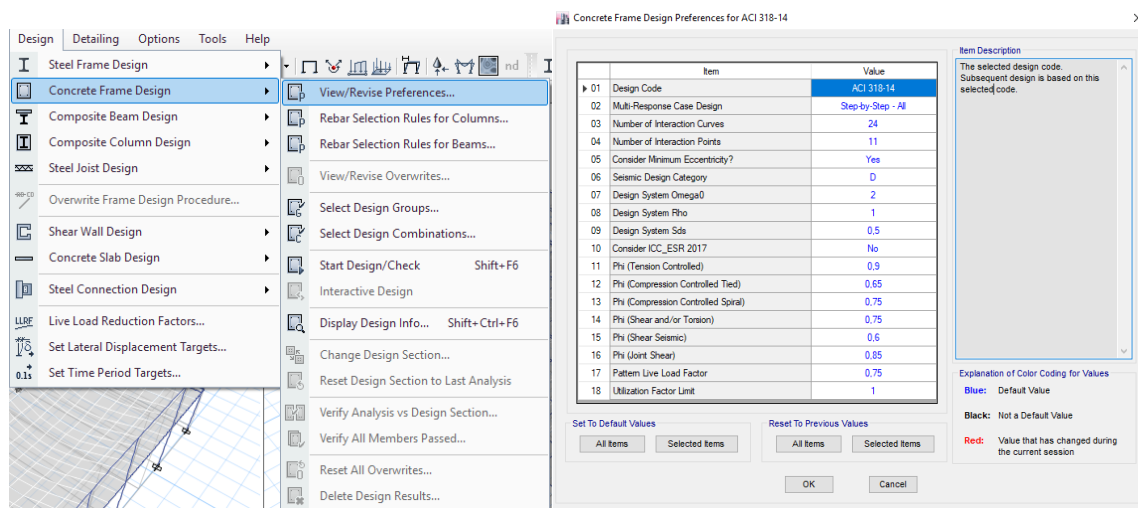
El cortante de piso se puede observar en **Display/Story Response Plots** de manera gráfica o por medio de tabla en **Display/Show Tables/Storyforces**.



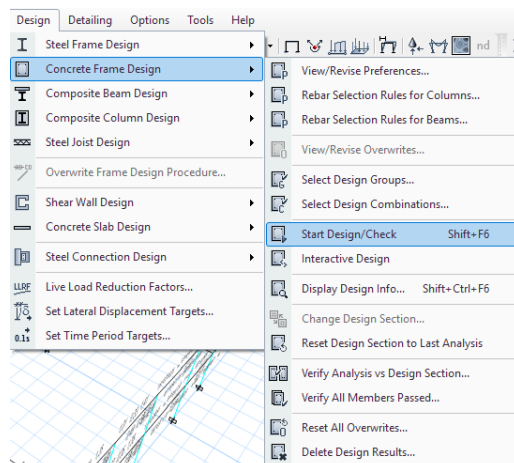
Story Forces									
	Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
▶	N+10.20m	DER B.2.4-5 X M...	Top	127,8086	180,6418	82,0479	6635,5672	3884,7519	-2113,5263
	N+10.20m	DER B.2.4-5 X M...	Bottom	133,201	180,6418	82,0479	6635,5672	4235,0898	-1838,8401
	N+8.00m	DER B.2.4-5 X M...	Top	479,7136	503,2738	223,6411	16853,7336	12428,9893	-6994,9665
	N+8.00m	DER B.2.4-5 X M...	Bottom	541,3705	503,2738	223,6411	16853,7336	14868,4095	-5762,9732
	N+3.95m	DER B.2.4-5 X M...	Top	1663,8951	1084,8386	429,2939	35139,4068	44913,505	-19048,8205
	N+3.95m	DER B.2.4-5 X M...	Bottom	1737,1205	1084,8386	429,2939	35139,4068	48187,0313	-15775,7297

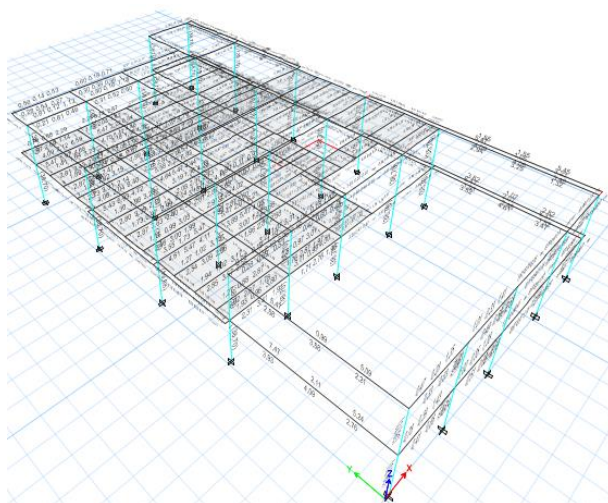
5.5 Diseño de elementos de concreto reforzado.

Para realizar el diseño y análisis de los elementos de concreto reforzado, primero se deben especificar las preferencias de diseño en **Design/Concrete Frame Design/View Revise Preferences**, en el cuadro de dialogo que se muestra se define la norma bajo la cual se va a realizar el diseño, en este caso ACI 318, y se definen los coeficientes y factores de diseño.

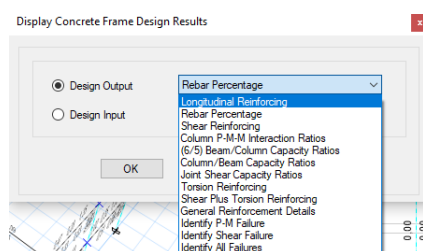


Para realizar el análisis o chequeo de los elementos de concreto se selecciona **Design/Concrete Frame Design/Start Design/Check** automaticamente el programa realiza el calculo y muestra las cuantías de acero para todos los elementos.





Por defecto se muestran las cuantías para refuerzo longitudinal, si se desean ver para otro tipo de refuerzos, se selecciona **Design/Concrete Frame Design/Display Design Info** y en **design Output** se selecciona el tipo de diseño que se desea ver.



Al seleccionar cualquier elemento, aparece la información de diseño, y el acero de refuerzo necesario para las combinaciones de carga previamente establecidas, si se desea ver con detalle el diseño en los botones de la parte inferior de la ventana se muestran, por ejemplo **Summary** muestra la información general del diseño.

Concrete Beam Design Information (ACI 318-14)

Story: N+3.95m Section Name: VGA 0.40X0.45

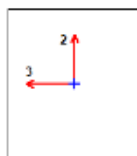
Beam: B26

COMBO ID	STATION LOC	TOP STEEL	BOTTOM STEEL	SHEAR STEEL
1, 2CM+1, 6CV	1, 1480	2, 23	3, 30	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	1, 5307	2, 23	4, 64	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	1, 9133	2, 23	5, 47	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	2, 2960	2, 23	5, 47	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	2, 2960	2, 21	5, 47	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	2, 6787	2, 21	5, 47	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	3, 0613	2, 21	5, 47	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	3, 4440	2, 21	5, 47	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	3, 4440	2, 20	5, 47	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	3, 8267	2, 20	5, 47	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	4, 2093	2, 20	4, 26	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	4, 5920	2, 20	2, 83	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	4, 5920	2, 19	2, 77	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	5, 0660	5, 09	2, 19	0, 00
1, 2CM+1, 6CV	5, 5400	6, 93	4, 44	0, 00

Buttons: Overwrites, Summary, Flex. Details, Shear, Envelope, OK, Cancel

ETABS 2016 Concrete Frame Design

ACI 318-14 Beam Section Design



Beam Element Details (Summary)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
N+3.95m	B26	93	VGA 0.40X0.45	1,2CM+1,6CV	5540	5740	1	Sway Special

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _f (mm)	d _s (mm)	d _{st} (mm)	d _{db} (mm)
400	450	400	0	40	40

Material Properties

E _c (kgf/mm ²)	f' _c (kgf/mm ²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (kgf/mm ²)	f _{yk} (kgf/mm ²)
2197,76	2,1	1	42,18	42,18

Design Code Parameters

Φ _T	Φ _C (Tied)	Φ _C (Spiral)	Φ _W	Φ _W	Φ _W (Spiral)
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u2}

	Design -Moment tonf-m	Design +Moment tonf-m	-Moment Rebar cm ²	+Moment Rebar cm ²	Minimum Rebar cm ²	Required Rebar cm ²
Top (+2 Axis)	-10,1083		6,83	0	5,47	6,83
Bottom (-2 Axis)		5,0541	0	3,33	4,44	4,44

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

Shear V _{u2} tonf	Shear ΦV _{u2} tonf	Shear ΦV _{u2} tonf	Shear V _p tonf	Rebar A _s / S cm ² /m
9,2766	9,4524	0	0	0

En el caso de las columnas, aparecen las mismas ventanas a diferencia que para las columnas salen botones extra tales como los diagramas de interacción y la relación de capacidad viga columna.

Concrete Column Design Information (ACI 318-14)

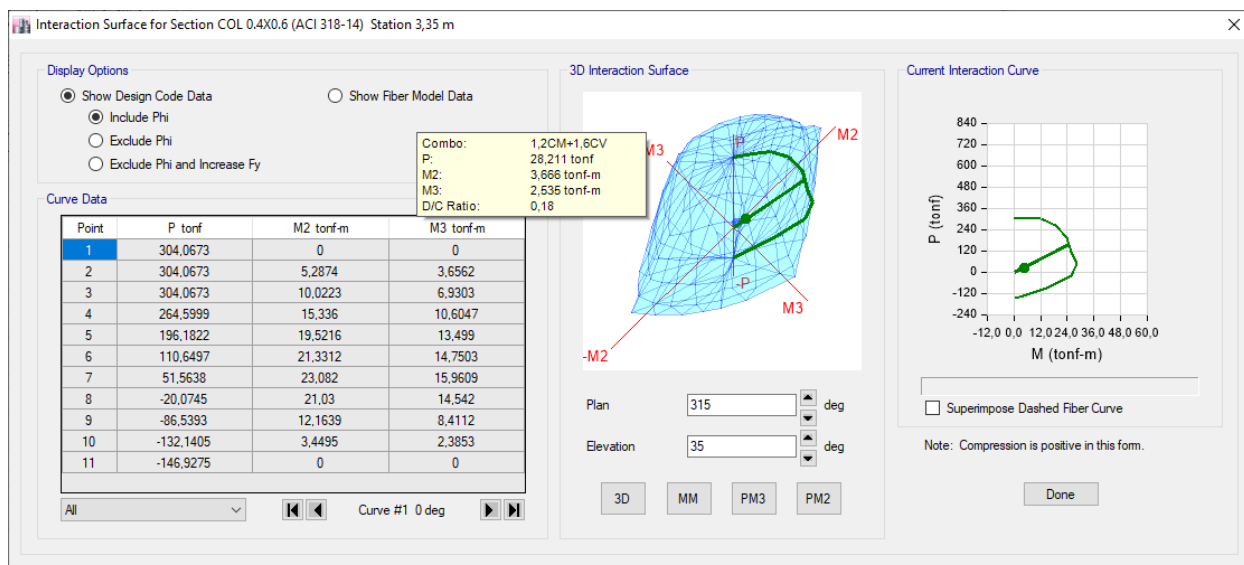
Story: N+3.95m Section Name: COL 0.4X0.6

Column: C6

COMBO ID	STATION LOC	CAPACITY RATIO	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
1, 4CM	0,0000	0,089	0,00	0,00
1, 4CM	1, 6750	0,083	0,00	0,00
1, 4CM	3, 3500	0,088	0,00	0,00
1, 2CM+1, 6CV	0,0000	0,117	0,00	0,00
1, 2CM+1, 6CV	1, 6750	0,105	0,00	0,00
1, 2CM+1, 6CV	3, 3500	0,180	0,00	0,00

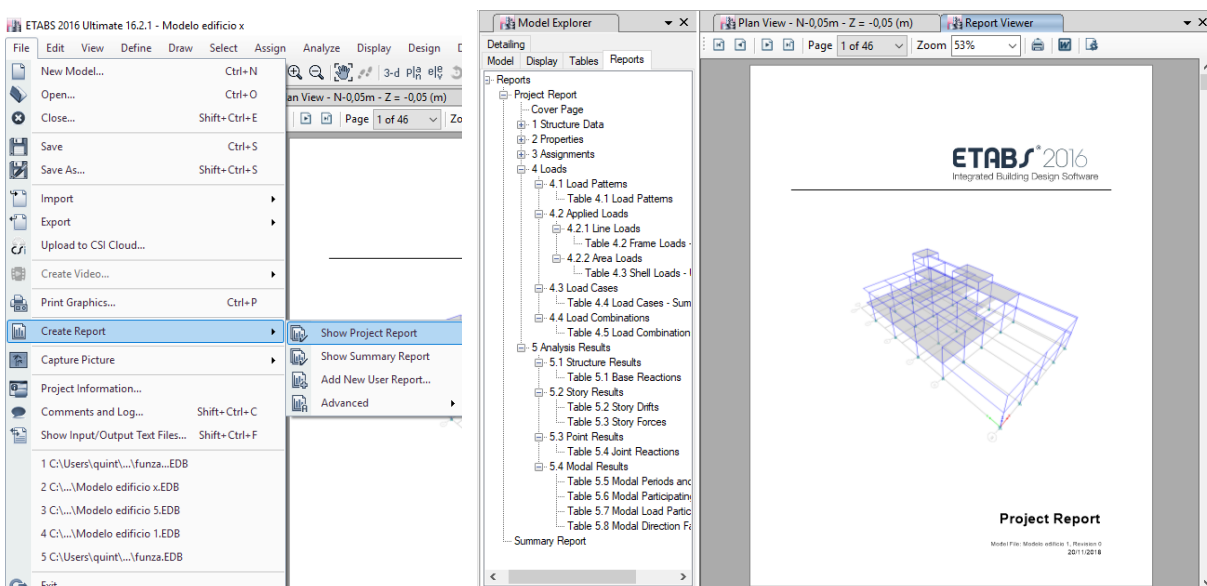
Overwrites Interaction Summary Flex. Details Shear Joint Shear **B/C Details** Envelope

OK Cancel



5.6 Crear reportes para impresión.

Para crear un reporte se debe seleccionar **File /Create Report/** se pueden definir el reporte del proyecto que viene predefinido **Show Project Report** el cual trae las siguientes características y contenido.



Para crear un reporte personalizado se selecciona la opción **Add New User Report**, se deben definir las características y las tablas que se desean mostrar y por último se crea el reporte en el Boton **Create**. Este reporte se puede extraer a un documento tipo Word o PDF.

User Report

GeneralDefinitionsAssignmentsOutputDesignNamed Items

Settings

Report Name

Pórtico de concreto Reforzado NSR-10

Modify Cover Page Data...

☒ Include Cover Page

☒ Include Table of Contents

☒ Include List of Figures

☒ Include List of Tables

Content Settings

☐ Show Selection Only

☒ Show Only if Used in Model

☐ Show Numbers Unformatted

Sort By

Default

Multi-step Output

☒ Envelopes

☐ Step-by-Step

☐ Last Step

☒ Combine Case and Step Fields

Modes

☒ All Modes

Modes 1 to 1

Load Patterns

--(All)--

--(None)--

D

L

SD

SX

Load Cases

--(All Except Model Cases)--

--(All)--

--(None)--

Model

D

L

SD

SX

SY

Load Combinations

--(All)--

--(None)--

DER 8.2.4.5 X

DER 8.2.4.1 Y

1.2D+1.6L

DCon1

DCon2

DCon3

DCon4

DCon5

DCon6

Groups

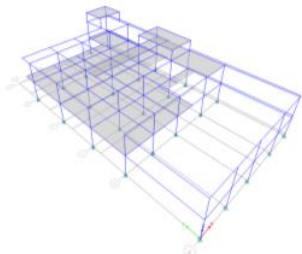
All

Create

Cancel

ETABS[®] 2016

Integrated Building Design Software



Pórtico de concreto Reforzado NSR-10

Model File: Modelo edificio 1, Revision 0
20/11/2018

Table of Contents

1. Structure Data	4
1.1 Story Data	4
1.2 Grid Data	4
1.3 Point Coordinates	4
1.4 Line Connectivity	6
1.5 Area Connectivity	8
1.6 Mass	10
1.7 Groups	11
2. Properties	12
2.1 Materials	12
2.2 Frame Sections	12
2.3 Shell Sections	12
2.4 Reinforcement Sizes	12
2.5 Tendon Sections	12
3. Assignments	13
3.1 Joint Assignments	13
3.2 Frame Assignments	15
3.3 Shell Assignments	20
4. Loads	22
4.1 Load Patterns	22
4.2 Applied Loads	22
4.2.1 Line Loads	22
4.2.2 Area Loads	23
4.3 Load Cases	25
4.4 Load Combinations	25
5. Analysis Results	27
5.1 Structure Results	27
5.2 Story Results	27
5.3 Point Results	33
5.4 Modal Results	45

Page 2 of 46

ANEXO 2

INFORME DE REVISIÓN ESTRUCTURAL

CENTRO DÍA
ALCALDÍA DE FUNZA

Revisores:
Mauricio Quintero Sierra
Alejandro Silva Moscoso

Bogotá D.C
2020

Tabla de contenido

[Tabla de contenido](#)..... 2

[Introducción](#) 3

[Datos del Proyecto](#)..... 4

[Revisión contenido mínimo de memorias, planos y estudios](#)..... 4

[1 Revisión de diseños estructurales](#) 7

[1.1 Avalúo de Cargas](#) 7

[1.2 Parámetros de diseño sísmico](#) 10

[1.3 Análisis estructural empleado](#)..... 16

[1.4 Verificación de derivas y desplazamientos](#) 18

[1.5 Análisis y diseño de los miembros estructurales](#) 19

[2 Revisión de diseño sísmico de elementos no estructurales](#) 28

[2.1 Análisis y diseño sísmico de elementos no estructurales](#)..... 28

[3 Revisión de estudios geotécnicos](#)..... 29

[3.1 Caracterización geotécnica del subsuelo](#)..... 29

[3.2 Análisis y diseño de cimentación](#)..... 31

[Conclusiones de revisión](#)..... 34

Introducción

El presente informe, tiene como objetivo principal llevar a cabo la revisión de los diseños estructurales del Proyecto Centro Día- Alcaldía de Funza, y en segundo plano revisar los aspectos generales del estudio geotécnico y del diseño sísmico de elementos no estructurales; tomando como base el alcance de los trabajos del revisor establecidos por la resolución 0017 de 2017 de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. Con el fin de establecer que los procedimientos empleados y los requisitos de diseño establecidos cumplan con el Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.

Este informe sirve como memorial de los trabajos realizados, en el cual se emitirá el diagnóstico del diseño estructural presentado, y en caso de encontrarse deficiencias, se entregará la relación de las partes que deben ser corregidas.

La metodología se basa en una guía de revisión propuesta por los autores donde se realiza un análisis completo, en el cual primero se verifica que los documentos presentados cumplan con el contenido mínimo exigido, después se verifica que las cargas y combinaciones de carga utilizadas cumplan con las exigidas en la NSR-10, los movimientos sísmicos de diseño y los requisitos de estructuración, posteriormente basándose en los planos estructurales y arquitectónicos se realiza el modelo de la estructura en ETABS, se analiza y con base en los resultados del modelo se confrontan con los presentados y con los exigidos en la NSR-10, para determinar el cumplimiento de derivas y de diseño de elementos estructurales.

Por último, se revisa que los elementos no estructurales se diseñen bajos los requisitos de la Sección A.9 del reglamento y que los estudios geotécnicos sean adecuados.

Datos del Proyecto

Datos del proyecto:	
Nombre del Proyecto:	<i>Centro día - Funza</i>
Área construida (m ²):	<i>2628,83</i>
Municipio:	<i>Funza - Cundinamarca</i>
Dirección:	<i>Lote 4 Calle 15 No. 8-05</i>
Barrio:	<i>Serrezuelita</i>
Usos:	<i>Institucional</i>
Clasificación del suelo:	<i>Urbano</i>
Tipo de solicitud	
Clase de licencia:	<i>Licencia de Construcción</i>
Modalidad:	<i>Obra nueva</i>
Datos de la estructura	
Tipo de estructura:	<i>Pórticos resistentes a momentos</i>
Material predominante:	<i>Concreto Reforzado</i>
Documentos recibidos	
☒	Memoria de cálculos y diseños estructurales
☒	Estudios geotécnicos y de suelos
☒	Proyecto arquitectónico
☒	Memoria y planos de diseño de elementos no estructurales
☒	Planos estructurales del proyecto
Chequeo revisión independiente:	
Tipo de edificación	<i>Necesita revisión independiente</i>
<i>Que en conjunto superan los 2000m²</i>	

Revisión contenido mínimo de memorias, planos y estudios

REVISIÓN CONTENIDO MÍNIMO DE MEMORIAS, PLANOS Y ESTUDIOS		¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Si	No	N/A
1. Planos del proyecto arquitectónico (NSR-10 Sección A.1.5.2.2 2 - Res. 0463 de 2017)				
1.1	Rotulado, firma y matricula profesional del Arq. Responsable	☒	☐	☐
1.2	Características del predio	☒	☐	☐
1.3	Plano de localización	☒	☐	☐
1.4	Sección y nomenclatura vial	☒	☐	☐
1.5	Linderos del predio	☒	☐	☐
1.6	Cuadro de áreas	☒	☐	☐
1.7	Plantas arquitectónicas por cada piso	☒	☐	☐
1.8	Primera planta con espacio publico	☒	☐	☐
1.9	Cotas parciales y totales	☒	☐	☐

1.10	Ejes y elementos estructurales proyectados	☒	☐	☐
1.11	Usos	☒	☐	☐
1.12	Indicación de cortes	☒	☐	☐
1.13	Planta de cubiertas	☒	☐	☐
1.14	Cortes	☒	☐	☐
1.15	Fachadas	☒	☐	☐
2. Memoria de cálculos y diseños estructurales (NSR-10 Sección A.1.5.3.1)				
2.1	Firma y fotocopia matricula profesional del ingeniero responsable	☒	☐	☐
2.2	Descripción general del proyecto	☒	☐	☐
2.3	Descripción del sistema estructural usado	☒	☐	☐
2.4	Avalúo de cargas y combinaciones de carga	☒	☐	☐
2.5	Zonificación sísmica	☒	☐	☐
2.6	Grado de capacidad de disipación de energía	☒	☐	☐
2.7	Calculo de la fuerza sísmica	☒	☐	☐
2.8	Tipo de análisis estructural	☒	☐	☐
2.9	Descripción principios de análisis del software usado	☒	☐	☐
2.10	Datos de entrada	☒	☐	☐
2.11	Datos de salida	☒	☐	☐
2.12	Verificación de derivas máximas	☒	☐	☐
2.13	Diseño de los miembros estructurales	☒	☐	☐
2.14	Losas de entrepiso (viguetas)	☒	☐	☐
2.15	Vigas	☒	☐	☐
2.16	Columnas y muros estructurales	☒	☐	☐
2.17	Cimentación	☒	☐	☐
2.18	Escaleras	☒	☐	☐
3. Planos estructurales del proyecto (NSR-10 Sección A.1.5.2.1)				
3.1	Rotulado, firma y matricula profesional del Ing. Responsable	☒	☐	☐
3.2	Especificaciones de los materiales de construcción	☒	☐	☐
3.3	Resistencia del concreto	☒	☐	☐
3.4	Resistencia del acero	☒	☐	☐
3.5	Calidad de las unidades de mampostería	☐	☒	☐
3.6	Tipo de mortero	☒	☐	☐
3.7	Calidad de madera	☐	☐	☒
3.8	Tamaño, localización, dimensiones y despiece de refuerzo de elementos estructurales	☒	☐	☐
3.9	Losas de entrepiso (viguetas)	☒	☐	☐
3.10	Vigas	☒	☐	☐
3.11	Columnas y muros estructurales	☒	☐	☐
3.12	Cimentación	☒	☐	☐
3.13	Escaleras y rampas	☒	☐	☐
3.14	Tipo y localización de conexiones entre elementos estructurales	☐	☒	☐
3.15	Empalmes entre elementos de refuerzo	☒	☐	☐
3.16	Grado de capacidad de disipación de energía	☒	☐	☐
3.17	Cargas vivas y de acabados supuestas en los cálculos	☒	☐	☐

3.18	Grupo de uso de la edificación	☒	☐	☐
3.19	Correspondencia entre planos arquitectónicos y estructurales	☒	☐	☐
4. Estudio geotécnico y de suelos definitivo (NSR-10 Sección A.1.5.4 - NSR-10 H.2.2.2.1)				
4.1	Proyecto	☒	☐	☐
4.2	Plano de localización	☒	☐	☐
4.3	Objetivo del estudio	☒	☐	☐
4.4	Descripción general del proyecto	☒	☐	☐
4.5	Sistema estructural	☒	☐	☐
4.6	Evaluación de cargas	☒	☐	☐
4.7	Subsuelo	☒	☐	☐
4.8	Resumen reconocimiento de campo	☒	☐	☐
4.9	Investigación adelantada en el sitio de la obra	☒	☐	☐
4.10	Morfología del terreno	☒	☐	☐
4.11	Origen geológico	☐	☒	☐
4.12	Características físico mecánicas	☒	☐	☐
4.13	Descripción de niveles freáticos	☒	☐	☐
4.14	Unidades geológicas o de suelo	☒	☐	☐
4.15	Identificación espesor y distribución	☒	☐	☐
4.16	Parámetros obtenidos en las pruebas de campo y ensayos de laboratorio (H.3)	☒	☐	☐
4.17	Análisis de efectos locales (A.2.4)	☒	☐	☐
4.18	Efecto de suelos con características especiales	☐	☐	☒
4.19	Análisis geotécnicos	☒	☐	☐
4.20	Resumen de análisis y justificación de los criterios adoptados	☒	☐	☐
4.21	Análisis de problemas constructivos de las alternativas de cimentación y contención	☒	☐	☐
4.22	Estabilidad de taludes temporales	☐	☐	☒
4.23	Análisis de las alternativas de excavación y construcción	☒	☐	☐
4.24	Recomendaciones para diseño	☒	☐	☐
4.25	Tipo de cimentación	☒	☐	☐
4.26	Profundidad de desplante	☒	☐	☐
4.27	Presiones admisibles	☒	☐	☐
4.28	Asentamientos calculados, totales y diferenciales	☒	☐	☐
4.29	Tipos de estructuras de contención y diseño	☐	☐	☒
4.30	Análisis interacción suelo estructura	☐	☐	☒
4.31	Recomendaciones para protección de edificaciones y predios vecinos	☒	☐	☐
4.32	Recomendaciones para construcción (sistema constructivo)	☒	☐	☐
4.33	Anexos	☒	☐	☐
5. Memoria de diseño de elementos no estructurales(NSR 10 Sección A.1.5.2.2, A.1.5.2.3)				
5.1	Acabados y elementos arquitectónicos (A.9.5)	☒	☐	☐
5.2	Justificación del grado de desempeño elementos no estructurales	☒	☐	☐
5.3	Criterios de diseño utilizados	☒	☐	☐
5.4	Detalles y especificaciones de materiales usados	☒	☐	☐
5.5	Instalaciones hidráulicas, sanitarias, mecánicas y eléctricas.(A.9.6)	☐	☒	☐
5.6	Criterios de diseño sísmico utilizados	☐	☒	☐

5.7 Detalles y especificaciones de materiales usados

☒ ☐ ☐
1 Revisión de diseños estructurales**1.1 Avalúo de Cargas**

1.1 AVALÚO DE CARGAS			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
1.1.1	Definición de combinaciones de carga	B.2	☒	☐	☐
1.1.2	Cargas muertas	B.3	☒	☐	☐
1.1.2.1	Peso propio elementos de entrepiso	B.3.3	☒	☐	☐
1.1.2.2	Elementos no estructurales	B.3.4.1-B.3.4.3	☒	☐	☐
1.1.2.3	Equipos fijos	B.3.5	☐	☐	☒
1.1.3	Cargas vivas	B.4	☒	☐	☐
1.1.3.1	Cargas vivas mínimas requeridas	Tabla B.4.2.1-1	☒	☐	☐
1.1.3.2	Cargas vivas mínimas en cubiertas	Tabla B.4.2.1-2	☒	☐	☐
1.1.3.3	Cargas de empozamiento de agua	B.4.8.2	☐	☐	☒
1.1.3.4	Cargas de granizo	B.4.8.3	☒	☐	☐
1.1.4	Empuje de tierra y presión hidrostática	B.5	☐	☐	☒
1.1.5	Fuerzas de viento	B.6	☒	☐	☐
1.1.5.1	Selección de procedimiento de diseño permitido	B.6.1.1.	☒	☐	☐
1.1.5.2	Método 1: Procedimiento simplificado	B.6.5	☐	☐	☒
1.1.5.3	Método 2: procedimiento analítico	B.6.6	☒	☐	☐
1.1.5.4	Carga de viento de diseño mínima	B.6.4	☒	☐	☐

1.1.1 Definición de combinaciones de carga B.2

B.2.4	Método de diseño:	Método de resistencia	Cumple
B.2.4	Se deben definir combinaciones de carga para la verificación de derivas, cortante, flexión de vigas, columnas y cimentaciones, teniendo en cuenta los diferentes casos de carga que se presentan en la estructura.		Si
B.2.4.2.1	Se define combinación de carga para verificación de derivas para las fuerzas sísmicas F_s , sin ser divididas por R		Si
B.2.4.2.1	Se aplica combinaciones de carga con reducción de fuerzas sísmicas de diseño de elementos, divididos por el coeficiente de disipación de energía R		Si
A.3.6.3	Consideración efectos ortogonales de las fuerzas sísmicas suponiendo la concurrencia simultanea del 100% en la dirección principal y el 30% en la dirección perpendicular.		Si
C.21.3.3	Combinaciones adicionales para cortante de vigas: 2.0E		Si
A.3.3.9 - CR.21.11.7.5	Combinaciones adicionales para cortante de columnas: $\Omega_0 E$		Si

1.1.2 Cargas muertas B.3

1.1.2.1 Peso propio elementos de entrepiso B.3.3

Tipo de entrepiso: *Losa aligerada con viguetas descolgadas*

ITEM	Ancho (m)	Alto (m)	Separación (m)	γ (ton/m ³)	Peso (KN/m ²)	¿Cumple?
Loseta Superior		0,10		24,00	2,40	
Viguetas	0,25	0,35	2,00	24,00	1,05	
Loseta inferior					0,00	
Subtotal peso propio					3,45	Si

1.1.2.2 Elementos no estructurales B.3.4.1-B.3.4.3

ITEM	Peso (KN/m ²)	¿Cumple?
Acabados	1,10	
Cielo Raso (Instalaciones)	0,80	
Fachadas y particiones	2,50	
B.3.4.2 - B.3.4.3		
Subtotal Elem. No estructurales	4,40	
Total Cargas muertas	7,85	Si

1.1.3 Cargas vivas B.4

1.1.3.1 Cargas vivas mínimas requeridas Tabla B.4.2.1-1

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga usada (kN/m ²)	¿Cumple?
<i>Institucional-Corredores y escaleras</i>	5,00	5,00	Si

1.1.3.2 Cargas vivas mínimas en cubiertas Tabla B.4.2.1-2

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga usada (kN/m ²)	¿Cumple?
<i>Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada</i>	0,50	0,50	Si

1.1.3.4 Cargas de granizo B.4.8.3

Región del país: <i>Funza</i>	¿Aplica?	Carga (kN/m ²)	Carga usada	¿Cumple?
Altura sobre el nivel del mar (m): <i>2600</i>	Si	1,00	1,00	Si
Inclinación de la cubierta (°): <i>10</i>				

1.1.5 Fuerzas de viento B.6

1.1.5.1 Selección de procedimiento de diseño permitido B.6.1.1.

Método	Condiciones de uso	Utilizado
--------	--------------------	-----------

1: Procedimiento simplificado	Para determinar las cargas de viento bajo este método, la edificación debe cumplir la condiciones de B.6.4.1.1 para el <i>Sistema principal de resistencia de viento (SPRFV)</i> y B.6.4.1.2 para los <i>componentes y revestimientos</i> .	☐
2: Procedimiento analítico	Para determinar las cargas de viento bajo este método, la edificación debe cumplir las condiciones de B.6.5.1.	☒
3: Procedimiento del túnel de viento	Se debe usar en edificaciones irregulares o con característica de respuesta inusuales y debe cumplir con B.6.6	☐

1.1.5.3 Método 2: procedimiento analítico B.6.6

Verificación procedimiento de diseño	Símbolo	Sección NSR-10	¿Cumple?
a) Velocidad de viento	V	B.6.5.4 - Fig. B.6.4-1	☒
Factor de dirección	K _d	Tabla B.6.5-4	☒
b) Factor de importancia	I	B.6.5.5 - Tabla B.6.5-1	☒
c) Categorías de rugosidad del terreno		B.6.5.6.2	☒
Categorías de exposición		B.6.5.6.3	☒
Coeficiente de exposición para la presión por la velocidad	K _h o K _z	B.6.5.6.6 - Tabla B.6.5-3	☒
d) Factor topográfico	K _{zt}	B.6.5.7 - Fig. B.6.5-1	☒
e) Factor de efecto de ráfaga	G o G _f	B.6.5.8	☒
f) Clasificación del cerramiento		B.6.5.9	☒
g) Coeficiente de presión interna	G _{cpi}	B.6.5.11.1 - Fig. B.6.5-2	☒
h) Coeficiente de presión externa	C _p o G _{Cpf}	Figs. B.6.5-3 a B.6.5-14	☒
Coeficiente de fuerza	C _f	Figs. B.6.5-17 a B.6.5-19	☒
i) Presión por velocidad	q _z o q _h	B.6.5.10	☒
j) Carga de viento de diseño	p o F		
En edificios cerrados o parcialmente cerrados	p	B.6.5.12	☒
En edificio abiertos con cubiertas a una y dos aguas y en artesa	p	B.6.5.13	☒
En muros libres y vallas macizas	F	B.6.5.14	
En otras estructuras	F	B.6.5.15	

1.1.5.4 Carga de viento de diseño mínima B.6.4

	¿Cumple?
En el Sistema principal resistente a cargas de viento (SPRFV) la multiplicación de 0.40 kN/m ² por el área de la edificación o estructura, proyectada a un plano vertical normal a la dirección de viento en estudio.	Si
En Componentes y revestimientos una presión neta de 0,40 kN/m ² actuando en cualquier dirección normal a la superficie.	Si

1.2 Parámetros de diseño sísmico

1.2 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
Zonas de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño					
1.2.1	Movimientos sísmicos de diseño(Aa y Av)	A.2.2	✓		
1.2.2	Zona de amenaza sísmica	A.2.3	✓		
1.2.3	Efectos locales	A.2.4	✓		
1.2.3.1	Tipo de perfil del suelo	Tabla A.2.4-1	✓		
1.2.3.2	Coeficientes de amplificación F_a y F_v	A.2.4.5.5-A.2.4.5.6	✓		
1.2.4	Grupo de uso	A.2.5.1	✓		
1.2.5	Coeficiente de importancia	A.2.5.2	✓		
1.2.6	Espectro de diseño	A.2.6	✓		
1.2.6.1	Periodo de vibración tiempo T_C , T_L , T_0	A.2.6-2	✓		
1.2.6.2	Espectro elástico de aceleraciones	Figura A.2.6-1	✓		
1.2.6.3	Aceleración pico efectiva, umbral de daño A_d	A.12.2.2			✓
1.2.6.4	Espectro sísmico para el umbral de daño	Figura A.12.3-1			✓
1.2.7	Estudios de microzonificación sísmica	A.2.9			✓
1.2.8	Estudios sísmicos particulares de sitio	A.2.10			✓
Requisitos de diseño sismo resistente					
1.2.9	Sistema estructural	A.3.2.1	✓		
1.2.10	Configuración estructural de la edificación	A.3.3	✓		
1.2.10.1	Capacidad de disipación de energía	Tabla A.3-3	✓		
1.2.10.2	Coef. de disipación de energía básico R_0	Tabla A.3-3	✓		
1.2.10.3	Irregularidad en planta Φ_p	Tabla A.3-6	✓		
1.2.10.4	Irregularidad en altura Φ_a	Tabla A.3-7	✓		
1.2.10.5	Irregularidad ausencia redundancia Φ_r	A.3.3.8	✓		
1.2.10.6	Coeficiente de disipación de energía diseño R	A.3.3.3	✓		

1.2.1 Movimientos sísmicos de diseño (Aa y Av) y Zona de amenaza sísmica A.2.2-A.2.3

	Valor	¿Cumple?
Coeficiente de aceleración pico efectiva A_a :	0,15	Si
Coeficiente de velocidad pico efectiva A_v :	0,20	Si
Zona de amenaza sísmica:	Intermedia	Si

1.2.3 Efectos locales A.2.4

1.2.3.1 Tipo de perfil del suelo Tabla A.2.4-1

¿ Se clasifica como tipo de suelo F ?	No	
Velocidad media de la onda de cortante V_s : (m/s)	0,00	
Número medio de golpes del SPT: N o N_{ch}	2,00	¿Cumple?
Resistencia al corte ni drenada; S_u (kPa):	18,00	Si

Tipo de perfil	Descripción	V _s (m/s)	N-N _{ch}	Su (kPa)
A	Perfil de roca competente	> 1500	-	-
B	Perfil de roca de rigidez media	760-1500	-	-
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda	360-760	> 50	> 100
D	Perfiles de suelos rígidos	180-360	15 - 50	100-50
E	Perfil que contiene un espesor total mayor de 3 m de arcillas blandas	< 180	< 15	< 50
F	F1 - Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2 - Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3 - Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m - Índice de Plasticidad IP > 75) F4 - Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m) Requiere estudio sísmico particular de sitio A.2.10			

1.2.3.2 Coeficientes de amplificación Fa y Fv A.2.4.5.5-A.2.4.5.6

Perfil de suelo:		Valores NSR-10	¿Cumple?
Aa:	<i>0,15</i>	Coeficiente de amplificación Fa:	2,10 <i>Si</i>
Av:	<i>0,20</i>	Coeficiente de amplificación Fv:	3,20 <i>Si</i>

Para el tipo de suelo F debe realizarse un estudio sísmico particular de sitio.

1.2.4 Grupo de uso A.2.5.1

Grupo de uso: *Grupo_II* Estructuras de ocupación especial I: 1,10

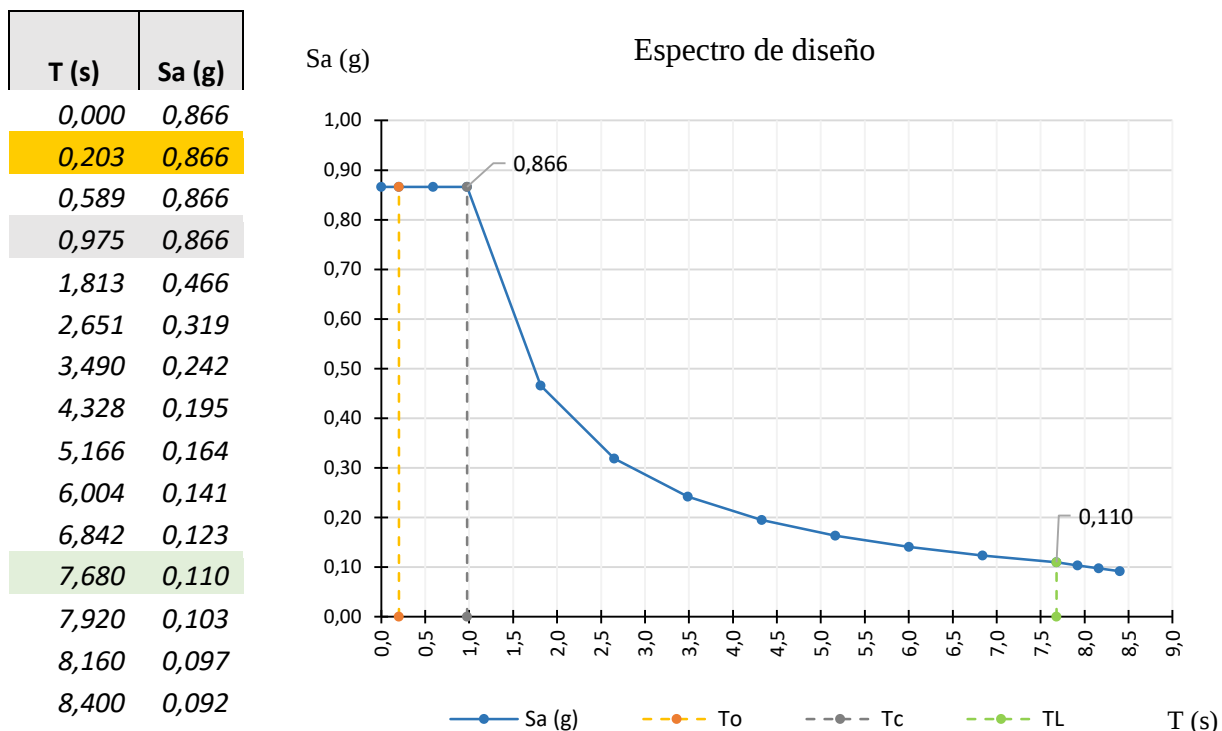
Clasificación: *a) Edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón,*

1.2.5 Coeficiente de importancia A.2.5.2

Grupo de uso:	Coeficiente de importancia, I
Grupo_IV	1,50
Grupo_III	1,25
Grupo_II	1,10
Grupo_I	1,00

1.2.6 Espectro de diseño A.2.6

1.2.6.2 Espectro elástico de aceleraciones Figura A.2.6-1



Requisitos de diseño sismo resistente

1.2.9 Sistema estructural A.3.2.1

Es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales. Para este sistema estructural, no se presenta limitación en altura o en número de pisos, siempre y cuando sea permitido su uso.

1.2.10 Configuración estructural de la edificación A.3.3

1.2.10.1 Capacidad de disipación de energía Tabla A.3-3

Zona de amenaza sísmica: Intermedia	¿Cumple?
Capacidad de disipación de energía: DMO	Si

Restricciones de uso				
Capacidad de disipación de energía.		Zona de amenaza sísmica		
		Alta	Intermedia	Baja
Especial	DES	Si	Si	Si
Moderada	DMO	No	Si	Si
Mínima	DMI	No	No	Si

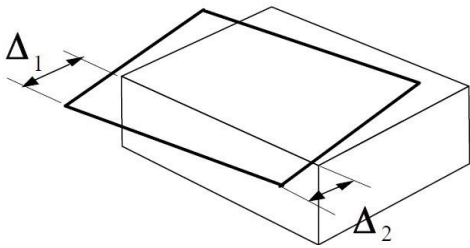
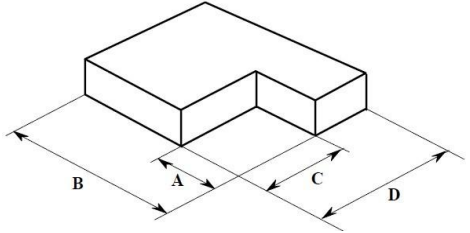
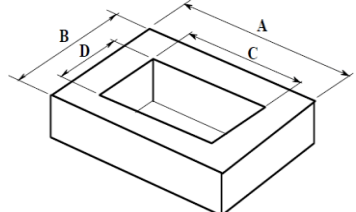
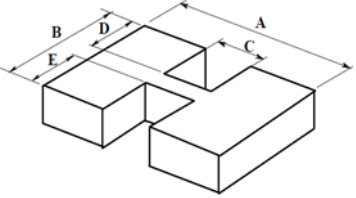
1.2.10.2 Coeficiente de disipación de energía básico R0 Tabla A.3-3

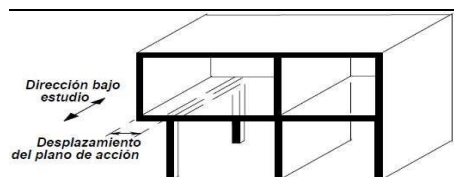
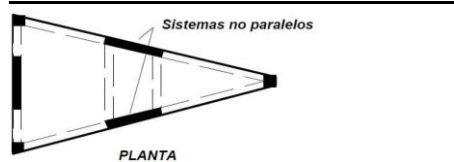
Capacidad de disipación de energía.		R ₀	Ω ₀
Especial	DES	7,0	3,0
Moderada	DMO	5,0	3,0
Mínima	DMI	2,5	3,0

1.2.10.3 Irregularidad en planta Φ_p Tabla A.3-6

Grupo de uso: *Grupo_II*
 Zona de amenaza sísmica: *Intermedia*

Φ _p	¿Cumple?
0,9	<i>Si</i>

Tipo		¿Tiene?	Φ _p
 <i>Ir a chequeo</i>	1aP	<u>Irregularidad Torsional</u> $1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1$ $\Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	No 1,0
	1bP	<u>Irregularidad torsional extrema</u> $\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	No 1,0
	2P	<u>Retroceso en las esquinas</u> A > 0,15B y C > 0,15D A(m): <i>40,2</i> B(m): <i>45,5</i> C(m): <i>18,6</i> D(m): <i>24,1</i>	Si 0,9
1)  2) 	3P	<u>Irregularidad en el Diafragma</u> 1) C x D > 0,5 x A x B 2) (C x D + C x E) > 0,5 A x B A(m): <i>0,00</i> B(m): <i>0,00</i> E(m): <i>0,00</i> C(m): <i>0,00</i> D(m): <i>0,00</i>	No 1,0

	4P	<u>Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales</u>	No	1,0
	5P	<u>Sistemas no paralelos</u>	No	1,0

Cheque irregularidad torsional. Nodo 1

Story	Label	Load Case/Combo	UX (m)	UY (m)	Δ_1
N+8,00m	5	SX Max	0,019404	0,001696	0,0099
N+3,95m	5	SX Max	0,009564	0,0007	0,0096
N+0,00m	5	SX Max	0	0	0,0000

Nodo 2

Story	Label	Load Case/Combo	UX (m)	UY (m)	Δ_2
N+8,00m	25	SX Max	0,031115	0,00161	0,0155
N+3,95m	25	SX Max	0,015692	0,000696	0,0157
N+0,00m	25	SX Max	0	0	0,0000

$1,2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1,4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	Tipo 1aP	Tipo 1bP
0,0152	0,0177	Irregular	Regular
0,0152	0,0177	Irregular	Regular
0,0000	0,0000	Regular	Regular

1.2.10.4 Irregularidad en altura Φ_a Tabla A.3-7

Teniendo en cuenta que los edificios del proyecto cuentan con un nivel, cubierta, y cubierta de máquinas, se concluye que no presenta irregularidades en altura de las descritas en la tabla A.3-7, por lo cual en la presente tabla se muestran los valores en cero, lo que indica un coeficiente de irregularidad en altura igual a la unidad.

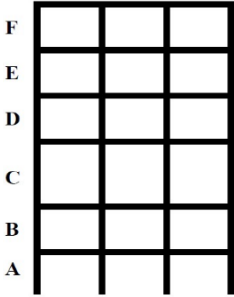
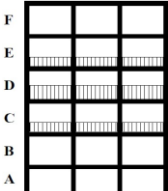
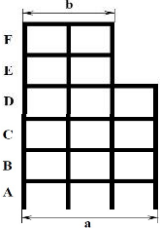
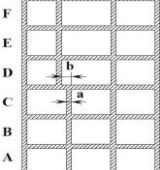
Grupo de uso: *Grupo_II*

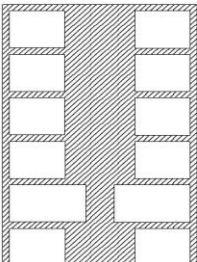
Φ_a	¿Cumple?
----------	----------

Zona de amenaza sísmica: **Intermedia**

1,0

Si

Tipo		¿Tiene? Φ_a	
	1aA	<u>Piso flexible - Irregularidad en rigidez(K)</u> $0,6 K_{(i+1)} \leq K_{(i)} < 0,7 K_{(i+1)}$ o $0,7(K_{(i+1)}+K_{(i+2)}+K_{(i+3)})/3 \leq K_{(i)} < 0,8(K_{(i+1)}+K_{(i+2)}+K_{(i+3)})/3$ $K_{(i)}: 0,00$ $K_{(i+2)}: 0,00$ $K_{(i+1)}: 0,00$ $K_{(i+3)}: 0,00$	No 1,0
	1bA	<u>Piso flexible - Irregularidad extrema en rigidez (K)</u> $K_{(i)} < 0,60 K_{(i+1)}$ o $K_{(i)} < 0,7 (K_{(i+1)} + K_{(i+2)} + K_{(i+3)}) / 3$ $K_{(i)}: 0,00$ $K_{(i+2)}: 0,00$ $K_{(i+1)}: 0,00$ $K_{(i+3)}: 0,00$	No 1,0
	2A	<u>Irregularidad en la distribución de masas</u> $m_{(i)} > 1,50 m_{(i+1)}$ o $m_{(i)} > 1,50 m_{(i-1)}$ $m_{i+1} 0,0$ $m_i 0,0$ $m_{i-1} 0,0$	No 1,0
	3A	<u>Irregularidad geométrica</u> $a > 1,30 b$ $a (m): 0,00$ $b (m): 0,00$	No 1,0
	4A	<u>Desplazamientos dentro del plano de acción</u> $b > a$ $a (m): 0,00$ $b (m): 0,00$	No 1,0
	5aA	<u>Piso débil - Discontinuidad en la resistencia</u> $0,65 \text{ Res. piso }_{(i+1)} \leq \text{Res. piso }_{(i)} \text{ Res.}$ $\text{piso }_{(i)} < 0,8 \text{ Res. piso }_{(i+1)} \text{ Res. piso }_{(i)}$ $0,00$ $\text{Res. piso }_{(i+1)} 0,00$	No 1,0

F E D C B A		5bA	<u>Piso débil - Discontinuidad extrema en la resistencia</u>	No	1,0
			Res. piso $(i) < 0,65$ Res. piso $(i+1)$		
			Res. piso (i) 0,00		
			Res. piso $(i+1)$ 0,00		

1.2.10.5 Irregularidad ausencia redundancia Φ_r A.3.3.8

Caso: **Caso III**

Φ_r	¿Cumple?
0,75	Si

Caso	Condición	Φ_r
Caso I	Edificaciones con capacidad de disipación mínima (DMI):	1,00
Caso II	Edificaciones con capacidad de disipación (DMO) o (DES) que cumplen con las condiciones de A.3.3.8.2:	1,00
Caso III	Edificaciones con capacidad de disipación (DMO) o (DES) que no cumplen las condiciones de A.3.3.8.2:	0,75

1.2.10.6 Coeficiente de disipación de energía diseño R A.3.3.3

Coeficiente de disipación de energía R:	3,38	
Irregularidad en altura Φ_a :	1,00	
Irregularidad en planta Φ_p :	0,90	
Irregularidad por ausencia de redundancia Φ_r :	0,75	¿Cumple?
Coeficiente de disipación de energía básico R_0 :	5,00	Si

1.3 Análisis estructural empleado

1.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL EMPLEADO			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
<u>1.3.1</u>	Selección método de análisis estructural	A.3.4.2	☒	☐	☐
<u>1.3.2</u>	Método de la fuerza horizontal equivalente	A.4	☒	☐	☐
<u>1.3.2.1</u>	Periodo fundamental aproximado T_a	A.4.2.2	☒	☐	☐
<u>1.3.2.2</u>	Cortante sísmico en la base V_s	A.4.3.1	☒	☐	☐
<u>1.3.2.3</u>	Calculo fuerzas sísmicas horizontales	A.4.3.2	☐	☐	☒
<u>1.3.3</u>	Método análisis dinámico elástico modal espectral	A.5.4	☒	☐	☐
<u>1.3.3.1</u>	Modos de vibración	A.5.4.2	☒	☐	☐
<u>1.3.3.2</u>	Ajuste de los resultados	A.5.4.5	☒	☐	☐

1.3.1 Selección método de análisis estructural A.3.4.2

Se realiza un análisis dinámico modal espectral por lo cual cumple con los requisitos.

1.3.2 Método de la fuerza horizontal equivalente A.4

1.3.2.1 Periodo fundamental aproximado T_a A.4.2.2

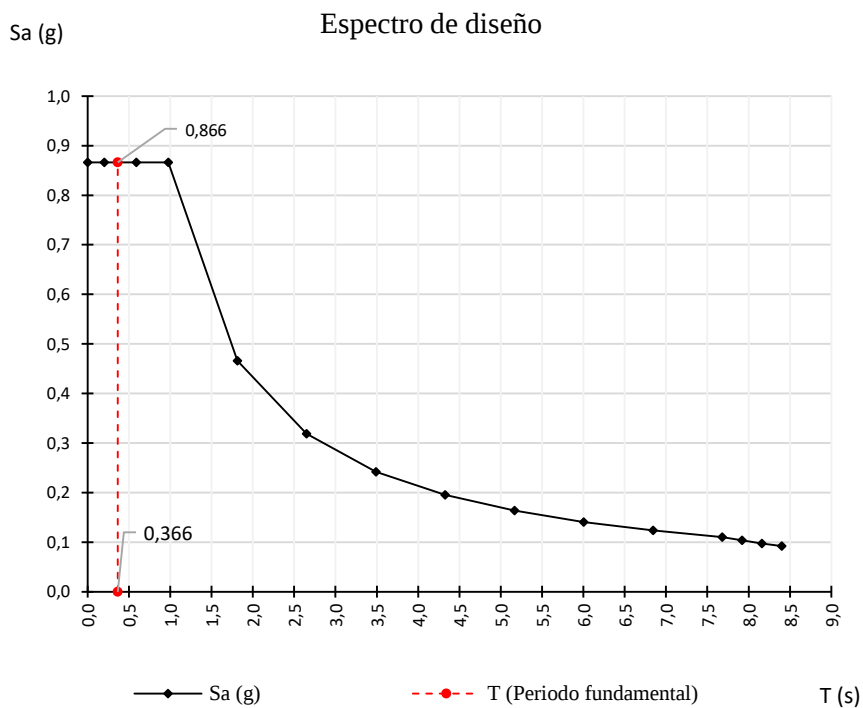
Altura de la edificación $h(m)$:	8,00	
Tabla A.4.2-1 Coeficiente C_t :	0,047	
Tabla A.4.2-1 Coeficiente α :	0,9	
Periodo fundamental aproximado $T_a = C_t h^\alpha$:	0,305	
A.4.2-2 $C_u = 1,75 - 1,2A_v F_v$:	1,200	
Periodo fundamental máx.. permitido $T = C_u T_a$:	0,366	
Exponente k:	1,00	

¿Cumple?
Si

1.3.2.2 Cortante sísmico en la base VS A.4.3.1

Periodo fundamental T:	0,366	seg	
Aceleración horizontal S_a :	0,866	% g	
Gravedad g:	9,8	(m/s ²)	
Masa de la edificación:	11515,00	kN	1175,0 Ton
Cortante basal V_s :	9974,869	kN	1017,8 Ton

¿Cumple?
Si



1.3.3 Método análisis dinámico elástico modal espectral A.5.4

1.3.3.1 Modos de vibración A.5.4.2

Deben incluirse en el análisis dinámico todos los modos que contribuyan de manera significativa en la respuesta dinámica de la estructura, esto se cumple cuando se incluye el 90% de la masa participante de la estructura en cada una de las direcciones de análisis.

Si

1.3.3.2 Ajuste de los resultados A.5.4.5

	Análisis sísmico	Sentido X	Sentido Y
Aceleración horizontal S_a :		0,866	0,866
Periodo fundamental T_a FHE (Seg):		0,366	0,366
Periodo fundamental del análisis dinámico (Seg):		0,523	0,405
A.4.2.3 Comparación de periodos:		70,1	90,5
Cortante basal FHE V_s (kN):		9974,869	9974,869
Cortante basal dinámico V_{ij} (kN)		7982,982	7190,456
Configuración estructural:		Irregular	
% de cortante basal V_s		80,0%	72,1%
% de cortante basal V_s que se debe cumplir		90%	
Factor:		1,12	1,25
Factor de amplificación espectro (ETABS):		11,02	12,24

1.4 Verificación de derivas y desplazamientos

1.4 VERIFICACIÓN DE DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
1.4.1	Separación entre estructuras adyacentes	A.6.5	☒	☐	☐
1.4.2	Desplazamientos por efectos P-DELTA	A.6.2.3	☒	☐	☐
1.4.3	Desplazamientos totales, deriva máxima y límites	A.6.4 - A.6.3	☒	☐	☐

1.4.1 Separación entre estructuras adyacentes A.6.5

Tipo de colindancia: Existe edificación vecina sin separación sísmica y Coinciden losas de entrepiso

Altura de la edificación: 3 pisos

Altura edificación (m) h_n : 8,00

Separación sísmica mínima en la cubierta (m): No requiere -

Desplazamiento máximo en el nivel de cubierta: 0,0310

¿Cumple?
Si

1.4.3 Desplazamientos totales, deriva máxima y límites A.6.4 - A.6.3

Se revisan las derivas para los nodos que se consideran mas influyentes en la estructura, los cuales con los de las esquinas y el nodo central.

SENTIDO X										
Story	Label	Load Case/ Combo	UX (m)	UY (m)	Deriva X	Deriva Y	Deriva Total	hi (m)	Deriva máx.	¿Cumple?
N+8,00m	1	SX Max	0,019341	0,002134	0,0098	0,0013	0,0099	4,00	0,0400	Cumple
N+3,95m	1	SX Max	0,009531	0,000856	0,0095	0,0009	0,0096	3,95	0,0395	Cumple
N+0,00m	1	SX Max	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	Cumple
N+8,00m	5	SX Max	0,019404	0,001696	0,0098	0,0010	0,0099	4,00	0,0400	Cumple
N+3,95m	5	SX Max	0,009564	0,000699	0,0096	0,0007	0,0096	3,95	0,0395	Cumple
N+0,00m	5	SX Max	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	Cumple
N+8,00m	18	SX Max	0,034959	0,000419	0,0172	0,0002	0,0172	4,00	0,0400	Cumple
N+3,95m	18	SX Max	0,017766	0,000212	0,0178	0,0002	0,0178	3,95	0,0395	Cumple
N+0,00m	18	SX Max	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	Cumple
N+8,00m	21	SX Max	0,031037	0,001837	0,0154	0,0010	0,0154	4,00	0,0400	Cumple
N+3,95m	21	SX Max	0,015633	0,000862	0,0156	0,0009	0,0157	3,95	0,0395	Cumple
N+0,00m	21	SX Max	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	Cumple
N+8,00m	25	SX Max	0,031115	0,00161	0,0154	0,0009	0,0155	4,00	0,0400	Cumple
N+3,95m	25	SX Max	0,015692	0,000696	0,0157	0,0007	0,0157	3,95	0,0395	Cumple
N+0,00m	25	SX Max	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	Cumple
N+8,00m	27	SX Max	0,022591	0,001604	0,0120	0,0009	0,0120	4,00	0,0400	Cumple
N+3,95m	27	SX Max	0,010621	0,000695	0,0106	0,0007	0,0106	3,95	0,0395	Cumple
N+0,00m	27	SX Max	0	0				0,00		

1.5 Análisis y diseño de los miembros estructurales

1.5 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS MIEMBROS ESTRUCTURALES						¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A			
1.5.1	Elemento estructural tipo viga, vigueta o riostra							
1.5.1.1	Datos análisis estructural Etabs	A.3.4						
1.5.1.2	Diseño a flexión (refuerzo longitudinal)	C.10.3	✓	□	□			
1.5.1.3	Diseño a cortante (refuerzo transversal)	C.11.2	✓	□	□			
1.5.2	Elemento estructural tipo losa de entrepiso.	C.8.13	✓	□	□			
1.5.2.1	Diseño a retracción y temperatura.	C.7.12.2.1	✓	□	□			
1.5.3	Elemento estructural escalera.							
1.5.3.1	Dimensiones de la escalera	K.3.8.3	✓	□	□			
1.5.3.2	Predimensionamiento de placa	Tabla C.9.5 (a)	✓	□	□			
1.5.3.3	Análisis de cargas	Título B	✓	□	□			
1.5.3.4	Diseño a flexión (refuerzo longitudinal)	C.10.3	✓	□	□			
1.5.3.5	Diseño a cortante (refuerzo transversal)	C.11.2	✓	□	□			
1.5.3.6	Diseño a retracción y temperatura.	C.7.12.2.1	✓	□	□			
1.5.4	Elemento estructural tipo columna.							
1.5.4.1	Diseño refuerzo longitudinal.	C.10.9.1	✓	□	□			
1.5.4.2	Diseño refuerzo transversal.	C.21	✓	□	□			
1.5.4.3	Diagrama de interacción columnas	CR.10.2-CR.10.3	✓	□	□			
1.5.5	Verificación Columna fuerte - viga débil	C.21-4	✓	□	□			

1.5.1 Elemento estructural tipo viga, vigueta o riostra

Características del elemento			
Sección transversal		Característica del refuerzo	
b (m)	0,400	f_y (kg/cm ²)	4200
h (m)	0,450	f_{yt}	2400
d (m)	0,39	E (MPa)	200000
Característica del concreto		Nº estribo	3
f'_c (kg/cm ²)	210	Coef. disipación de energía	DMO

1.5.1.1 Datos análisis estructural ETABS A.3.4

VGA-01	$M_{máx+}$ (ton m)	$M_{máx-}$ (ton m)	Carga ultima (ton/m)	Longitud tramo (m)	Reacciones en los apoyos (ton)	
Lab	1,530	6,010	1,638	5,500	RA	2,860
Lbc	1,700	5,960	0,985	5,490	RB	6,140
Lcd	2,280	5,440	1,214	6,730	RC	8,940
Lde	1,670	5,000	1,823	5,080	RD	7,740
-	-	-	-	-	RE	6,15

1.5.1.2 Diseño a flexión [refuerzo longitudinal] C.10.3

Definición de factores y coeficientes implementados									
β_1	0,85			ψ_e	1,0				
E_y	0,0021			ψ_s	0,8				
m	23,53			ψ_t	1,0				
ρ_{min}	0,0033			$(C_b + K_{tr})/d_b$	2,50				
ρ_{bal}	0,0213			ϕ flexión	0,9				
$\rho_{máx}$	0,0159			λ	1,00				
MOMENTO POSITIVO									
Luz	k_{req} (ton/m ²)	Cuantía ρ	¿Cumple?	A_s (cm ²)	Nº barra	Cant. de barras	Área barra (cm ²)	Área total (cm ²)	¿Cumple?
Lab	25,15	0,0033	CUMPLE	5,200	5	3	2,00	6,00	CUMPLE
Lbc	27,94	0,0033	CUMPLE	5,200	5	3	2,00	6,00	CUMPLE
Lcd	37,48	0,0033	CUMPLE	5,200	5	3	2,00	6,00	CUMPLE
Led	27,45	0,0033	CUMPLE	5,200	5	3	2,00	6,00	CUMPLE
Separación (cm)	b_{min} (cm)	¿Cumple?	A_s a apoyo	ρ A_s a apoyo	ϕ M_n (kg m)	l_d (m)	l_a (m)		
2,50	19,67	CUMPLE	67%	0,0026	5718,38	0,42	0,39		
2,50	19,67	CUMPLE	67%	0,0026	5718,38	0,42	0,39		
2,50	19,67	CUMPLE	67%	0,0026	5718,38	0,42	0,39		
2,50	19,67	CUMPLE	67%	0,0026	5718,38	0,42	0,39		

MOMENTO NEGATIVO									
Luz	k_{req} (ton/m ²)	Cuantía ρ	¿Cumple?	A_s (cm ²)	Nº barra	Cant. de barras	Área barra (cm ²)	Área total (cm ²)	¿Cumple?
Lab	98,78	0,0033	CUMPLE	5,200	5	3	2,00	6,00	CUMPLE
Lbc	97,96	0,0033	CUMPLE	5,200	5	3	2,00	6,00	CUMPLE
Lcd	89,41	0,0033	CUMPLE	5,200	5	3	2,00	6,00	CUMPLE
Led	82,18	0,0033	CUMPLE	5,200	5	3	2,00	6,00	CUMPLE

s (cm)	b_{min} (cm)	¿Cumple?	A_s a apoyo	ρ A_s a apoyo	ϕM_n (kg m)	l_d (m)	l_a (m)
2,50	19,67	CUMPLE	67%	0,0026	5718,38	0,42	0,39
2,50	19,67	CUMPLE	67%	0,0026	5718,38	0,42	0,39
2,50	19,67	CUMPLE	67%	0,0026	5718,38	0,42	0,39
2,50	19,67	CUMPLE	67%	0,0026	5718,38	0,42	0,39

1.5.1.3 Diseño a cortante [refuerzo transversal] C.11.2

Tramo AB →			
Resistencia al corte		Separación y estribos mínimos	
V_A (ton)	2,860	Ubicación 1 ^{er} estribo (m)	0,05
x (m)	0,59	Zona de confinamiento	
V_{ud} (ton)	1,894	L_{0req} (m)	0,900
ϕV_c (ton)	8,986	S_{req} (m)	0,098
$V_{ud} > \phi V_c$	No requiere estribos	Cant. estribos	10,0
ϕV_{sreq} (ton)	-7,093	Zona no confinada	
ϕV_{smax} (ton)	35,605	$L_{NoConf.}$ (m)	3,600
$\phi V_{smax} > \phi V_{sreq}$	Cumple	S_{req} (m)	0,195
		Cant. estribos	19,0

← Tramo BA			
Resistencia al corte		Separación y estribos mínimos	
V_B (ton)	6,149	Ubicación 1 ^{er} estribo (m)	0,05
x (m)	0,59	Zona de confinamiento	
V_{ud} (ton)	5,183	L_{0req} (m)	0,900
ϕV_c (ton)	8,986	S_{req} (m)	0,098

$V_{ud} > \phi V_c$	No requiere estribos	Cant. estribos	10,0
$\phi V_{sreq} \text{ (ton)}$	-3,804	Zona no confinada	
$\phi V_{smax} \text{ (ton)}$	35,605	$L_{NoConf.} \text{ (m)}$	3,600
$\phi V_{smax} > \phi V_{sreq}$	Cumple	$s_{req} \text{ (m)}$	0,195
		Cant. estribos	19,0

Resultados tramo AB			
	Zona confinada	Zona no confinada	Zona confinada
	$L_{0req} \text{ (m)}$	$L \text{ (m)}$	$L_{0req} \text{ (m)}$
$L_{0req} \text{ (m)}$	0,900	3,6	0,900
$s_{req} \text{ (m)}$	0,098	0,195	0,098
Cant. estribos	10,000	19	10,000
¿Cumple?	Si	Si	Si

Resultados tramo BC			
	Zona confinada	Zona no confinada	Zona confinada
	$L_{0req} \text{ (m)}$	$L \text{ (m)}$	$L_{0req} \text{ (m)}$
$L_{0req} \text{ (m)}$	0,900	3,59	0,900
$s_{req} \text{ (m)}$	0,098	0,195	0,098
Cant. estribos	10,000	19	10,000
¿Cumple?	Si	Si	Si

Resultados tramo CD			
	Zona confinada	Zona no confinada	Zona confinada
	$L_{0req} \text{ (m)}$	$L \text{ (m)}$	$L_{0req} \text{ (m)}$
$L_{0req} \text{ (m)}$	0,900	4,83	0,900
$s_{req} \text{ (m)}$	0,098	0,195	0,098
Cant. estribos	10,000	25	10,000
¿Cumple?	Si	Si	Si

Resultados tramo DE			
	Zona confinada	Zona no confinada	Zona confinada
	L_{0req} (m)	L (m)	L_{0req} (m)
L_{0req} (m)	0,900	3,18	0,900
s_{req} (m)	0,098	0,195	0,098
Cant. estribos	10,000	17	10,000
¿Cumple?	Si	Si	Si

1.5.2 Elemento estructural tipo losa de entrepiso C.8.13

1.5.2.1 Diseño a retracción y temperatura C.7.12.2.1

Definición características losa de entrepiso	
espesor e (m)	0,10
refuerzo	3
b (m)	1,00
Diseño a retracción y temperatura.	
$AS_{retr. \text{ y temp. }} (cm^2)$	1,8
$s \leq 450mm$	0,45
$s \leq 5*e$	0,5
S_{min} (m)	0,45
# Barras / m	3,0
S (m)	0,33
¿Cumple separación?	CUMPLE

1.5.3 Elemento estructural tipo escalera K.3.8.3

Loseta	Longitud (m)	Espesor (m)	Ancho (m)
Horizontal	1,8	0,18	1,8
Inclinado 1°-descanso	3	0,18	1,8
proyección horizontal	5,48		
Nivel	# Peldaños	Huella	Contrahuella
1° Descanso	11	0,3	0,17
ancho columna (m)	0		
carga viva (kg/m2)	500		
acabados de piso (kg/m2)	110		

1.5.3.1 Diseño a flexión [refuerzo longitudinal] C.10.3

Factores y coeficientes implementados			
f_y (kg/cm ²)	4200	E_y	0,0021
f'_c (kg/cm ²)	210	β_1	0,850
$\phi_{flexión}$	0,90	ρ_{min}	0,003
b (m)	1,000	ρ_{max}	0,015
d (m)	0,150	$\rho_{balanceada}$	0,021
m	23,529		

Análisis de cargas	
Carga ultima (ton/m)	1,448
M_{max+} (ton*m)	0,550

Diseño a flexión							
Kreq (ton/m ²)	ρ	¿Cumple?	A_s (cm ²)	Nº barra	Cantidad de barras / m	S(m)	¿Cumple separación?
54,074	0,00333	CUMPLE	5,000	5	2,500	0,400	CUMPLE

Análisis de cargas	
Carga ultima (ton/m)	1,448
M_{max-} (ton*m)	3,830

Diseño a flexión							
Kreq (ton/m ²)	ρ	¿Cumple?	A_s (cm ²)	Nº barra	Cantidad de barras / m	S(m)	¿Cumple separación?
94,568	0,00333	CUMPLE	5,000	5	2,500	0,400	CUMPLE

1.5.3.2 Diseño a cortante [refuerzo transversal] C.11.2

Diseño a cortante	
$\phi_{cortante}$	0,75
V_{ud} (ton/m)	3,968
ϕV_c (ton/m)	8,640
$V_{ud} > \phi V_c$	NO REQUIERE ESTRIBOS

1.5.3.3 Diseño a retracción y temperatura C.7.12.2.1

Diseño a retracción y temperatura.	
$A_{S_{retr. y temp.}} (cm^2)$	3,24
Nº Barra	3
$s \leq 450mm$	0,45
$s \leq 5*e$	0,9
$S_{min} (m)$	0,45
Cant. Barras / m	4,563
S (m)	0,22
¿Cumple separación?	CUMPLE

1.5.4 Elemento tipo columna C.21

Características columna	
b (cm)	40,00
h (cm)	60,00
Longitud Libre (Cm)	360
Capacidad Disipación De Energía	DMO
F'c (Kg/Cm ²)	210
Fy (Kg/Cm ²)	4200
E (Kg/Cm ₂)	2000000

1.5.4.1 Diseño refuerzo longitudinal C.10.9.1

Ubicación refuerzo	Cant. de barras	# barra	Área (cm ²)
esquinas	4	7	15,48
caras	6	7	23,22
Acero longitudinal requerido			
$A_{min} (cm^2)$	24,00		
$A_{max} (cm^2)$	96,00		
$A_{total} (cm^2)$	38,70		
Cuantía (%)	1,61%		
	Cumple		

Disposición acero de refuerzo longitudinal	
Barras en el eje de la base	3
Barras en el eje de la altura	4

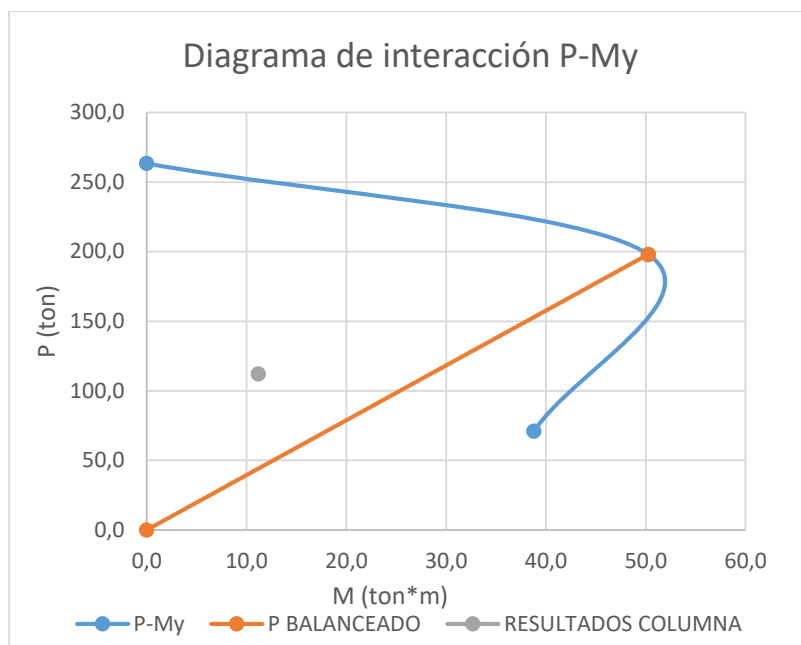
Separación requerida acero longitudinal		
Recubrimiento (cm)	4	
$s \geq 1.5d_b$	3,33	
$s \geq 4\text{cm}$	4,00	
s_{req} base (cm)	11,72	CUMPLE
s_{req} altura (cm)	13,74	CUMPLE

1.5.4.2 Diseño refuerzo transversal C.21

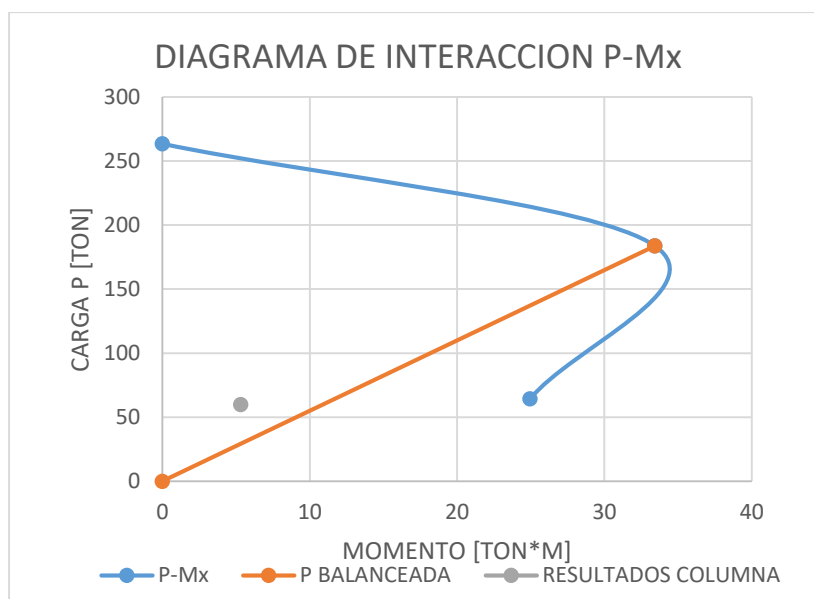
Acero transversal requerido	
Estribo requerido (#barra)	3
Refuerzo transversal requerido	
Ubicación 1er estribo (m)	0,05
Zona Confinada	
$L_{0\text{req}}$ (m)	0,6
s_{req} (m)	0,133
Cant. estribos	5
Zona no Confinada	
$L_{\text{NoConf.}}$ (m)	2,300
s_{req} (m)	0,267
Cant. estribos	9
Zona Confinada	
$L_{0\text{req}}$ (m)	0,6
s_{req} (m)	0,133
Cant. estribos	5

1.5.4.3 Diagrama de interacción columnas CR.10.2-CR.10.3

P (ton)	M (ton*m)
263,46	0,00
197,99	50,25
70,97	38,79
112,11	11,18



P (ton)	M (ton*m)
263,46	0,00
183,79	33,43
64,31	24,95
60,00	5,32



2 Revisión de diseño sísmico de elementos no estructurales

2.1 Análisis y diseño sísmico de elementos no estructurales

2.1 ANÁLISIS Y DISEÑO SISMICO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
2.1.1	Exenciones diseño de elementos no estructurales	A.9.1.3	☒	☐	☐
2.1.2	Definición grado de desempeño	A.9.2	☒	☐	☐
2.1.3	Acabados y elementos arquitectónicos	A.9.5	☒	☐	☐
2.1.3.2	Determinación de coeficientes a_p y R_p	Tabla A.9.5-1	☒	☐	☐
2.1.3.3	Determinación fuerzas sísmicas de diseño F_p	A.9.4.2	☒	☐	☐
2.1.3.4	Diseño del elemento (muro)		☒	☐	☐
2.1.4	Instalaciones	A.9.6	☐	☒	☐
2.1.4.1	Criterios de diseño utilizados	Tabla A.9.6-1	☐	☒	☐

2.1.1 Exenciones diseño de elementos no estructurales A.9.1.3

Zona de amenaza sísmica: **Intermedia**

Grupo de uso: **Grupo_II**

¿Está exenta del capítulo A.9? Se debe diseñar elementos no estructurales

2.1.2 Definición grado de desempeño A.9.2

Bueno		
Grupo de uso:	Grado de desempeño	Características del desempeño de elementos no estructurales debido a la ocurrencia del sismo de diseño:
Grupo_IV	Superior	El daño que se presenta es mínimo y no interfiere con la operación
Grupo_III	Superior	El daño que se presenta es mínimo y no interfiere con la operación
Grupo_II	Bueno	El daño es reparable y puede haber interferencia con la operación
Grupo_I	Bajo	Se presentan daños graves, no reparables pero sin desprendimiento

2.1.3 Acabados y elementos arquitectónicos A.9.5

2.1.3.2 Determinación de coeficientes a_p y R_p Tabla A.9.5-1

		Tipos de anclajes o amarres para determinar R_p			
Elemento no estructural	a_p	Grado de desempeño			R_p
		Superior	Bueno	Bajo	
Fachada-Mampostería reforzada, separada de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1,0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles	1,5

2.1.3.3 Determinación fuerzas sísmicas de diseño Fp A.9.4.2

A_a : 0,15	I : 1,10	a_p : 1,0
S_a : 0,866	h_n : 10,4	R_p : 1,5
γ_{elemento} (ton/m ³): 1,5	H_{eq} : 7,8	Anclaje: No dúctiles

Nivel	h_x (m)	h_x/h_{eq}	a_x	H muro (m)	e (m)	M_p (ton/m)	F_p (ton/m)
Cubierta2	10,2	1,31	1,133	2,05	0,12	0,369	0,279
Cubierta	8	1,03	0,888	3,5	0,12	0,630	0,373
1	3,95	0,51	0,513	3,5	0,12	0,630	0,215

2.1.3.4 Diseño del elemento (muro)

Se debe utilizar un procedimiento de diseño de mampostería que cumpla con los requisitos del título D de la NSR-10 y chequear que cumpla tanto a flexión, cortante y además que no vayan a sufrir daño por las derivas causadas en los pórticos de la estructura, para ello se debe decidir si se separan de la estructura o si se diseñan para que resistan estos efectos.

2.1.4 Instalaciones A.9.6

2.1.4.1 Criterios de diseño utilizados Tabla A.9.6-1

Se debe definir los criterios de diseño sísmico para las instalaciones, y definir el tipo de anclaje a la estructura para que no fallen tras las deformaciones provocadas por el sismo a la estructura.

3 Revisión de estudios geotécnicos

3.1 Caracterización geotécnica del subsuelo

3.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
3.1.1	Clasificación unidades de construcción	H.3.1.1	☒	☐	☐
3.1.2	Número mínimo de sondeos y profundidad	H.3.2.3	☒	☐	☐
3.1.3	Características y distribución de sondeos	H.3.2.4	☒	☐	☐
3.1.4	Ejecución ensayos de campo	H.3.3.5	☒	☐	☐
3.1.5	Ensayos de laboratorio	H.3.3	☒	☐	☐
3.1.6	Propiedades básicas	H.3.3.3	☒	☐	☐
3.1.7	Propiedades geomecánica	H.3.3.4	☒	☐	☐
3.1.8	Factor de seguridad indirecto	H.4.7	☒	☐	☐
3.1.9	Factor de seguridad directo	H.2.4.3	☒	☐	☐
3.1.10	Condiciones geotécnicas especiales	H.9	☐	☐	☒
3.1.10.1	Suelos expansivos	H.9.1	☐	☐	☒
3.1.10.2	Suelos dispersivos o erodables	H.9.2	☐	☐	☒
3.1.10.3	Suelos colapsables	H.9.3	☐	☐	☒
3.1.10.4	Efectos de la vegetación	H.9.4	☐	☐	☒

3.1.1 Clasificación unidades de construcción H.3.1.1

Tabla H.3.1-1
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

3.1.2 Numero de sondeos y profundidad H.3.2.3



Tabla H.3.2-1
Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción
Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5



3.1.3 Resultado ensayo de laboratorios

PROYECTO:		CENTRO DÍA - ADULTO MAYOR (FUNZA)							LOCALIZACIÓN: Calle 15 con carrera 9 - FUNZA cundinamarca												
PROF. No.	No.	TIPO DE SUELO	Tipo muestra	Profundidad (m)			PESO UNITARIO		PLASTICIDAD			W _n (%)	GRANULOMETRÍA			q _s (kg/cm²)	qu (kg/cm²)	Cu (kg/cm²)	N (SPT) g/ft		
				Inicia	Final	Medio	γ _t (t/m³)	γ _d (t/m³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		% Grava	% Arena	% Fines						
S-1	1	Limo arcilloso gris orgánico	Barrena	0.00	1.20	0.60	1.34	0.77	100	32	68	75.0	0.0	0.0	100.0	MH	0.46	0.23	2		
	2	Arcilla gris con oxidaciones con intercalaciones de arcilla café, de alta plasticidad y consistencia media	Inalterada	1.20	1.80	1.50	1.38	0.84	100	32	68	64.0	0.0	0.0	100.0	CH	0.46	0.23	2		
	3		Inalterada	3.30	3.90	3.60	1.54	0.88	94	28	66	75.2	0.0	0.0	100.0	CH	0.23	0.12	2		
	4		Inalterada	5.40	6.00	5.70	1.54	0.93	94	28	66	65.9	0.0	5.1	94.9	CH	0.23	0.12	2		
	5		Inalterada	7.50	8.10	7.80	1.58	0.90	118	35	83	75.0	0.0	0.0	100.0	CH	0.36	0.18	2		
	6		Inalterada	9.60	10.20	9.90	1.49	0.88	118	35	83	72.3	0.0	0.0	100.0	CH	0.35	0.17	2		
	7		Inalterada	11.70	12.30	12.00	1.43	0.79	117	34	83	81.9	0.0	0.0	100.0	CH	0.40	0.20	2		
	8		Inalterada	13.80	14.40	14.10	1.52	0.88	117	34	83	76.7	0.0	0.0	100.0	CH	0.35	0.18	2		
S-2	1	Limo arcilloso gris orgánico	Barrena	0.00	1.50	0.75		0.00				56.0	0.0	2.3	97.7	MH		0.00	2		
	2	Arcilla gris con oxidaciones de alta plasticidad y consistencia media	Inalterada	1.50	2.10	1.80	1.60	0.96	97	25	72	67.2	0.0	0.0	100.0	CH	0.70	0.35	2		
	3		Inalterada	3.60	4.20	3.90	1.58	0.94	105	34	71	67.6	0.0	0.0	100.0	CH	0.31	0.16	2		
	4		Inalterada	5.70	6.30	6.00	1.44	0.74	92	34	58	93.9	0.0	0.0	100.0	CH	0.43	0.22	2		
	5		Inalterada	7.80	8.40	8.10	1.47	0.80	92	34	58	83.5	0.0	0.0	100.0	CH	0.32	0.16	2		
S-3	1	Limo orgánico negro	Barrena	0.00	1.00	0.50			76	43	33		0.0	0.0	100.0	MH					
	2	Arcilla gris y café con oxidaciones	Inalterada	1.00	1.60	1.30	1.59	1.01	106	31	75	57.0	0.0	0.0	100.0	CH	0.27	0.14			
	3		Inalterada	3.10	3.70	3.40	1.55	0.94	130	38	92	65.5	0.0	0.0	100.0	CH	0.25	0.13			
AP-1	1	Limo orgánico negro y café	Bolsa	0.80	1.00	0.90						49.6				MH					
	2	Limo café	Molde	1.20	1.50	1.35	1.49	0.90	86	53	32	65.4	0.0	9.8	90.2	MH	CBR = 4.6%		Exp = 0.0%		
AP-2	1	Limo orgánico negro y café	Bolsa	0.50	0.80	0.65						70.0				MH					
	2	Arcilla gris	Molde	1.20	1.50	1.35	1.79	1.20	78	24	54	49.0	0.0	0.4	99.6	CH	CBR = 1.2%		Exp = 0.3%		

3.2 Análisis y diseño de cimentación

3.2 ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIMENTACIÓN			¿Cumple?		
Ítem	Descripción	Normativa	Si	No	N/A
3.2.1	Características del suelo	H.3.3.3	☒	☐	☐
3.2.2	Elemento de cimentación tipo zapatas	C.15.3	☒	☐	☐
3.2.2.1	Características del elemento		☒	☐	☐
3.2.2.2	Capacidad portante del suelo	H.4.2	☒	☐	☐
3.2.2.3	Definición factores y coeficientes		☒	☐	☐
3.2.2.4	Diseño a cortante o punzonamiento	C.11.11.1-C.11.11.2	☒	☐	☐
3.2.2.5	Diseño por aplastamiento	C.10.14.1	☐	☒	☐
3.2.2.6	Diseño por flexión	C.15.4	☒	☐	☐
3.2.3	Viga de amarre de cimentación	C.15.13	☒	☐	☐
3.2.3.1	Características del elemento		☒	☐	☐
3.2.3.2	Diseño a compresión	A.3.6.4.2	☒	☐	☐
3.2.3.3	Diseño a tracción	A.3.6.4.2	☒	☐	☐

3.2.1 Características del suelo H.3.3.3

Características del suelo			
Fricción ϕ (°)	0,00	γ_{suelo} (ton/m ³)	1,54
Cohesión (kg/cm ²)	0,18	γ_{agua} (ton/m ³)	1,00
Cu (kg/cm ²)	0,18	γ_{sat} (ton/m ³)	0,00
Nf (m)	2,30		

3.2.2.1 Características de la cimentación

Características de la Zapata			
b (m)	3,00	Carga ultima columna (ton)	36,45
l (m)	3,00	Mx (ton*m)	8,35
h (m)	0,30	Refuerzo	4,00
Df (m)	1,20	Nº barras	17,00
b _{columna} (m)	0,40	A _{sreqx} (cm ²)	21,93
l _{columna} (m)	0,40	My (ton*m)	8,72
Recubrimiento (cm)	7,50	Refuerzo	4,00
Peralte efectivo	20,60	Nº barras	17,00
factor de seguridad (fs)	3,00	A _{sreqy} (cm ²)	21,93

3.2.2.2 Capacidad portante del suelo H.4.2

Esfuerzo efectivo q (ton/m ²)	1,848	CUMPLE LA CIMENTACION
Capacidad de carga ultima (ton/m ²)	14,668	
Capacidad de carga admisible (ton/m ²)	4,889	
Carga admisible cimentación (ton)	44,005	

3.2.2.3 Definición factores y coeficientes

Factores y coeficientes de cimentación			
f 'c (kg/cm ²)	210	ϵ_{uc}	0,003
f _y (kg/cm ²)	4200	ϵ_y	0,002
ϕ_{cortante}	0,750	λ	1,000
ϕ_{traccion}	0,900	β	0,850
β_1 Relacion sección columna	1,000	b _o perimetro (m)	2,600
$\phi_{\text{aplastamiento}}$	0,650	α_s	40

3.2.2.4 Diseño a cortante o punzonamiento C.11.11.1

Revisión por cortante o punzonamiento	
Punzonamiento V_u (ton)	34,963
Resistencia del concreto v_c (ton)	NO CUMPLE
$V_c = 0.17 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$	29,681
$V_c = 0.083 * \left(\frac{\alpha_s * d}{b_o} + 2\right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$	24,966
$V_c = 0.33 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$	19,205

3.2.2.5 Diseño por aplastamiento C.10.14.1

Revisión por aplastamiento	
Carga columna (ton)	36,45
Resistencia aplastamiento P_u (ton)	281,2
CUMPLE	

3.2.2.6 Diseño por flexión C.15.4

Diseño a flexión zapatas (X-Y)			
c (cm)	12,357	c (cm)	12,357
a (cm)	10,503	a (cm)	10,503
A_{smin} (cm2)	14,828	A_{smin} (cm2)	14,828
A_{sreqx} (cm2)	21,93	A_{sreqy} (cm2)	21,93
$A_{sreq} > A_{smin}$	CUMPLE	$A_{sreq} > A_{smin}$	CUMPLE
M_x (ton m)	12,719	M_y (ton m)	12,719
CUMPLE		CUMPLE	

3.2.3 Vigas de amarre de cimentación C.15.13

3.2.3.1 Características del elemento tipo viga de cimentación.

Características del elemento			
b (m)	0,40	$\phi_{compresion}$	0,65
h (m)	0,50	$\phi_{traccion}$	0,90
l (m)	3,88	Recubrimiento (cm)	7,50

$f'c$ (kg/cm ²)	210	Aa	0,15
f_y (kg/cm ²)	4200		
$P_{ucolumna1}$ (ton)	21,66	$P_{ucolumna2}$ (ton)	50,24

3.2.3.2 Diseño a compresión A.3.6.4.2

Diseño compresion	
Refuerzo transversal	
Estribo	3
S (cm)	20
Refuerzo longitudinal	
C o T (ton)	1,884
Barra	5
Nº barras superior	3
Nº barras inferior	3
A_{total} (cm ²)	11,94
S_x (cm)	10,755
$C_{resiste}$ (ton)	197,446
CUMPLE	

3.2.3.3 Diseño a tracción A.3.6.4.2

Diseño traccion	
$T_{resiste}$ (TON)	45,133
CUMPLE	

Conclusiones de revisión

Revisión contenido mínimo de memorias, planos y estudios

En aspectos generales los documentos presentados cumplen con los requeridos por el reglamento NSR-10, entre los ítems que no cumplen se encuentra que no se presenta las especificaciones de las unidades de mampostería, no se presentan las características geológicas de la zona tal como se exige en el título H.2.2.1. y no se presentan los criterios de diseño sísmico para los elementos no estructurales del tipo instalaciones como se define en el título A.9.6.

Revisión de diseños estructurales

Avalúo de Cargas. Después de revisar los avalúos de cargas utilizados se establece que cumple con la NSR-10 pero se recomienda mostrar el avalúo de la cubierta de máquinas.

Parámetros de diseño sísmico. Se debe presentar un análisis y aclarar el valor utilizado del coeficiente de ausencia por redundancia.

Análisis estructural empleado El método de análisis utilizado cumple con el reglamento, se presenta el cálculo del periodo máximo permitido y con este se realiza el análisis, sin embargo, en el momento de comparar el periodo obtenido del análisis dinámico con el de FHE, no cumple con A.4.2.3 pero a su vez se presenta una disminución del 10% de la aceleración espectral y no se explica por qué.

Verificación de derivas y desplazamientos. Las derivas y separación entre las dos edificaciones cumplen satisfactoriamente.

Análisis y diseño de los miembros estructurales. Después de analizar los elementos críticos de cada tipo, se concluye que cumple con los requisitos de la NSR-10.

Revisión de diseño sísmico de elementos no estructurales

Se presenta el análisis para diseño sísmico cumpliendo con los requisitos del título A.9

Revisión de estudios geotécnicos

El estudio de suelos cumple con el reglamento, pero se debe revisar el diseño por cortante o punzonamiento de la zapata dado que es el único parámetro que no cumple con los requisitos. En general se concluye que el diseño de la estructura cumple con los requisitos de la NSR-10 debido a que los aspectos en los cuales presenta deficiencias o falta de análisis no son representativos para la validación del mismo.