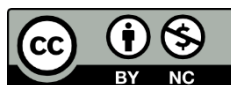


**APLICACIÓN DE TEMÁTICAS EN INGENIERÍA CIVIL
DISEÑO ESTRUCTURAL E HIDROSANITARIO, CANTIDADES DE OBRA Y
PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SALÓN COMUNAL DEL
ASENTAMIENTO INFORMAL SAN CIPRIANO, VILLAVICENCIO**



Por:
Gabriela Andrea Alvarado Castañeda
Luis Guillermo González Medellín



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

**APLICACIÓN DE TEMÁTICAS EN INGENIERÍA CIVIL
DISEÑO ESTRUCTURAL E HIDROSANITARIO, CANTIDADES DE OBRA Y
PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SALÓN COMUNAL DEL
ASENTAMIENTO INFORMAL SAN CIPRIANO, VILLAVICENCIO**



Por:
Gabriela Andrea Alvarado Castañeda
Luis Guillermo González Medellín

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional
de ingeniero civil

Aprobado por:
Ing. Bregy Hassler Choque Jiménez, Esp.
Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón
Decano Facultad Ingeniería Civil

Ing. Bregy Hassler Choque Jiménez
Director Trabajo de Grado

Ing. Sergio Enrique Argüello Vera
Jurado

Villavicencio, 27 de Agosto de 2020

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a :

A Dios por darme la sabiduría, fuerza y perseverancia para culminar este proyecto.

A mis padres Omar y Olga, pero principalmente a mi madre quien siempre ha creído en mí y quien con su amor incondicional me ha apoyado y motivado en las situaciones difíciles que se han presentado en mi vida, especialmente durante mi formación profesional pero también en los mejores momentos de mi vida donde he cumplido mis sueños.

A mi hermano Felipe, quien siempre con sus palabras y actos sinceros me motiva a no rendirme ante las adversidades.

A mi abuelo Luis José, por acompañarme y apoyarme en todas las aventuras que he emprendido.

Finalmente, a todos aquellos que me acompañaron y me dieron fuerza cuando creí que ya no la tenía para finalizar este proyecto.

Gabriela Andrea Alvarado Castañeda

Este trabajo está dedicado a :

A mis padres por ser mi apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, especialmente en mi etapa de formación profesional, cada consejo me ayudo a entender que tenía que lograr mis sueños de la mejor manera.

A María Lucía y a María José mi familia, son mi motor de vida y las personas por las cuales me esfuerzo cada día en ser mejor y poder bríndales lo mejor siempre.

A mis Hermanos Juan José, Juan Felipe y María Claudia siempre están presentes en mi vida, haciéndome sentir que estoy hecho para cosas grandes.

A todas las personas que me brindaron su apoyo condicional para realizar este trabajo con éxito.

Luis Guillermo González Medellín

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos paciencia, sabiduría y perseverancia durante la elaboración de este proyecto

El más sincero agradecimiento a nuestros padres y hermanos por creer y confiar en nosotros y quienes con su amor incondicional nos han apoyado y motivado en los momentos difíciles de nuestras vidas, especialmente durante el desarrollo de este proyecto.

A nuestro director de proyecto de grado el ingeniero Bregy Hassler Choque Jiménez por su compromiso, comprensión y orientación durante el desarrollo del proyecto.

A los docentes e ingenieros Juan Pablo Zuluaga Huertas, Iván Darío Acosta Sabogal y Johny Arley Castro Candia quienes desde su área de conocimiento nos aportaron con su experiencia en la solución de inquietudes.

A la arquitecta Eliana Ballesteros quien con su conocimiento y paciencia nos apoyó en la elaboración del diseño arquitectónico para el salón comunal.

A la ingeniera Patricia Pérez Pérez por apoyarnos y compartirnos con paciencia su conocimiento desinteresadamente.

A la junta de acción comunal del asentamiento San Cipriano quienes siempre estuvieron dispuestos y atentos a responder las solicitudes realizadas.

A nuestros amigos quienes nos apoyaron y motivaron para continuar en los momentos que tuvimos dificultades.

RESUMEN

Para el desarrollo del proyecto se realizó el análisis de vulnerabilidad para determinar el uso de la estructura existente como eje principal del diseño estructural, debido a las fallas constructivas encontradas en el sitio y la falta de información en la cimentación. Se recomienda demolición de la estructura. El salón comunal se diseñó con pórticos en concreto cumpliendo los requisitos mínimos de la NSR-10, el diseño hidrosanitario se realizó siguiendo los lineamientos de la NTC 1500. El presupuesto del proyecto se elaboró tomando como referencia los diseños realizados, para generar el costo total de la edificación.

La construcción del salón comunal en el asentamiento informal San Cipriano impulsa como parte fundamental a ejercer todo el proceso de legalización del asentamiento, siendo la consolidación urbanística un requisito mínimo para esto.

Palabras Clave: estructura, diseño, salón comunal, asentamiento, legalización.

ABSTRACT

For the development of the project, a vulnerability analysis was carried out to determine the use of the existing structure as the main axis of the structural design, due to the construction faults found on the site and the lack of information on the foundation. Demolition of the structure is recommended. The community hall was designed with concrete frames complying with the minimum requirements of NSR-10, the hydro-sanitary design was made following the guidelines of NTC 1500. The budget of the project was elaborated taking as reference the designs realized, to generate the total cost of the building.

The construction of the communal hall in the San Cipriano informal settlement is a fundamental part of the process of legalization of the settlement, with urban consolidation being a minimum requirement for this.

Key Word: *structure, design, community hall, settlement, legalization.*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	16
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
3.	JUSTIFICACIÓN.....	18
4.	OBJETIVOS.....	19
4.1.	OBJETIVO GENERAL	19
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
5.	ALCANCE	20
6.	MARCO DE REFERENCIA	21
6.1.	MARCO TEÓRICO	21
6.1.1	Capacidad Portante De Cimentaciones Superficiales.....	21
6.1.2	Método De Resistencia Ultima	21
6.1.3	Espectro Elástico De Aceleración De Diseño.....	22
6.1.4	Ecuación De Energía En Sistemas Hidráulicos.....	24
6.1.5	Ecuación de Continuidad	25
6.1.6	Estimación De Los Caudales Circulantes	25
6.1.7	Perdidas De Energía Sistema A Presión De Un Flujo Incomprensible.....	26
6.1.8	Sistemas De Alimentación Para Instalaciones Hidráulicas	27
6.1.9	Hidráulica De Desagües.....	29
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	29
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	31
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	33
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	34
7.	METODOLOGÍA	36
7.1.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	37
7.2.	EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE.....	37
7.3.	DISEÑO ARQUITECTONICO DEL SALÓN COMUNAL.....	37
7.4.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SALÓN COMUNAL.....	37
7.5.	DISEÑO HIDROSANITARIO DEL SALÓN COMUNAL	37
7.6.	CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA.....	38
7.7.	INFORME DE PRESUPUESTO	38
8.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	39
9.	EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE.....	40
9.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA	40
9.2.	CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	41
9.2.1	Aspectos Geométricos	41
9.2.2	Aspectos Constructivos.....	42
9.2.3	Aspectos Estructurales.....	42
9.2.4	Cimentación	43
9.2.5	Suelo.....	43
9.2.6	Entorno.....	43
10.	DISEÑO ARQUITECTONICO.....	45
10.1.	ESQUEMA BÁSICO O BOSQUEJO.....	45
10.2.	DISEÑO PRELIMINAR	46

10.3. PROYECTO ARQUITECTONICO	47
11. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	48
11.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA	48
11.1.1 Información general de la estructura.....	48
11.1.2 Movimientos Sísmicos De Diseño.....	48
11.1.3 Características de la estructuración y material estructural empleado ...	49
11.2. PREDIMENSIONAMIENTO ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	50
11.2.1 Columna.....	50
11.2.2 Viga.....	50
11.2.3 Losa Aligerada En Una Dirección	51
11.2.4 Losa Maciza	51
11.3. EVALUACIÓN DE LAS SOLICITACIONES DEFINITIVAS	52
11.3.1 Cargas Vivas.....	52
11.3.2 Cargas Muertas	52
11.4. ESPECTRO DE DISEÑO	53
11.5. MÉTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE	54
11.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	55
11.7. VERIFICACIÓN DE LAS DERIVAS	56
11.8. GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA.....	56
11.9. COMBINACIÓN DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES	57
11.10. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	58
11.10.1 Viga.....	58
11.10.2 Columna.....	61
11.11. DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN	69
11.11.1 Viga de amarre	69
11.11.2 Zapata tipo	70
11.12. DISEÑO ELEMENTOS METÁLICOS CUBIERTA	74
12. DISEÑO HIDROSANITARIO	76
12.1. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A EMPLEAR.....	76
12.1.1 Instalación Hidráulica	76
12.1.2 Instalación Sanitaria Y Agua Lluvia.....	76
12.2. DISEÑO INSTALACIÓN HIDRÁULICA.....	77
12.2.1 Diseño Del Sistema De Abastecimiento De Agua Potable.....	77
12.2.2 Cálculo Tanque De Almacenamiento De Agua Potable	77
12.2.3 Cantidad De Aparatos Hidrosanitarios	78
12.2.4 Estimación De Caudales Circulantes	78
12.2.5 Predimensionamiento De La Red Hidráulica	79
12.2.6 Pérdidas Del Sistema Y Presión Final	80
12.2.7 Diseño De La Bomba	81
12.3. DISEÑO INSTALACIÓN SANITARIA	84
12.3.1 Estimación De Caudales Circulantes	85
12.3.2 Predimensionamiento De La Red Sanitaria	85
12.4. DISEÑO INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN	87
12.5. DISEÑO DE AGUAS LLUVIAS	87
12.5.1 Dimensionamiento De Las Bajantes	87
12.5.2 Dimensionamiento De Colectores.....	87
13. CÁLCULO CANTIDADES DE OBRA.....	88

14.	INFORME DE PRESUPUESTO	89
15.	RESULTADOS E IMPACTOS	92
16.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	94
16.1.	CONCLUSIONES	94
16.2.	TRABAJOS FUTUROS.....	95
	BIBLIOGRAFÍA	96
	ANEXOS	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 6-1 Normativas aplicadas en el desarrollo del proyecto.	33
Tabla 9-1 Evaluación de vulnerabilidad sísmica de la edificación existente.	43
Tabla 11-1 Información general de la estructura.	48
Tabla 11-2 Movimientos sísmicos de diseño.	48
Tabla 11-3 Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos que permitan la determinar la desviación estándar de la muestra.	49
Tabla 11-4 Dimensiones columna.	50
Tabla 11-5 Predimensión viga.	51
Tabla 11-6 Predimensionamiento losa maciza.	52
Tabla 11-7 Cargas vivas.	52
Tabla 11-8 Resumen cargas muertas.	52
Tabla 11-9 Resultado periodos de vibración.	53
Tabla 11-10 Periodo fundamental de la estructura.	55
Tabla 11-11 Fuerza horizontal equivalente.	55
Tabla 11-12 Tipo de elementos modelación en ETABS.	56
Tabla 11-13 Resumen coeficiente de capacidad de disipación de energía diseño.	57
Tabla 11-14 Coeficientes de las combinaciones de carga.	57
Tabla 11-15 Combinaciones de carga método estado límite de resistencia.	57
Tabla 11-16 Reacciones máximas y mínimas para diseño de la viga.	58
Tabla 11-17 Datos de entrada diseño viga a flexión.	59
Tabla 11-18 Cuantías de refuerzo inferior y superior.	59
Tabla 11-19 Refuerzo inferior y superior.	59
Tabla 11-20 Datos de entrada diseño viga a cortante.	60
Tabla 11-21 Verificaciones separación máxima zona confinada.	60
Tabla 11-22 Verificaciones separación máxima zona no confinada.	60
Tabla 11-23 Datos de entrada diseño viga a torsión.	61
Tabla 11-24 Datos de entrada diseño columna tipo.	61
Tabla 11-25 Configuración acero de refuerzo columna.	62
Tabla 11-26 Datos de entrada diagrama de interacción sentido Y.	62
Tabla 11-27 Solicitaciones para las condiciones críticas en sentido Y.	64
Tabla 11-28 Datos de entrada diagrama de interacción sentido X.	65
Tabla 11-29 Solicitaciones para las condiciones críticas en sentido X.	67
Tabla 11-30 Separación del acero transversal.	68
Tabla 11-31 Datos de entrada diseño viga amarre.	69
Tabla 11-32 Acero de refuerzo longitudinal.	69
Tabla 11-33 Estimación de la fuerza a compresión.	70
Tabla 11-34 Estimación de la fuerza a tracción.	70
Tabla 11-35 Datos de entrada diseño zapata concéntrica.	70
Tabla 11-36 Cargas y dimensiones columna.	71
Tabla 11-37 Dimensionamiento de la zapata.	71
Tabla 11-38 Verificación por cortante bidireccional o punzonamiento.	72
Tabla 11-39 Verificación por cortante unidireccional en el sentido L y B.	73
Tabla 11-40 Esfuerzos en el sentido longitudinal y transversal.	74
Tabla 12-1 Parámetros cálculo tanque de almacenamiento de agua.	77

Tabla 12-2 Cálculo caudal medio diario tanque de almacenamiento de agua.	77
Tabla 12-3 Número mínimo de aparatos hidrosanitarios requeridos.	78
Tabla 12-4 Unidades de consumo aparatos sanitarios.	79
Tabla 12-5 Cálculo unidades y caudal de consumo.	79
Tabla 12-6 Dimensionamiento diámetro y velocidad.	80
Tabla 12-7 Presiones para el suministro agua potable al aparato.	80
Tabla 12-8 Pérdidas del sistema y presión final.	80
Tabla 12-9 Cálculo de la altura de impulsión.	82
Tabla 12-10 Cálculo de la succión más impulsión.	83
Tabla 12-11 Cálculo de la NPSH (Altura de succión positiva).	83
Tabla 12-12 Cálculo de la altura máxima de succión.	84
Tabla 12-13 Cálculo potencia de la bomba.	84
Tabla 12-14 Unidades de desagüe aparatos sanitarios.	85
Tabla 12-15 Cálculo instalación sanitaria.	86
Tabla 12-16 Dimensionamiento de bajantes.	87
Tabla 12-17 Dimensionamiento de colectores.	87
Tabla 14-1 Presupuesto oficial salón comunal San Cipriano.	89
Tabla 15-1 Resultados obtenidos.	92
Tabla 15-2 Relación de impactos.	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 6-1 Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g.....	22
Figura 6-2 Localización municipio de Villavicencio.....	35
Figura 7-1 Metodología del proyecto de grado.	36
Figura 9-1 Fotografía fachada de la estructura y plano levantamiento estructural.	41
Figura 10-1 Bosquejo propuesta 1	45
Figura 10-2 Bosquejo propuesta 2	45
Figura 10-3 Bosquejo 2 vista en planta primer y segundo piso.	46
Figura 10-4 Plano arquitectónico versión final – vista 3D.....	47
Figura 11-1 Detalle losa aligerada.....	51
Figura 11-2 Espectro elástico de aceleraciones de diseño.	54
Figura 11-3 Modelo en ETABS.....	56
Figura 11-4 Esquema elementos estructurales de la edificación.	58
Figura 11-5 Diagrama de interacción sentido Y.	64
Figura 11-6 Solicitaciones sentido Y.	65
Figura 11-7 Diagrama de interacción sentido X.	67
Figura 11-8 Solicitaciones sentido X.	68

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 6-1 Ecuación general de la capacidad de carga.	21
Ecuación 6-2 Espectro de diseño para $T \leq T_0$	23
Ecuación 6-3 Espectro de diseño para $T_0 \leq T \leq T_c$	23
Ecuación 6-4 Espectro de diseño para $T_c \leq T \leq T_L$	23
Ecuación 6-5 Espectro de diseño para $T \geq T_L$	24
Ecuación 6-6 Energía total.	24
Ecuación 6-7 Bernoulli energía total para flujo permanente.	24
Ecuación 6-8 Energía total con pérdidas.	25
Ecuación 6-9 De La Continuidad.	25
Ecuación 6-10 Factor de simultaneidad.	25
Ecuación 6-11 Según las unidades de consumo de los aparatos sanitarios.	26
Ecuación 6-12 Pérdida de energía total entre dos puntos.	26
Ecuación 6-13 Pérdida por fricción, Flamant.	26
Ecuación 6-14 Longitud equivalente expresión general.	27
Ecuación 6-15 Longitud equivalente accesorios comunes.	27
Ecuación 6-16 Cálculo de la altura máxima de succión.	28
Ecuación 6-17 Cálculo de la altura succión positiva.	28
Ecuación 6-18 Caudal de bombeo y potencia de la bomba.	28
Ecuación 6-19 Diámetro y velocidad expresión de Manning.	29
Ecuación 6-20 Fuerza tractiva.	29

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país en vía de desarrollo que a lo largo de los años ha presentado un crecimiento poblacional considerable según los registros de los censos realizados por el DANE; este es uno de los factores que ha influido en la expansión acelerada y desordenada de la mayoría de los municipios donde en ocasiones la demanda de vivienda no ha sido tenida en cuenta y la población vulnerable ha tendido a ubicarse en los límites de los municipios, zonas de riesgo y áreas protegidas creando así un aumento en la formación de asentamientos informales [1].

Uno de los municipios en los que se presenta esta situación es Villavicencio, ciudad capital del departamento del Meta que se encuentra ubicada a 86 kilómetros del Distrito Capital de Bogotá, además, es considerada como la puerta de entrada y salida de toda la región de la Orinoquía. Esta ciudad tiene una población aproximada de 502.000 habitantes y una extensión 1338 kilómetros cuadrados [2]. Cuenta con aproximadamente 101 asentamientos informales, actualmente la alcaldía de la ciudad está buscando iniciar los procesos de legalización de la mayoría de estos asentamientos con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes.

San Cipriano es uno de los asentamientos informales, tiene aproximadamente 400 habitantes y está ubicado en la comuna 8 de Villavicencio, no tiene acceso a todos los servicios básicos, la comunidad tampoco cuenta con los espacios y equipamiento comunitario necesario para la realización de actividades de formación y reuniones de la Junta de Acción Comunal.

La Universidad Santo Tomás sede Villavicencio suscribió un convenio con las Juntas de Acción Comunal de los barrios y asentamientos informales de la comuna 8 Villavicencio con el propósito de contribuir en la solución de las problemáticas presentes en las comunidades, desde la academia por medio de la unidad de proyección social donde sus estudiantes son partícipes en el compromiso social responsable y en la transformación del entorno social desde sus áreas de conocimiento.

Este proyecto se propone contribuir en la solución de la falta de espacios y equipamiento comunitario a través de la realización de los estudios y diseños de ingeniería, como lo son, la evaluación de vulnerabilidad sísmica, el diseño estructural e hidrosanitario, las cantidades de obra y el presupuesto para la construcción del salón comunal del asentamiento informal San Cipriano, haciendo entrega de los informes, memorias de cálculo y planos de detalle.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por años, las ciudades de Latinoamérica y especialmente los municipios de Colombia se han caracterizado por presentar dinámicas de crecimiento y expansión acelerada e inclusive caótica hacia los límites urbanos de los municipios, zonas de riesgo, áreas protegidas y suelos de expansión urbana [3].

Algunos de los factores que intervienen en la formación de los asentamientos informales es la falta de rigurosidad en la planeación de las ciudades, plasmada en documentos técnicos y normativos como lo son los Planes de Ordenamiento Territorial, acumulada por décadas [1], documentos que no han logrado presupuestar con éxito el crecimiento poblacional en los municipios por factores como la natalidad, migración campo – ciudad, desplazamiento forzado por el conflicto armado del país y actualmente los efectos causados por la inmigración de ciudadanos venezolanos, lo anterior, sin restar importancia al desconocimiento de las normativas urbanísticas por la población, especialmente la población vulnerable y la falta de control urbano por parte de las entidades territoriales [3].

Uno de los municipios de dimensión intermedia con más asentamientos informales es Villavicencio la ciudad capital del Meta [3], la cual presenta una población estimada para el año 2020 de 502.047 habitantes según el DANE en el censo de 2005 [4], cifra que deberá ser revisada una vez se publiquen los resultados oficiales del censo realizado en 2018. Adicionalmente según el POT [5], la ciudad presenta un tasa de crecimiento del 2.19% crecimiento que se refleja proporcionalmente en la formación de asentamientos informales, los cuales se ubican en zonas de expansión urbana, se calcula que hoy existen en la ciudad cerca de 101 asentamientos [6].

San Cipriano es uno de los asentamientos informales de Villavicencio, localizado en la comuna 8, comuna que se caracteriza por tener un alto porcentaje de suelo de expansión urbana y que reconoce únicamente a 33 barrios, dentro de los cuales no se encuentra San Cipriano [7]. Asentamiento informal que no tiene acceso a servicios públicos domiciliarios, los cuales definidos por la ley de servicios públicos son los siguientes: acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, telefonía y distribución de gas combustible [8];

Uno de los requisitos mínimos para la legalización de un asentamiento es la consolidación urbanística, siendo primordial destinar espacios y equipamiento comunitario necesario para la realización de actividades de formación y consolidación de Junta de Acción Comunal, siendo esto una posibilidad de ayudar a la comunidad con nuestros conocimientos adquiridos nos surge el interrogante:

¿Cuál es el diseño estructural e hidrosanitario óptimo para el equipamiento comunitario del asentamiento informal San Cipriano que cumpla con los requerimientos normativos vigentes logrando brindar seguridad y funcionalidad a la comunidad?

3. JUSTIFICACIÓN

En Colombia, ante el fenómeno, en aumento, de asentamientos informales al pasar de los años se han formulado e implementado estrategias y medidas para la legalización y regulación de estos, las cuales datan del año de 1989 y que continúan vigentes con algunas modificaciones para su actualización [3].

El Pacto por la equidad es uno de los tres pactos estructurales del Plan Nacional de Desarrollo – Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad (2018 – 2022) y uno los retos que tiene es Vivienda y entornos dignos e incluyentes, ya que en el país aproximadamente 1,2 millones de hogares se encuentran en barrios que no cuentan con servicios públicos, viven en condiciones de hacinamiento, tienen viviendas de mala calidad con deficientes procesos constructivos y no cuentan con equipamiento comunitario. Para disminuir el número de población afectada, proponen la implementación del Programa Mejoramiento Integral de Barrios (PMIB) principalmente en el mejoramiento de entornos y equipamiento comunitario [9].

Asimismo en Villavicencio, dentro de los cinco ejes programáticos del Plan de Desarrollo – Villavicencio Cambia Contigo (2020 – 2023), se encuentra “Villavicencio ciudad moderna y planificada”, el cual tiene dentro de sus objetivos diseñar e implementar instrumentos y mecanismos efectivos para la disminución de la problemática de legalidad de los barrios. También cabe resaltar que para la construcción de una ciudad moderna y la construcción de su comunidad establece la necesidad de aumentar el número de equipamientos comunitarios en los asentamientos informales para así mejorar los procesos de socialización generando identidad y pertenencia. Además, es importante resaltar que el Plan de Desarrollo Municipal (PDM) se encuentra articulado con el PND 2018 – 2022 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [1].

La universidad Santo Tomas sede Villavicencio, realizo un acercamiento con la comunidad de la comuna 8 de la ciudad de Villavicencio, brindando apoyo académico y profesional para generar soluciones a las problemáticas existentes y mejorando la calidad de vida de la población.

Como consecuencia de lo expuesto, se consideró de incuestionable importancia elaborar el diseño del salón comunal del asentamiento informal San Cipriano, en la convicción de que este icónico espacio es la puerta de entrada para que la comunidad inicie los procesos de legalización y de mejoramiento integral del barrio, permitiendo beneficiar aproximadamente a 400 habitantes, brindándoles el espacio adecuado para la realización de reuniones con el propósito de desarrollar actividades educativas, culturales y de convivencia, de igual manera, establecer las bases del accionar comunal en pro de la legalización del asentamiento.

En este proyecto se plantea realizar el diseño arquitectónico, estructural e hidrosanitario, cantidades de obra y presupuesto como entregables finales para la comunidad de San Cipriano.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño estructural e hidrosanitario, cantidades de obra y presupuesto para la construcción del salón comunal del asentamiento informal San Cipriano, Villavicencio.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y generar una evaluación de vulnerabilidad sísmica de la estructura existente en el lote designado para el salón comunal del asentamiento informal San Cipriano en el municipio de Villavicencio.
- Realizar el diseño estructural e hidrosanitario del salón comunal para el asentamiento informal San Cipriano en la ciudad de Villavicencio aplicando las normativas exigidas en Colombia, tanto en el diseño estructural como sanitario.
- Estimar las cantidades de obra y el presupuesto necesario para la construcción del salón comunal en el asentamiento informal San Cipriano en la ciudad de Villavicencio por parte de la comunidad.

5. ALCANCE

El alcance de este proyecto es brindar solución a una de las necesidades que se presentan en el asentamiento informal San Cipriano en la comuna 8 de Villavicencio, representada en la carencia de espacios comunitarios para el desarrollo de la cultura, convivencia y recreación de los habitantes, mediante el apoyo de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio en el diseño de un salón comunal.

Actualmente en el lote dispuesto para el salón comunal se encuentra una estructura construida por la comunidad, a la cual se le realizará una evaluación de vulnerabilidad sísmica con el objetivo de obtener información para determinar la pertinencia de realizar un diseño estructural nuevo o un diseño estructural donde se tenga en cuenta dicha estructura.

La información recopilada en los entregables, como son: memorias de cálculos y planos estructurales, no estructurales e hidrosanitarios, informe de cantidades de obra, el presupuesto estimado y demás documentos técnicos requeridos para la ejecución de la obra serán realizados bajo la supervisión y asesoría de profesionales en ingeniería con experiencia en esos campos de acción.

6. MARCO DE REFERENCIA

La Curaduría Urbana Primera de la ciudad de Villavicencio establece que para llevar a cabo la solicitud de licencia de construcción categoría III se deben entregar los siguientes ítems: memoria de cálculo y planos estructurales, memorias de diseño de elementos estructurales y de los no estructurales, y estudio geotécnico y de suelos [10]. Esto, sin dejar de lado los requisitos determinados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillados de la ciudad de Villavicencio (EAAV E.S.P.), la cual exige la entrega de memoria de cálculo y planos de la red hidráulica y sanitaria para con ello realizar la solicitud de viabilidad y/o disponibilidad de los servicios [11].

6.1. MARCO TEÓRICO

6.1.1 Capacidad Portante De Cimentaciones Superficiales

Terzaghi fue el primer ingeniero en enunciar una teoría completa respecto a la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales, pero las ecuaciones propuestas en esta teoría solo abarcaban las cimentaciones continuas, cuadradas y circulares. Además, estas ecuaciones no consideran la resistencia a cortante presente en la superficie de falla en el suelo arriba del fondo de la cimentación. Por este motivo Meyerhof luego sugiere una ecuación general de la capacidad de carga del suelo [12].

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i} \quad (6-1)$$

Ecuación 6-1 Ecuación general de la capacidad de carga.

Donde,

q_u	→	Capacidad de carga última.
c'	→	Cohesión.
Q	→	Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.
γ	→	Peso específico del suelo.
B	→	Ancho de la cimentación (igual al diámetro para una cimentación circular).
$F_{cs'}$, $F_{qs'}$, $F_{\gamma s'}$	→	Factores de forma.
$F_{cd'}$, $F_{qd'}$, $F_{\gamma d'}$	→	Factores de profundidad.
$F_{ci'}$, $F_{qi'}$, $F_{\gamma i'}$	→	Factores de inclinación de la carga.
$N_{c'}$, N_q , N_γ	→	Factores de capacidad de carga.

6.1.2 Método De Resistencia Ultima

Mediante este método se logra analizar el comportamiento de las estructuras al momento de falla de estas; el estado de falla debe generarse mayor al del trabajo de las cargas que soportará normalmente la estructura, así se podrá cumplir con el propósito de obtener diseños estructurales con factores de seguridad adecuados.

En este método, al momento de diseñar se tiene en cuenta que los elementos de concreto reforzado están sometidos a flexión y deberán fallar cuando el acero a tracción alcance su límite elástico [13].

El estado límite de una estructura o elemento es un fenómeno que sucede cuando esta llega al límite para el cual se había calculado. La siguiente es la clasificación de los estados límite:

- **Estado límite de falla:** la estructura presenta un colapso parcial o total donde se presenta aspectos como lo son la pérdida de equilibrio total o parcial, la rotura de elementos principales que generan el colapso, la falla progresiva de los elementos, la formación de mecanismos plásticos y la fatiga del material [13].
- **Estado límite de servicio:** se hace necesario suspender el uso de la estructura, por afecciones a esta como lo son deflexiones excesivas, fisuras, grietas relevantes o vibraciones excesivas. Sin generar que la estructura sufra un colapso [13].
- **Estados límites especiales:** la estructura presenta daños o fallas generados por condiciones especiales como lo son movimientos sísmicos anormales, intervención del fuego, explosiones, colisiones de diverso tipo, corrosión o deterioro por factores externos o no considerados durante el diseño [13].

6.1.3 Espectro Elástico De Aceleración De Diseño

Mediante el espectro elástico de aceleración de diseño (Figura 6-1 Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g. Figura 6-1) se obtienen los valores de la posible reacción que va a presentar la edificación cuando sea sometida a una vibración procedente del subsuelo en el cual se encuentra apoyada.

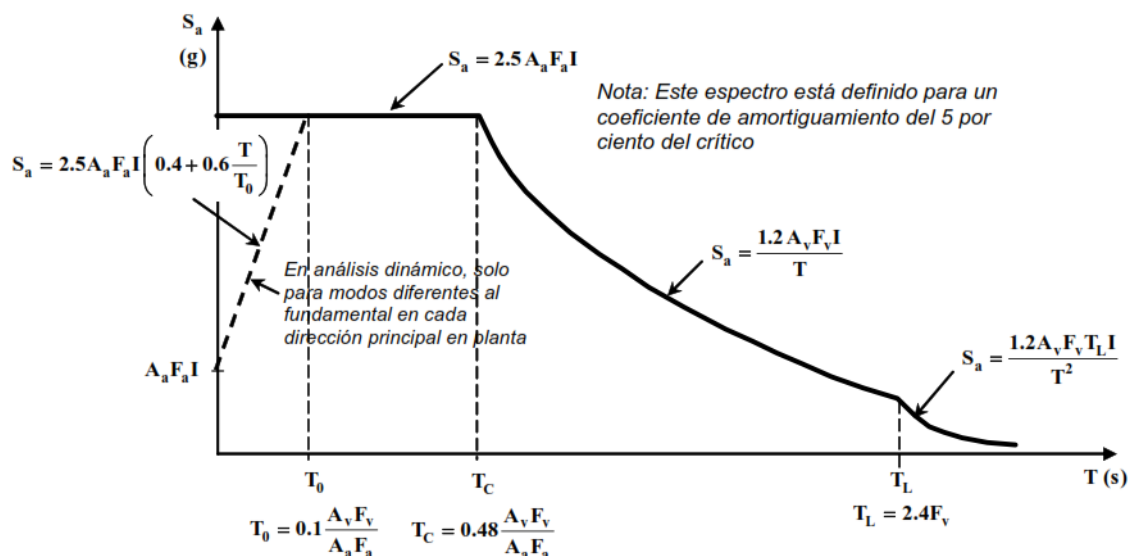


Figura 6-1 Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g.

Fuente: Tomado de la NSR-10 (Capítulo A.2 Pág. A-27).

El espectro de diseño (S_a) se obtiene según los siguientes criterios [14]:

- ✓ Si $T \leq T_0$ el espectro de diseño se obtiene por medio de la
- ✓ Ecuación 6-2:

$$S_a = 2,5 \times A_a \times F_a \times I \times \left(0,4 + \left(0,6 \times \frac{T}{T_0} \right) \right) \quad (6-2)$$

Ecuación 6-2 Espectro de diseño para $T \leq T_0$.

Donde,

- S_a → Valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado.
- A_a → Coeficiente aceleración horizontal pico efectiva.
- F_a → Coeficiente de amplificación que afecta a la aceleración en la zona de períodos cortos.
- I → Coeficiente de importancia.
- T → Período de vibración del sistema elástico.
- T_0 → Período de vibración al cual inicia la zona de aceleraciones constantes del espectro de aceleraciones.

- ✓ Si $T_0 \leq T \leq T_c$ el espectro de diseño se calcula de la siguiente manera demostrado en la Ecuación 6-3:

$$S_a = 2,5 \times A_a \times F_a \times I \quad (6-3)$$

Ecuación 6-3 Espectro de diseño para $T_0 \leq T \leq T_c$.

Donde,

- S_a → Valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado.
- A_a → Coeficiente aceleración horizontal pico efectiva.
- F_a → Coeficiente de amplificación que afecta a la aceleración en la zona de períodos cortos.
- I → Coeficiente de importancia.

- ✓ Si $T_c \leq T \leq T_L$ el espectro de diseño se obtiene con la
- ✓ Ecuación 6-4:

$$S_a = \frac{1,2 \times A_v \times F_v \times I}{T} \quad (6-4)$$

Ecuación 6-4 Espectro de diseño para $T_c \leq T \leq T_L$.

Donde,

- Sa → Valor del espectro de velocidades de diseño para un período de vibración dado.
Av → Coeficiente velocidad horizontal pico efectiva.
Fv → Coeficiente de amplificación que afecta a la aceleración en la zona de períodos intermedios.
I → Coeficiente de importancia.
T → Período de vibración del sistema elástico.

- ✓ Si $T \geq T_L$ se emplea la siguiente Ecuación 6-5 para determinar el espectro de diseño:

$$S_a = \frac{1,2 \times A_v \times F_v \times T_L \times I}{T^2} \quad (6-5)$$

Ecuación 6-5 Espectro de diseño para $T \geq T_L$.

Donde,

- Sa → Valor del espectro de velocidades de diseño para un período de vibración dado.
Av → Coeficiente velocidad horizontal pico efectiva.
Fv → Coeficiente de amplificación que afecta a la aceleración en la zona de períodos intermedios.
I → Coeficiente de importancia.
T → Período de vibración del sistema elástico.
TL → Período de vibración, para períodos largos.

6.1.4 Ecuación De Energía En Sistemas Hidráulicos

Es necesario conocer cuál es el comportamiento de la variación de energía que se presenta en un sistema, se realiza mediante las líneas de energía y piezométrica en la Ecuación 6-6, Ecuación 6-7 y Ecuación 6-8.

$$E_T = E_{POTENCIAL} + E_{PRESIÓN} + E_{CINÉTICA} \quad (6-6)$$

Ecuación 6-6 Energía total.

$$E_T = z + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} = cte \quad (6-7)$$

Ecuación 6-7 Bernoulli energía total para flujo permanente.

Donde,

- ET → Energía total.
Z → Altura de la partícula medida con respecto a un nivel de referencia arbitrario.
V → Velocidad.
g → Gravedad.

P → Presión.

γ → Peso específico del fluido.

$$E_{T1} = E_{T2} + \sum \text{pérdidas} \quad (6-8)$$

Ecuación 6-8 Energía total con pérdidas.

Donde,

E_{T1} → Energía total disponible en el punto inicial.

E_{T2} → Energía total disponible en el punto final.

Σ pérdidas → Sumatoria de las pérdidas de energía.

6.1.5 Ecuación de Continuidad

La manutención del fluido a través de la tubería se conserva, la masa de fluido entrante debe ser la misma masa de fluido saliente. En la Ecuación 6-9.

$$A1.V1 = A2.V2$$
$$Q = V.A \quad (6-9)$$

s

Ecuación 6-9 De La Continuidad.

Donde

A → Área transversal de la tubería

V → Velocidad del fluido

Q → Caudal

6.1.6 Estimación De Los Caudales Circulantes

La estimación de los caudales de consumo y de desagüe son necesarios para trabajar en el dimensionamiento previo de las tuberías, se realiza mediante los siguientes criterios:

6.1.6.1. Método del factor de simultaneidad

Este método está basado en la simultaneidad de funcionamiento de los aparatos sanitarios, en el cual se conoce el caudal máximo posible y el factor de simultaneidad [15]. En la Ecuación 6-10.

$$FS = \frac{\text{caudal máximo probable}}{\text{caudal máximo posible}} \quad FS = \frac{1}{n} \quad (6-10)$$

Ecuación 6-10 Factor de simultaneidad.

Donde,

FS → Factor de simultaneidad.

N → Número de aparatos instalados.

6.1.6.2. Método de Hunter modificado

Este método permite calcular caudales con gastos promedios o normales para los aparatos sanitarios, en función de las unidades de consumo de cada aparato sanitario [15]. En la Ecuación 6-11.

$3 < UC < 240$	$Q = 0.1163(UC)^{0.6875}$ $Q = 0.7243(UC)^{0.384}$	Para aparatos comunes Para aparatos con fluxómetro	
$260 < UC < 1000$	$Q = 0.074(UC)^{0.7504}$ $Q = 0.3356(UC)^{0.5281}$	Para aparatos comunes Para aparatos con fluxómetro	(6-11)

Ecuación 6-11 Según las unidades de consumo de los aparatos sanitarios.

Donde,

Q → Caudal máximo probable.

UC → Unidad de consumo.

6.1.7 Pérdidas De Energía Sistema A Presión De Un Flujo Incomprensible

En un flujo a presión que tiene una presión diferente a la atmosférica, la resistencia al flujo se presenta en función de las pérdidas, lo que significa que la línea de energía cae en dirección del flujo [15]. En la Ecuación 6-12.

$$\Delta H = \sum h_f + \sum h_l \quad (6-12)$$

Ecuación 6-12 Pérdida de energía total entre dos puntos.

Donde,

ΔH → Pérdida de energía total entre dos puntos.

$\sum h_f$ → Sumatoria de las pérdidas por fricción.

$\sum h_l$ → Sumatoria de las pérdidas de locales o por accesorios.

6.1.7.1. Pérdidas por fricción

Se generan por el rozamiento del fluido con las paredes de la tubería o del ducto, continua en sentido del flujo y puede llegar a presentar pérdidas considerables en tramos largos o ser despreciable en tramos cortos [15]. Estas pérdidas se calculan mediante la fórmula de Flamant (Ecuación 6-13) adaptada para tuberías de diámetros pequeños [16].

$$j = \frac{6.1C Q^{1.75}}{D^{4.75}} \quad (6-13)$$

Ecuación 6-13 Pérdida por fricción, Flamant.

Donde,

j → Pérdidas por fricción.

C → Coeficiente de fricción, PVC = 0.0001

Q → Caudal.

D → Diámetro efectivo de la tubería.

6.1.7.2. Pérdidas locales o por accesorios

Es una pérdida de energía que se genera en una pequeña zona cercana a la región donde se presenta un cambio en la geometría del conducto o en la dirección del fluido, lo que hace que se produzcan alteraciones en las condiciones de flujo [15].

La longitud equivalente (Ecuación 6-14) expresa las pérdidas locales en función de la longitud rectilínea que presenta la tubería entre el tramo antes de su llegada a un accesorio del mismo diámetro [15].

$$Le = (K_1\phi \pm K_2)(120/C)^{1.85} \quad (6-14)$$

Ecuación 6-14 Longitud equivalente expresión general.

Donde,

- Le → Longitud equivalente.
- K₁, K₂ → Coeficiente experimental de pérdida propio del accesorio.
- φ → Diámetro del accesorio.
- C → Coeficiente de fricción, PVC = 150 y Cu = 140

En la Ecuación 6-15, se presentan las ecuaciones de longitud equivalente de los accesorios comunes en un diseño hidráulico [16].

$$\begin{aligned} Le &= (0.67\phi + 0.09)(120/C)^{1.85} & (a) \\ Le &= (1.56\phi + 0.37)(120/C)^{1.85} & (b) \\ Le &= (0.17\phi + 0.03)(120/C)^{1.85} & (c) \\ Le &= (0.15\phi + 0.01)(120/C)^{1.85} & (d) \\ Le &= (0.77\phi + 0.04)(120/C)^{1.85} & (e) \\ Le &= (6.38\phi + 0.40)(120/C)^{1.85} & (f) \end{aligned} \quad (6-15)$$

- | | |
|---|---------------------------------|
| (a) Codo radio medio 90° | (d) Reducción |
| (b) Tee paso de lado y salida bilateral | (e) Salida de tubería |
| (c) Válvula de compuerta abierta | (f) Válvula de pie con coladera |

Ecuación 6-15 Longitud equivalente accesorios comunes.

Donde,

- Le → Longitud equivalente.
- φ → Diámetro del accesorio.
- C → Coeficiente de fricción, PVC = 150 y Cu = 140

6.1.8 Sistemas De Alimentación Para Instalaciones Hidráulicas

6.1.8.1. Cálculo altura máxima de succión (A.M.S)

Luego de realizar el cálculo de la succión es necesario chequear la altura máxima de succión, según la Ecuación 6-16.

$$A.M.S = 10.33 - (a + b + c + d + e + f) \quad (6-16)$$

Ecuación 6-16 Cálculo de la altura máxima de succión.

Donde,

- a → Pérdida por temperatura.
- b → Pérdida por altura sobre el nivel del mar.
- c → Pérdida por depresiones barométricas, Steel recomienda 0.36 m.
- d → Por vacío imperfecto de la bomba, Steel recomienda entre 1.8 y 2.4 m.
- e → Pérdidas por fricción y accesorios.
- f → Pérdidas por velocidad = $h_v = v^2/2g$.

6.1.8.2. Cálculo de la altura de succión positiva (N.P.S.H.)

Es un parámetro de importancia en el diseño de la bomba ya que evalúa el fenómeno de cavitación, el cual genera daños físicos y ruidos molestos por la ruptura de las burbujas de aire al ingresar en zonas de mayor presión [16], se emplea la Ecuación 6-17.

$$N.P.S.H = PB - TVAT - ADS \quad (6-17)$$

Ecuación 6-17 Cálculo de la altura succión positiva.

Donde,

- PB → Presión barométrica en el sitio.
- TVATA → Tensión de vapor del agua a la temperatura ambiente.
- ADS → Altura dinámica de succión.

6.1.8.3. Caudal de bombeo y potencia de la bomba.

El sistema de depósitos bajo – alto, funciona mediante la energía potencial de un tanque elevado donde el nivel (H) se encuentra encima del aparato más desfavorable, la alimentación de este tanque elevado se realiza mediante bombeo desde un tanque de almacenamiento ubicado en un nivel inferior [15]. En la Ecuación 6-18.

$$Q_{bombeo}(lps) = \frac{K * dotación(litros)}{86.400(segundos)} \quad (6-18)$$
$$P_{bomba}(H.P) = \frac{Q_{bombeo}(lps) * ADT(m)}{75\eta}$$

Ecuación 6-18 Caudal de bombeo y potencia de la bomba.

Donde,

- Q_{bombeo} → Caudal de bombeo.
- K → Coeficiente en función de los valores de dotación.
- P_{bombeo} → Potencia de la bomba.
- ADT → Altura dinámica total.

6.1.9 Hidráulica De Desagües

Estas tuberías sanitarias deben funcionar a flujo libre o canales en condiciones uniformes. El funcionamiento a flujo lleno se debe evitar para que no se presenten fluctuaciones de presión que obstruyen los sellos hidráulicos [16]. Para determinar el diámetro y velocidad de la tubería se utiliza la expresión de Manning (ver Ecuación 6-19).

$$D = \left(\frac{3,829 Q \eta}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad V = \frac{1}{\eta} \left(\frac{D_{nom}}{4} \right)^{2/3} S^{1/2} \quad (6-19)$$

Ecuación 6-19 Diámetro y velocidad expresión de Manning.

Donde,

- D → Diámetro de la tubería.
- Q → Caudal.
- η → Coeficiente de fricción, PVC = 150 y Cu = 140
- S → Pendiente del colector.

La fuerza tractiva es igual al esfuerzo tangencial unitario que es ejercido por el líquido sobre el colector y el material depositado en él. Con la Ecuación 6-20, se considera la forma, área mojada de la tubería y la pendiente para verificar se presente la tensión mínima de arrastre del material depositado en el fondo [17].

$$F = \gamma RS \quad (6-20)$$

Ecuación 6-20 Fuerza tractiva.

Donde,

- F → Fuerza tractiva.
- γ → Peso específico del líquido.
- R → Radio hidráulico.
- S → Pendiente del colector.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Amenaza sísmica: es un fenómeno físico el cual se encuentra relacionado con un terremoto o sismo, donde se realiza una caracterización mediante la estadística de la probabilidad de ocurrencia o incremento de un evento sísmico con determinada intensidad en determinada zona, que suceden durante un periodo de tiempo [14].

Asentamientos informales: estos son ocupaciones, que según los usos del suelo y las condiciones que presentan en lo establecido en la ley 388 de 1997, no permite realizar construcciones allí. Además tienen deficiencias en los servicios públicos domiciliarios ya que no se cuenta con la infraestructura necesaria [18].

Capacidad portante: es la capacidad que tiene el subsuelo o terreno de soportar las cargas que sean aplicadas sobre él. Se considera como la máxima presión

media de contacto entre la cimentación de la edificación y el subsuelo de modo que se evite producir un fallo por cortante o asentamiento diferencial excesivo en el suelo [12].

Carga muerta: son las cargas de elementos permanentes a las cuales está sometida la estructura y son todas aquellas que no son causadas por el uso y la ocupación de la edificación [14].

Carga viva: son las cargas producidas por el tipo de uso y ocupación de la edificación, no se debe tomar en cuenta las cargas ambientales como la fuerza del viento y sismo [14].

Concreto reforzado: es la combinación de dos materiales utilizando sus propiedades para generar un producto de alta durabilidad, el concreto aporta su alta resistencia a las fuerzas a compresión y el acero aporta su alta resistencia a tensión y ductilidad [14].

Diseño estructural: la edificación se entiende como un sistema o unión de piezas y componentes que se unen para cumplir según la función asignada. El proceso del sistema inicia con la designación de los parámetros que se desean alcanzar y con los que se deben cumplir. Al diseñar siempre se busca la optimización del sistema, se deben definir cuáles serán los criterios para la optimización como lo pueden ser el peso o costo mínimo [19].

Diseño hidrosanitario: es el conjunto de actividades que integra los cálculos y las condiciones técnicas necesarias para el funcionamiento óptimo de la red de distribución de agua potable y la red de aguas residuales en una edificación, mediante el conjunto de tuberías y conexiones de diferentes diámetros y materiales [16].

Estudios de suelos: es un conjunto de actividades, de las cuales hacen parte el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y las recomendaciones de ingeniería necesarias para la realización del diseño y construcción de alguna edificación u obra que se encuentre en contacto con el suelo, con el objetivo de que presente un comportamiento adecuado y así se proteja la integridad de las personas, obras y predios cercanos [14].

Fuerza sísmica: se clasifica como cualquier fuerza causada por un movimiento telúrico [14].

Sistemas Estructurales: es la unión de elementos estructurales los cuales tienen una función específica para conformar una estructura resistente a las diferentes fuerzas sometidas [14]. Según la normativa colombiana reconoce los siguientes sistemas estructurales por su resistencia sísmica:

- **Sistema de muros de carga:** no presenta un pórtico esencialmente completo, los muros de carga son los encargados de resistir las cargas

verticales y los muros estructurales o pórticos con diagonales son los encargados de resistir fuerzas horizontales [14].

- **Sistema combinado:** está compuesto por un pórtico no resistente a momentos, esencialmente completo y es el encargado de resistir las cargas verticales, también está compuesto por muros estructurales o pórticos con diagonales que son los encargados de soportar las fuerzas horizontales [14].
- **Sistema de pórtico:** está compuesto por pórticos espaciales, son los encargados de soportar las cargas verticales y fuerzas horizontales, además de resistir momentos, esencialmente completo sin diagonales [14].
- **Sistema dual:** está compuesto por un pórtico espacial encargado de resistir los momentos y sin diagonales, se encuentra combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales [14].

Vulnerabilidad sísmica: es la susceptibilidad que presenta una estructura a sufrir daños estructurales ante la ocurrencia de un evento sísmico. Los aspectos como geometría de la estructura, constructivos y estructurales influyen en el grado de vulnerabilidad de la estructura [20].

Zona de amenaza sísmica: es la clasificación de la amenaza sísmica en Colombia según la ubicación del lugar de interés, teniendo en cuenta la distancia de este respecto al sistema de fallas geológicas activas existentes. Se puede clasificar en baja, intermedia o alta; y es de importancia conocer el tipo de zona de amenaza sísmica para adoptar los requisitos adecuados para el análisis y diseño estructural [14].

6.3. ESTADO DEL ARTE

Uno de los objetivos de la ingeniería civil es reconocer los entornos que nos rodean y sus contextos para lograr la identificación y formulación de soluciones a las problemáticas, aplicando los conocimientos adquiridos para que estén al servicio de la sociedad. Por esta razón, se cuenta con diversa información y proyectos relacionados a dar solución a problemáticas como la falta de equipamiento y espacios comunitarios, entre los cuales se pueden resaltar los siguientes autores:

Corporación Opción Legal y Centro de Estudios de la Construcción y el Desarrollo Urbano y Regional – CENAC (2018), presenta la problemática de los asentamientos informales en las ciudades de Colombia, cuales son los factores de mayor incidencia en la formación de estos como la falta de control de los municipios sobre sus jurisdicciones ya sean urbanas o rurales y las dinámicas sociales históricas en el país que han contribuido, entre otros. También presenta propuestas de soluciones mediante ejemplos de las experiencias de legalización de asentamientos informales en Colombia mediante modelos de la problemática según la influencia de la problemática, entre esos el modelo intermedio con el caso de la ciudad de Villavicencio [3].

Portocarrero (2017), realizó el acompañamiento y supervisión durante la ejecución del proyecto de Construcción de la Casa Comunal para el barrio Fundadores en la ciudad de Armenia, Quindío. El documento se compone del proceso para la obtención de la licencia de construcción, informe de cantidades de obra y presupuesto, las especificaciones técnicas de los materiales para las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas, también presenta las recomendaciones constructivas durante el desarrollo de la obra para el cumplimiento de las normativas colombianas vigentes [21].

García, Castellanos y Moreno (2015), llevaron a cabo el diseño estructural, hidráulico, sanitario y eléctrico para un centro comunitario de desarrollo de proyectos productivos en la comuna 4 de Soacha en la ciudad capital de Bogotá en el municipio de Cundinamarca. La edificación contó con 7 pisos más la cubierta, presentaba un sistema estructural de pórticos resistentes a momentos, se diseñó según la metodología y los parámetros de diseño de la normativa colombiana Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) [22].

Carpeta (2014), en su proyecto de grado trabajo en la determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de siete viviendas de dos pisos en cinco localidades de Bogotá mediante la aplicación de cuatro metodologías, una de ellas fue la metodología cualitativa propuesta por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) y según los resultados obtenidos en las cuatro metodologías se identificaron que los factores de mayor influencia en los índices de vulnerabilidad de las edificaciones son la distribución y cantidad de muros estructurales, irregularidad en altura y en planta, cubiertas, sistema estructural y tipo de suelo, además, de los malos procesos constructivos [23].

Mendoza y Albarracín (2013), realizaron el diseño integral del salón comunal Juan Frio en el municipio Juan Del Rosario ubicado en el departamento del Norte de Santander, el documento se compone del estudio de suelos elaborado con el objetivo de obtener información del subsuelo, brindar el análisis y las recomendaciones necesarias para el diseño de la cimentación de la estructura; el estudio topográfico tuvo el objetivo de reconocer la zona; el diseño estructural, hidráulico y sanitario se llevó a cabo mediante el cumplimiento de las respectivas normativas colombianas para diseñar una estructura segura [24].

Muñoz (2006), desarrollo un proyecto de investigación donde analizo la vulnerabilidad sísmica de 300 viviendas en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá mediante la aplicación del método cualitativo propuesto por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) con el objetivo de evaluar y determinar los índices de vulnerabilidad de estas edificaciones para luego definir el grado de susceptibilidad de las viviendas a presentar daños estructurales ante la ocurrencia de un evento sísmico [25].

6.4. MARCO NORMATIVO

En la Tabla 6-1 Normativas aplicadas en el desarrollo del proyecto. se presentan las diferentes normativas colombianas a las cuales se les dará cumplimiento en las actividades, estudios y diseños a realizar.

Tabla 6-1 Normativas aplicadas en el desarrollo del proyecto.

CARGA	Descripción	Pertinencia
Ley 142 de 1994	Ley de servicios públicos	Define cuales son los servicios públicos domiciliarios esenciales ante el Estado colombiano.
Ley 400 de 1997	Adopta normas sobre construcciones resistentes.	Establece los criterios mínimos de diseño, construcción y supervisión técnica de las construcciones.
Ley 388 de 1997	Indica la obligatoriedad de la realización de POT, PBOT y EOP para todos los municipios según corresponda estando en función de la cantidad de habitantes.	Presenta las limitaciones para la construcción de edificaciones teniendo en cuenta las características como los son el uso del suelo según la zona de ubicación en el municipio.
Acuerdo 287 de 2015	Plan de Ordenamiento Territorial "Norte" del municipio de Villavicencio	Presenta el componente general y urbano del municipio de Villavicencio, establecen las características del suelo como usos, distribuciones, zonas de riesgo, amenazas mitigables y no mitigables.
Decreto No. 157 de 2017	Reglamento de legalización de asentamientos informales	Define las condiciones urbanísticas excepcionales en el Tratamiento de Mejoramiento Integral para procesos de legalización y regularización de asentamientos humanos subnormales.
NSR – 10	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.	Título A – Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. Contiene los requisitos mínimos de diseño y construcción de edificaciones nuevas con el fin de que sean capaces de resistir las fuerzas que le impone la naturaleza. Título B – Cargas. Establece las cargas mínimas requeridas para diseñar una edificación con sus respectivos elementos estructurales, ya que debe ser capaz de soportar las cargas prescritas además de los efectos sísmico.

CARGA	Descripción			Pertinencia
				Título C –Concreto Estructural. Establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de elementos de concreto estructural de una edificación.
				Título H – Estudios Geotécnicos. Establece los criterios básicos para realizar estudios geotécnicos según las especificaciones de los proyectos, con el objetivo de proveer recomendaciones geotécnicas en el diseño y construcción de la cimentación.
RAS 2000	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.			El objetivo es señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al sector de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias.
NTC 1500	Código Fontanería	Colombiano	de	Establece los requisitos mínimos a los cuales se debe dar cumplimiento en las instalaciones hidráulicas y sanitarias para así garantizar la protección de la salud, seguridad y bienestar de las personas en las edificaciones.

Fuente: Autores (2019).

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

El proyecto se realizará en el asentamiento informal San Cipriano el cual hace parte de la comuna 8 de Villavicencio ciudad capital del departamento del Meta.

- **Municipio de Villavicencio**

Villavicencio capital del departamento del Meta (ver Figura 6-2), ubicada en los llanos orientales colombianos, limita al Norte, con los municipios de Restrepo y Calvario, al Oriente con el municipio de Puerto López, al Sur con los municipios de Acacias y San Carlos de Guaroa y al Occidente con el municipio de Acacias y el departamento de Cundinamarca.

Esta ciudad capital cuenta con dos regiones geográficas, una montañosa ubicada al Occidente y Noroccidente conformada por el costado de la Cordillera Oriental y, la región dispuesta como una planicie inclinada que se extiende hacia el Oriente y el Nororiente, siendo el piedemonte de la Cordillera Oriental. Presenta una hidrografía abundante puesto que es bordeada al Norte por el margen derecho del río Guatiquía, por el centro cruzan los ríos Ocoa y Negro, por el suroccidente el río

Guayuriba, además de numerosos caños y afluentes menores que tienen presencia en su territorio [2].

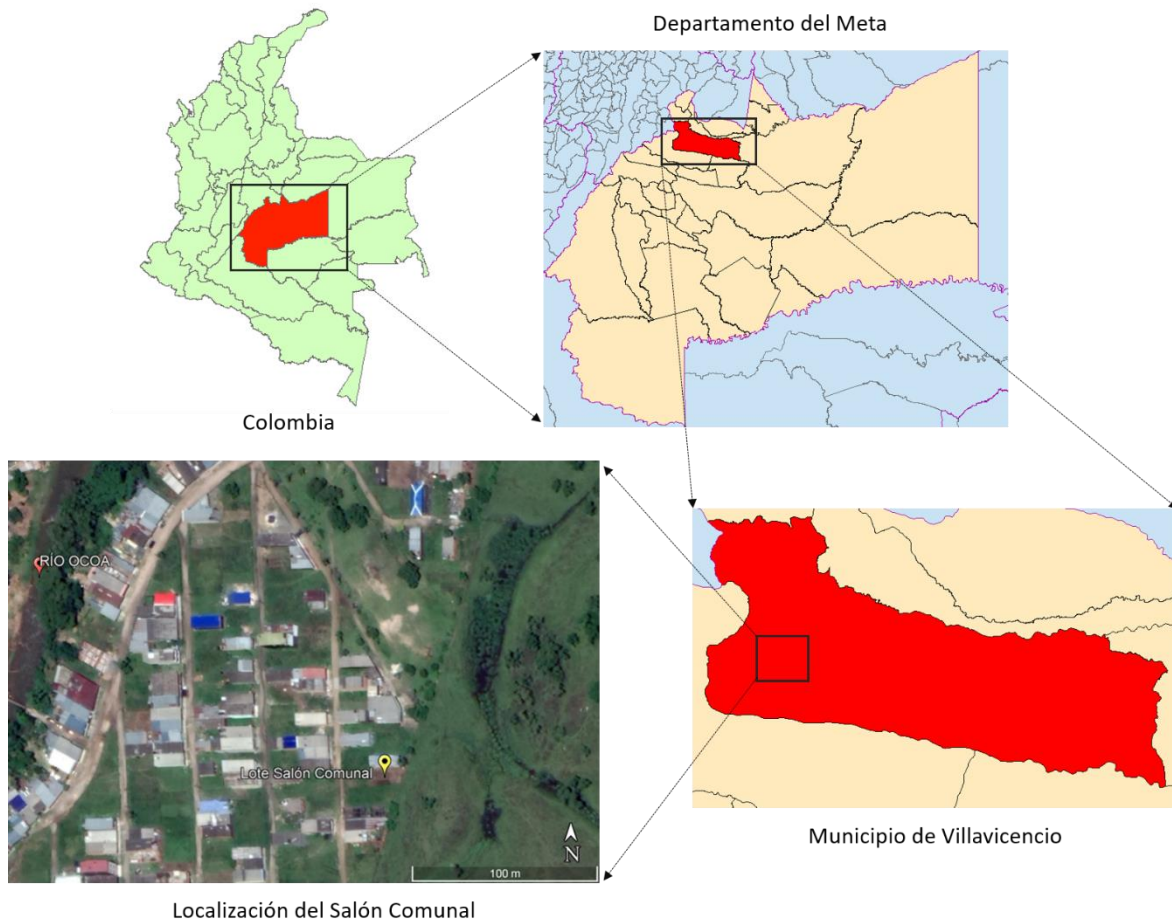


Figura 6-2 Localización municipio de Villavicencio.
Fuente: Tomado y adaptado de grupos de investigación USTA [26] (2019).

7. METODOLOGÍA

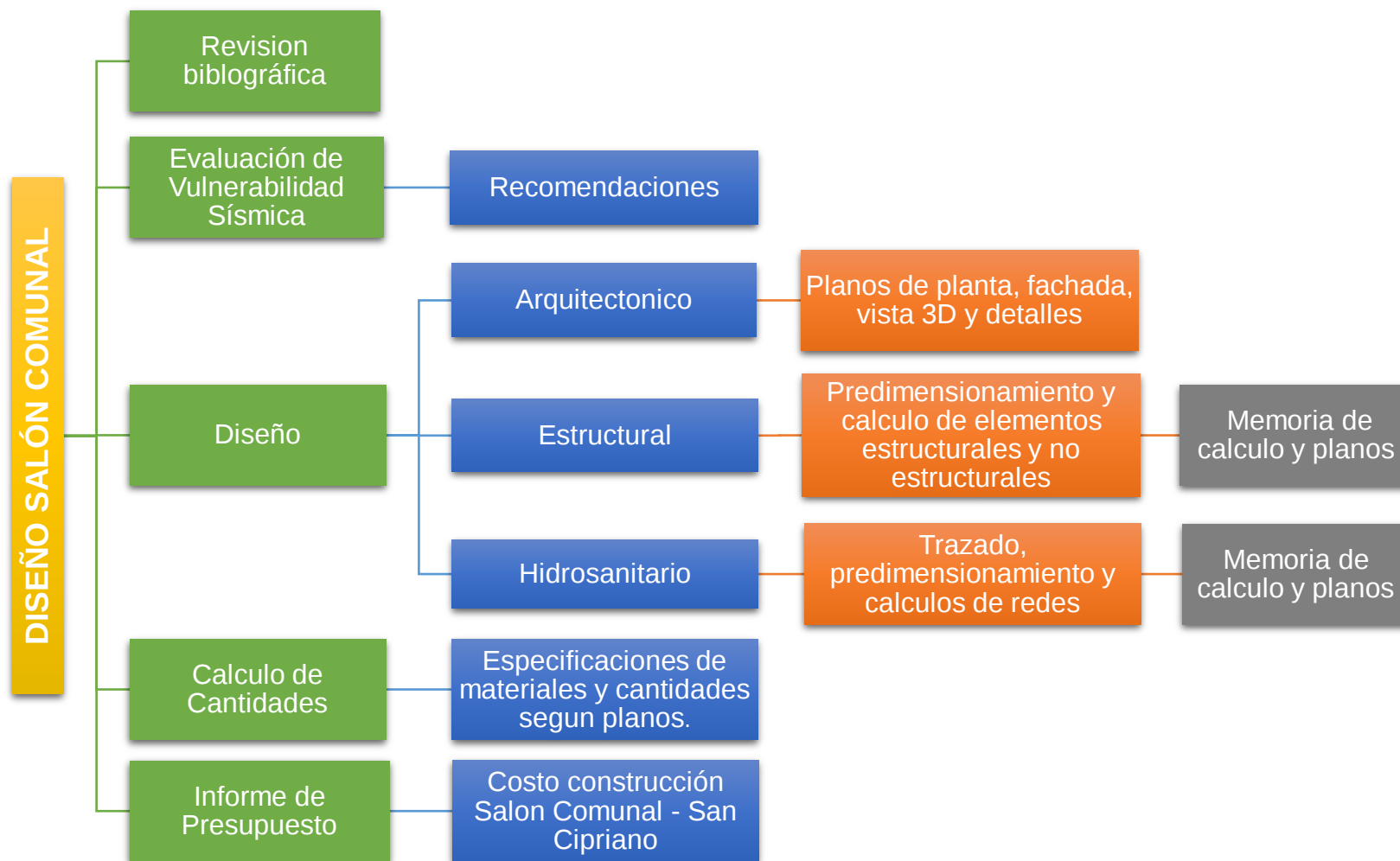


Figura 7-1 Metodología del proyecto de grado.
Fuente: Autores (2019).

7.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se realizaron consultas en distintas fuentes de información de acceso libre. Algunas de estas fuentes fueron catálogos, buscadores, repositorios, base de datos, entre otras; de estas, se seleccionaron y recuperaron 25 documentos entre normativas, manuales, libros, informes, artículos, proyectos y tesis de grado que presentaban información relacionada a los ejes temáticos del proyecto.

7.2. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

Al existir una estructura en el lote destinado para el salón comunal del asentamiento informal San Cipriano, fue necesario realizar una evaluación de vulnerabilidad sísmica aplicando el método cualitativo que presenta la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) para viviendas de mampostería de uno y dos pisos, el cual consistió en un reconocimiento visual y se compararon patrones generales para la asignación de la calificación de la evaluación. Finalmente, se obtuvo el grado de vulnerabilidad y se dieron las recomendaciones pertinentes respecto al manejo que se le dará a la estructura existente.

7.3. DISEÑO ARQUITECTONICO DEL SALÓN COMUNAL

Para definir el diseño arquitectónico del salón comunal, se realizó un ejercicio de construcción interactiva con la comunidad para establecer las necesidades y espacios requeridos. Además, se presentaron varias propuestas de la distribución espacial, fachada, cubierta y detalles del salón comunal a una arquitecta con el fin de determinar qué diseño era más funcional y adecuado. Una vez realizadas las adecuaciones necesarias se presentó el diseño óptimo para la aprobación de la comunidad.

7.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SALÓN COMUNAL

Se inició el diseño estructural a partir de los planos arquitectónicos y se definieron los parámetros de diseño como lo son la zona de amenaza sísmica, predimensionamiento de los elementos estructurales, avalúo de cargas, chequeo de irregularidades en planta luego se realizó el modelamiento de la estructura en el software ETABS versión 2016.2.1 del cual se obtuvo la información para verificar las derivas y poder diseñar los elementos estructurales con sus debidos planos de detalle y memoria de cálculo del proyecto. El diseño estructural se realizó acorde a los requisitos que brinda la normativa colombiana, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, (NSR-10) para que esta edificación sea segura para los habitantes.

7.5. DISEÑO HIDROSANITARIO DEL SALÓN COMUNAL

Se inició el diseño hidráulico, sanitario y aguas lluvias a partir del plano arquitectónico y estructural, donde se llevó a cabo la realización del trazado óptimo

de las redes hidráulica, sanitaria y aguas lluvias, se estimaron los caudales circulantes con los que luego se realizó el dimensionamiento previo de las redes. El diseño hidráulico, sanitario y aguas lluvias se hizo conforme a los requisitos mínimos exigidos en la normativa colombiana, NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería.

7.6. CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA

Se realizó el cálculo de las cantidades de obra del diseño arquitectónico, estructural e hidrosanitario mediante la implementación del software REVIT versión 2020 y como herramienta secundaria para efectos de verificaciones se emplearon hojas de cálculo. Fue necesario contar con los planos finales de detalle y las especificaciones técnicas a tener en cuenta de los diferentes materiales, equipos y herramienta que se han de emplear durante la ejecución del proyecto.

7.7. INFORME DE PRESUPUESTO

A partir del informe de cantidades de obra y mediante el uso de hojas de cálculo se estimó el costo de ejecución del proyecto diseñado bajo las normativas colombianas.

8. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La revisión bibliográfica se realizó con el objetivo de obtener la información más relevante respecto a los ejes temáticos del proyecto para así dar continuidad al desarrollo de cada una de las etapas que lo conforman. En esta revisión se implementó una metodología de tres fases con el fin de dar un manejo eficiente y ordenado a la información encontrada.

En la primer fase mediante la definición de la problemática del proyecto se identificaron los siguientes temas de interés:

- Legalización de asentamientos informales en Colombia y especialmente en Villavicencio.
- Evaluación de vulnerabilidad sísmica mediante el método cualitativo de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS).
- Diseño estructural e hidrosanitario de equipamientos comunitarios o salones comunales.

En la segunda fase, se llevó a cabo la búsqueda de la información bibliográfica en fuentes de acceso libre como catálogos, revistas científicas, buscadores, repositorios, base de datos, entre otras. Se encontró información en los siguientes formatos: libros, normas, manuales, artículos científicos, proyectos y tesis de grado.

Se realizó el análisis y selección de la información encontrada, donde en las normativas, manuales y libros se tuvo en cuenta la vigencia de estos y no el tiempo de antigüedad de la publicación, mientras que en los informes, artículos, proyectos y tesis de grado se tuvo como criterio de elección la antigüedad de no más de 10 años.

Finalmente, en la tercera fase se procedió a organizar las 25 fuentes de información que se seleccionaron y organizaron sistémicamente por relevancia, año, título, autor, fuente y resumen o aporte.

9. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

Esta evaluación de vulnerabilidad sísmica se realizó a la estructura existente en el lote designado para el equipamiento comunitario para determinar si esta se iba a tener en cuenta en el diseño estructural del salón comunal o si era necesario realizar un diseño estructural nuevo.

Se solicitó información respecto al diseño, cálculo y construcción de la estructura a la junta de acción comunal; obteniendo por respuesta que no existe ningún documento técnico de la edificación, ya que esta fue construida empíricamente por la comunidad.

Por lo anterior, se realizó una visita de campo para hacer el reconocimiento visual del sitio y la estructura, donde se tomó un registro fotográfico y se elaboró el levantamiento estructural (ver ANEXO A).

9.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA

La estructura salón comunal ubicada en el asentamiento informal San Cipriano en la ciudad de Villavicencio, cuenta con una planta rectangular de un solo nivel con un área de 90 m². Limita por sus costados así: por el norte, sur y occidente con predios en los que no existen edificaciones y por el oriente con una vía de acceso.

Esta estructura no presenta un sistema estructural definido que este en cumplimiento con la normativa vigente, aunque en su configuración cuenta con algunos elementos que pertenecen al sistema estructural de muros confinados.

Cuenta con doce (12) columnetas estas inician en la losa de contrapiso pero no llegan a vigas de amarre; con dos (2) elementos verticales de apoyo en tubería redonda metálica, sin los anclajes y conexiones adecuadas; con dos (2) culatas en la dirección y de los muros, sin vigas cinta de amarre para generar el confinamiento y sobre estas culatas se apoya la cubierta en tejas de zinc, estas transmiten las cargas a las correas metálicas de tubería rectangular que se apoyan en las unidades de mampostería sin ningún tipo de anclaje, (Figura 9-1).

Las dimensiones de los elementos estructurales son:

- Losa de contrapiso espesor: 15 cm aprox.
- Columnetas: 20x10 cm aprox.
- Tubería redonda metálica diámetro: 2" – 6 cm aprox.
- Muros espesor: 10 cm aprox.

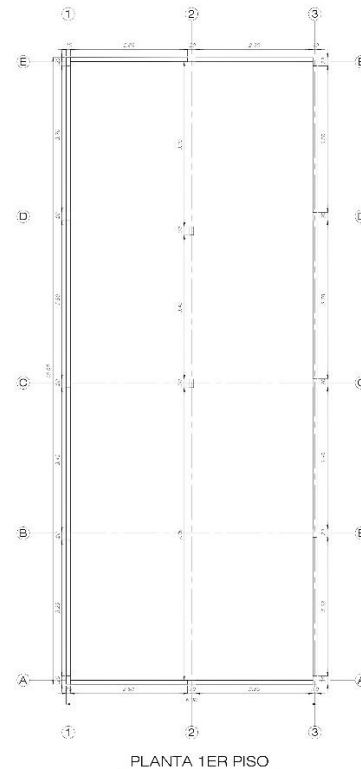


Figura 9-1 Fotografía fachada de la estructura y plano levantamiento estructural.
Fuente: Autores (2019).

9.2. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Para obtener el grado de vulnerabilidad sísmica de la estructura se empleó el método cualitativo propuesto por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), donde se evaluaron los aspectos geométricos, constructivos, estructurales, cimentación, suelo y entorno; a cada aspecto se le asignó una calificación con un valor de 1 para vulnerabilidad baja; con un valor de 2 para vulnerabilidad media y con un valor de 3 para vulnerabilidad alta.

El valor de la calificación que se asignó a cada aspecto de la evaluación (Tabla 9-1), se realizó mediante el reconocimiento visual y la comparación con patrones generales que se encuentran en textos guías y manuales de ingeniería, además, se contó con la experiencia de un ingeniero especializado en estructuras, quien fue el director de este proyecto.

9.2.1 Aspectos Geométricos

- ✓ *Irregularidad en planta.* Se presenta vulnerabilidad media, ya que la forma de la construcción es irregular y no cumple con simetría, donde el largo es menor a tres (3) veces el ancho. Aunque, no presenta retrocesos en la planta del primer y único piso.

- ✓ *Cantidad de muros en las dos direcciones.* Se presenta vulnerabilidad alta, ya que en este componente la estructura no presenta simetría en sus muros principales, donde, en la dirección x el porcentaje de los muros es de diecisiete por ciento (17%) y en la dirección y el porcentaje es del ochenta y tres por ciento (83%). Además, los muros no se encuentran confinados correctamente.
- ✓ *Irregularidad en altura.* Se presenta vulnerabilidad baja, ya que la estructura cuenta con un piso de altura, que finaliza en una cubierta liviana en teja de zinc.

9.2.2 Aspectos Constructivos

- ✓ *Calidad de las juntas de pega en mortero.* Se presenta vulnerabilidad media, ya que las juntas no son uniformes, la pega entre los bloques es muy pobre siendo menor a 0,7 cm y en algunos sectores casi inexistente como en otros es mayor a 1,3 cm.
- ✓ *Tipo y disposición de las unidades de mampostería.* Se presenta vulnerabilidad alta, ya que las unidades de mampostería son bloques de ladrillo #4 rayados con 6 perforaciones horizontales, con dimensiones de 10x20x30 cm, con esto se incumplen los requisitos de la norma. La mayoría de las unidades presentan deterioro y eflorescencia. Además, se observan deficiencias constructivas respecto a las hiladas de algunos muros donde los bloques no se encuentran trabados y aplomados de manera uniforme y continua.
- ✓ *Calidad de los materiales.* Se presenta vulnerabilidad alta, ya que el concreto de las columnas se deja rayar fácilmente con un clavo, se desconoce la calidad de la mezcla de concreto y su valor de resistencia.

Respecto, al acero de refuerzo, este se encuentra expuesto al proceso de corrosión por la presencia de hormigueros en ocho (8) de las doce (12) columnetas y en esas mismas columnetas la longitud de traslapo fue dejada a la intemperie sin algún tratamiento para evitar la corrosión. Además, los elementos de confinamiento en concreto reforzado no cuentan con la separación y distribución del refuerzo transversal exigido por la norma NSR-10.

9.2.3 Aspectos Estructurales

- ✓ *Muros confinados y reforzados.* Se presenta vulnerabilidad alta, ya que los muros que se encuentran contruidos no están confinados correctamente haciendo falta la viga de corona. Las columnas de confinamiento no cumplen con las separaciones establecidas por la normativa respecto al acero de refuerzo transversal. Para el soporte de la cubierta no existen las culatas.
- ✓ *Detalles de columnas y vigas de confinamiento.* Se presenta vulnerabilidad alta, ya que las mayoría de columnas de confinamiento no cumplen con las

separaciones establecidas por la norma respecto al acero de refuerzo transversal.

- ✓ *Vigas de amarre o corona.* Se presenta vulnerabilidad alta, ya que las vigas de corona no existen, por lo tanto, las columnas se encuentran separadas recibiendo cargas puntuales y no se está confinando correctamente el muro. Tampoco existe la viga cinta para realizar el apoyo de las correas metálicas o viguetas que conforman la cubierta.
- ✓ *Características de las aberturas.* No se presenta vulnerabilidad respecto a las características de las aberturas, ya que la estructura no cuenta con aberturas para puertas o ventanas.
- ✓ *Entrepiso.* No se presenta vulnerabilidad respecto a este componente, ya que la estructura es solamente de un piso con cubierta liviana en teja de zinc.
- ✓ *Amarre de cubiertas.* Se presenta vulnerabilidad alta, ya que la cubierta liviana no se encuentra debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta. No existen las vigas de corona y cinta para realizar los debidos anclajes de las correas metálicas que conforman la cubierta liviana.

9.2.4 Cimentación

Se presenta vulnerabilidad alta, ya que correlacionando el proceso constructivo de las columnas y vigas de amarre, la cimentación presenta altas probabilidades de no cumplir con las separaciones establecidas del refuerzo transversal.

9.2.5 Suelo

Se presenta vulnerabilidad media, ya que el suelo de la fundación es de mediana resistencia presentando vibraciones por el paso de vehículos pesados. Además, al estar asentado en suelo de origen aluvial no consolidado puede tener ocurrencia del fenómeno de licuefacción.

9.2.6 Entorno

Se presenta vulnerabilidad baja, ya que la topografía presente y los alrededores del lote donde se encuentra la estructura existentes es plana, aunque en los sectores alejados se presentan pendientes muy leves.

Tabla 9-1 Evaluación de vulnerabilidad sísmica de la edificación existente.

COMPONENTE	VULNERABILIDAD			VALOR PONDERADO
	BAJA	MEDIA	ALTA	
ASPECTOS GEOMÉTRICOS	20%			
Irregularidades en planta de la edificación	0	2	0	1.2
Cantidad de muros en las dos direcciones	0	0	3	

COMPONENTE	VULNERABILIDAD			VALOR PONDERADO	
	BAJA	MEDIA	ALTA		
Irregularidad en altura	1	0	0		
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	20%				
Calidad de las juntas de pega en mortero	0	2	0		
Tipo y disposición de las unidades de mampostería	0	0	3	1.6	
Calidad de los materiales	0	0	3		
ASPECTOS ESTRUCTURALES	30%				
Muros confinados y reforzados	0	0	3		
Detalles de columnas y vigas de confinamiento	0	0	3		
Vigas de amarre o corona	0	0	3	4.2	
Características de las aberturas	1	0	0		
Entrepiso	1	0	0		
Amarre de cubiertas	0	0	3		
CIMENTACIÓN	10%	0	0	3	0.3
SUELOS	10%	0	2	0	0.2
ENTORNO	10%	1	0	0	0.1
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD		ALTA			7.6

Fuente: Autores (2019).

Como se mencionó anteriormente el índice de vulnerabilidad sísmica para esta estructura es ALTO, para disminuir el valor de este índice de vulnerabilidad se pueden tomar acciones como lo es una intervención de reforzamiento de la estructura, aunque por el elevado costo de la intervención se convierte en una opción poco rentable. Por lo tanto, se recomendó realizar una demolición total de la estructural.

Así, se llegó a la decisión de realizar un diseño estructural nuevo donde no se tenga en cuenta la estructura existente, de modo se podrá aprovechar mejor el área construible del lote y la distribución de los espacios con los que contará el salón comunal.

10. DISEÑO ARQUITECTONICO

Se realizó un trabajo colaborativo con la Junta de Acción Comunal (JAC) del asentamiento informal San Cipriano para desarrollar el diseño arquitectónico del salón comunal mediante una serie de reuniones para determinar las necesidades, espacios requeridos y distribución de estos.

10.1. ESQUEMA BÁSICO O BOSQUEJO

En la primera reunión con algunos de los miembros de la JAC del asentamiento, se estableció que el salón comunal estaría conformado por dos plantas, una cubierta liviana y placa tanque de agua elevado.

La primera planta será un espacio libre para la realización de actividades socio – culturales organizadas por la comunidad general con la siguiente distribución espacial mínima de un (1) salón libre y un (1) baño.

La segunda planta será un espacio administrativo para uso de la junta directiva y la comunidad con la siguiente distribución espacial mínima de una (1) sala de juntas, una (1) oficina y un (1) baño.

Con la anterior información definida se elaboraron dos bosquejos con la distribución espacial en planta, Figura 10-1 y Figura 10-2.

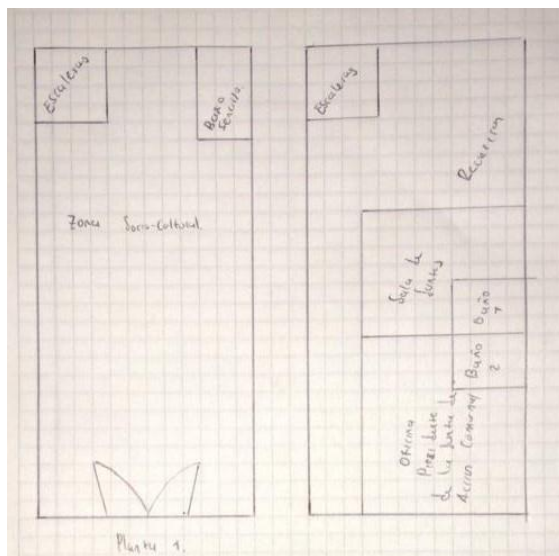


Figura 10-1 Bosquejo propuesta 1
Fuente: Autores (2019).

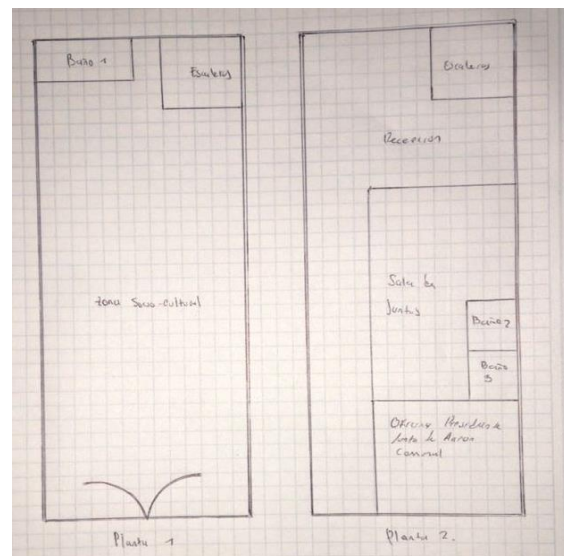


Figura 10-2 Bosquejo propuesta 2
Fuente: Autores (2019).

La JAC selecciono la propuesta 2 sujeta a modificaciones que optimicen la distribución espacial.

10.2. DISEÑO PRELIMINAR

Se digitalizaron en AutoCAD los bosquejos de la propuesta 2 con su distribución espacial a escala, Figura 10-3.

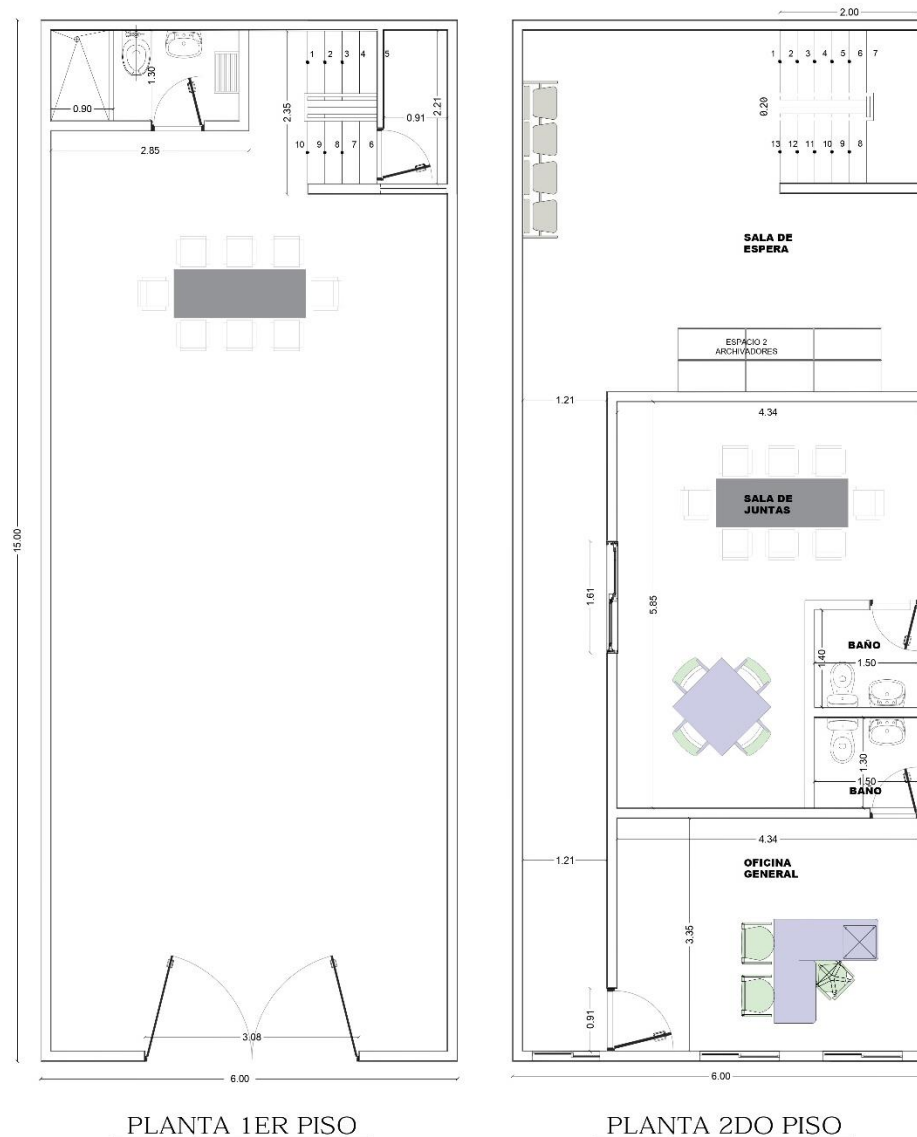


Figura 10-3 Bosquejo 2 vista en planta primer y segundo piso.
Fuente: Autores (2019).

Para lograr un diseño arquitectónico funcional y con espacios agradables, se contó con la asesoría de una docente de la facultad de Arquitectura de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, la arquitecta Eliana Ballesteros, con base a sus conocimientos y experiencia se llevaron a cabo las siguientes modificaciones en la distribución espacial:

Planta primer piso conformada por un (1) salón libre y dos (2) baños.

Planta segundo piso conformada por una (1) sala de juntas, una (1) oficina, una (1) oficina de archivo, dos (2) baños y una (1) sala de espera.

Para la altura de la estructura se consideraron las condiciones del clima y el número -máximo de personas que podrían albergar simultáneamente el salón comunal, la altura libre de cada nivel será de 2.65 metros, teniendo una altura total la edificación de 6.00 metros.

10.3. PROYECTO ARQUITECTONICO

Se presentó el diseño a la JAC para su aprobación, quienes tuvieron algunas observaciones. Luego de atender dichas observaciones, se logró presentar la versión final del diseño arquitectónico (ver **Error! Reference source not found.** y ANEXO B) que contó con la aprobación de las partes involucradas.



Figura 10-4 Plano arquitectónico versión final – vista 3D.
Fuente: Autores (2020).

11. DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural de esta edificación nueva se realizó siguiendo el procedimiento de diseño de acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente 2010.

11.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

11.1.1 Información general de la estructura

Tabla 11-1 Información general de la estructura.

Datos	NSR-10
Ubicación de la Estructura	<i>Villavicencio</i>
Departamento	<i>Meta</i>
Altura del Edificio	6,00 m
Número de Pisos	2,00
Tipo de Perfil del Suelo	D
Grupo de Uso Edificación	I
Sistema Estructural de Resistencia Sísmica	1

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-1, se presenta la información básica de localización y configuración de la estructura definida en el anterior capítulo, el tipo de perfil de suelo se obtuvo de un estudio de suelo [27], el grupo de uso de la edificación se consideró como uso de ocupación normal y el sistema estructural de resistencia sísmica elegido es de pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitadas o adheridas a componentes más rígidos estructurales o no estructurales que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas [14].

11.1.2 Movimientos Sísmicos De Diseño

Tabla 11-2 Movimientos sísmicos de diseño.

Datos	NSR-10
Zona de Amenaza Sísmica	Alta
Coeficiente de Aceleración (A_a)	0,35
Coeficiente de Velocidad (A_v)	0,30
Coeficiente de Amplificación de Sitio (F_a)	1,15
Coeficiente de Amplificación de Sitio (F_v)	1,80
Coeficiente de Importancia (I)	1,00

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-2, se presentan los valores de los movimientos sísmicos de diseño obtenidos mediante diferentes tablas expuestas en la NSR-10. La normativa establece los coeficientes de aceleración y velocidad horizontal pico efectiva en función de la localización de la edificación, en este caso al ser los dos coeficientes

mayores a 0.20 hace que la ciudad de Villavicencio sea catalogada como zona de amenaza sísmica ALTA.

Los coeficientes de amplificación de sitio que afectan la aceleración en la zona de periodos cortos e intermedios están en función del tipo de perfil de suelo donde se localiza la edificación y los coeficientes de aceleración y velocidad horizontal pico efectiva. Para el primer caso, coeficiente para la zona de periodos cortos fue necesario interpolar los valores entre $A_a = 0,30$ y $A_a = 0,40$, este procedimiento no se realizó para obtener el valor en el segundo caso, ya que se encontraba en la tabla.

Por último, el coeficiente de importancia (I) se obtiene respecto al grupo de uso de la edificación, la cual se consideró como un estructura de ocupación normal.

11.1.3 Características de la estructuración y material estructural empleado

Debido a que la edificación se encuentra localizada en zona de amenaza sísmica alta se debe diseñar dando a la estructura una capacidad especial de disipación de energía (DES).

11.1.3.1. Sistema estructural de resistencia sísmica

El sistema estructural de la edificación es de pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.

11.1.3.2. Material estructural empleado

A continuación, se presentan las características principales de los materiales empleados:

- ✓ Concreto 21 MPa

La resistencia especificada para el concreto a utilizar en la estructura, se ha determinado como $f'_c = 21$ MPa, se recomienda emplear concreto premezclado, o en su defecto se deberán tener en cuenta las siguientes condiciones mínimas.

Tabla 11-3 Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos que permitan la determinar la desviación estándar de la muestra.

Resistencia especificada a la compresión f'_c MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión f'_{cr} MPa
$f'_c < 21$ MPa	$f'_{cr} = f'_c + 7$
$21 < f'_c < 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8.5$
$f'_c > 35$ Mpa	$f'_{cr} = f'_c + 10$

Fuente: Tomado y adaptado NSR - 10 (2020).

Para vigas, vigas riostra, losa aligerada, columnas, vigas de cimentación y zapatas se utilizará concreto de 3000 psi, 210 kgf/cm² o 21 MPa.

El módulo de elasticidad empleado en el análisis y para la construcción de la edificación, se definió siguiendo el numeral C.8.5. Módulo de elasticidad de la NSR-10, donde se expone que ante la ausencia de un valor experimental de E_c o cuando no se dispone del valor de masa unitaria del concreto se puede usar ciertas ecuaciones que se encuentran en función del origen del agregado grueso, en este caso como no se cuenta con el origen del agregado se empleó la siguiente ecuación:

$$E_c = 3900\sqrt{f'_c} \text{ en MPa}$$

Este módulo de elasticidad se adoptó en todos los elementos estructurales presentes en la edificación.

En la norma NTC 4025 (ASTM C469) se describen los métodos para la determinación del módulo de elasticidad del concreto, allí se indica, además como medir el módulo de Poisson. Como no se dispone del valor experimental del módulo de Poisson se adoptó como 0.20 este valor.

✓ Acero 420 MPa – PDR 60

11.2. PREDIMENSIONAMIENTO ELEMENTOS ESTRUCTURALES

11.2.1 Columna

Se predimensionó la columna cumpliendo con los requerimientos del título C.21.6 para elementos con capacidad especial de disipación de energía. Se inició con una columna de dimensiones 0.30x0.30 m cumpliendo con el área mínima de 0.09 m². En la Tabla 11-4, se presentan las dimensiones finales con las que se realizó el análisis estructural a la edificación y la verificación de esbeltez realizada al elemento.

Tabla 11-4 Dimensiones columna.

b	0,35 m			ESBELTEZ
h	0,40 m			b / h ³ 0,4
Área	0,14 m ²	CUMPLE	0,875	CUMPLE

Fuente: Autores (2020).

11.2.2 Viga

La altura o espesor mínimo de la viga fue definida al evaluar la luz crítica en función del tipo de apoyos con los que contaba mediante la tabla C.9.5 (a) para alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección de la norma.

Tabla 11-5 Predimensión viga.

DATOS DE ENTRADA		LUZ CRITICA		
Simplemente apoyada (LSA)		5,40 m		
Un extremo continuo (L1C)		0,00 m		
Ambos extremos continuos (L2C)		4,60 m		
Voladizo (LV)		0,00 m		
CR9.5	LSA l/16	L1C l/18,5	L2C l/21	LV l/8
Viga y losa aligerada	0,34 m	0,00 m	0,22 m	0,00 m

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-5, se presenta los cálculos realizados donde se determinó que la altura de la viga es de 0.35 m. El ancho de la viga sea cálculo mediante el ítem C.21.5.1.3, donde el ancho mínimo del elemento debe ser mayor o igual a 0.3 la altura del mismo o mayor a 0.25 m. Por facilidad constructiva del elemento se definieron las dimensiones de 0.30x0.35 m.

11.2.3 Losa Aligerada En Una Dirección

Se asignó la misma altura de la viga para la losa aligerada con la finalidad que exista relación en altura entre estos elementos. Se realizaron los cálculos para determinar el ancho de las viguetas mediante el ítem C.8.13.2, la separación máxima de estas mediante el ítem C.8.13.3, el espesor de la torta superior mediante el ítem C.8.13.6.1 y la separación de la viga riostra mediante el ítem C.8.13.3.1. En la Figura 11-1, se presenta el detalle de la losa aligerada con las dimensiones definidas.

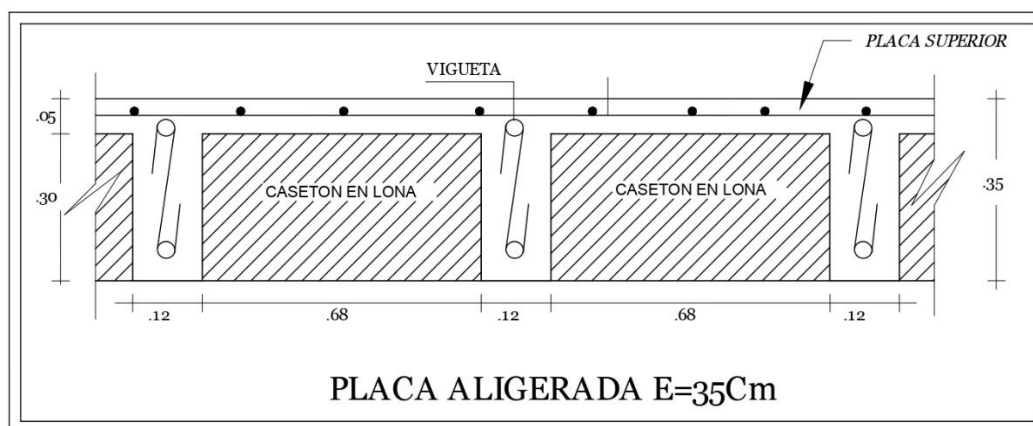


Figura 11-1 Detalle losa aligerada.

Fuente: Autores (2020).

11.2.4 Losa Maciza

La altura de la losa maciza se determinó siguiendo el mismo proceso que se realizó para definir la altura de la viga. En la Tabla 11-6, se presenta el procedimiento

realizado para definir a la losa una altura de 0.13 m. y sobre la cual ira el tanque de almacenamiento de agua potable de 1000 litros.

Tabla 11-6 Predimensionamiento losa maciza.

DATOS DE ENTRADA		LUZ CRITICA
Simplemente apoyada (LSA)		2,10 m
Un extremo continuo (L1C)		0,00 m
Ambos extremos continuos (L2C)		0,00 m
Voladizo (LV)		0,00 m

C.9.5 (a)	LSA l/20	L1C l/24	L2C l/28	LV l/10
Losa maciza	0,11 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m

Fuente: Autores (2020).

11.3. EVALUACIÓN DE LAS SOLICITACIONES DEFINITIVAS

11.3.1 Cargas Vivas

En la Tabla 11-7, se presenta la relación de los valores y nivel al que se asignan las cargas vivas en la edificación.

Tabla 11-7 Cargas vivas.

NIVEL	OCUPACIÓN O USO	CARGA VIVA [kN/m ²]	NSR-10
Piso 2	Corredores y escaleras	3,00	<i>Tabla B.4.2.1-1</i>
	Oficinas	2,00	<i>Tabla B.4.2.1-1</i>
Cubierta	Cubierta inclinada con más de 15° de pendiente en estructura metálica con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada.	0,35	<i>Tabla B.4.2.1-2</i>
	Mantenimiento tanque de almacenamiento de agua	2	

Fuente: Autores (2020).

11.3.2 Cargas Muertas

En la Tabla 11-8, se presenta el resumen de la carga muerta por niveles con la relación de los elementos que conforman cada nivel, para un total de 749.66 kN que se encuentran presentes en la edificación. Ver ANEXO C.

Tabla 11-8 Resumen cargas muertas.

NIVEL	ELEMENTOS	PESO [kN]
Piso 2	Vigas	135,58
	Columnas	71,23
	Columneta	1,91
	Losa aligerada (No incluye vacío de la escalera, ni vigas)	218,56
	Muros mampostería e=0,12m	35,91
	Enchape cerámico vertical	0,33

	Escalera	4,66
	SUBTOTAL PISO 2 [kN]	468,17
	Vigas	131,14
	Viguetas canal	8,19
	Vigas culata	20,83
	Columnas	100,80
	Losa maciza tanque	6,93
Cubierta	Muros de culata mampostería e=0,15m	3,40
	Correas metálicas	0,10
	Teja termoacústica	0,20
	Instalaciones	0,10
	Tanque agua 1000 litros	9,81
	SUBTOTAL CUBIERTA [kN]	281,50
	TOTAL CARGA MUERTA [kN]	749,66
	TOTAL CARGA MUERTA [t]	76,42

Fuente: Autores (2020).

11.4. ESPECTRO DE DISEÑO

El espectro elástico de aceleraciones de diseño permite determinar las posibles fuerzas sísmicas que puedan afectar la edificación, es por eso que se consideran estas fuerzas durante el diseño estructural para evitar posibles afectaciones graves que generen el colapso de la edificación.

Para definir y poder graficar este espectro, se hallaron primero los valores de los periodos que se presentan en la Tabla 11-9 mediante las Ecuación 6-3, Ecuación 6-4 y Ecuación 6-5. Luego, se hallaron las aceleraciones para cada uno de los periodos mediante las ecuaciones que se presentan en la Figura 6-1.

Las ecuaciones para calcular los periodos y aceleraciones se encuentran en función de los movimientos sísmicos definidos según la localización de la edificación, ver Tabla 11-2.

Tabla 11-9 Resultado periodos de vibración.

Datos		NSR-10
Espectro de Diseño (S_a)	Gráfico	A.2.6
Período de Vibración Inicial (T_o)	0,13 s	<i>Ecuación A.2.6-6</i>
Período de Vibración Corto (T_c)	0,64 s	<i>Ecuación A.2.6-2</i>
Período de Vibración Largo (T_L)	4,32 s	<i>Ecuación A.2.6-4</i>

Fuente: Autores (2020).

En la Figura 11-2, se presenta la gráfica del espectro elástico de aceleraciones de diseño.

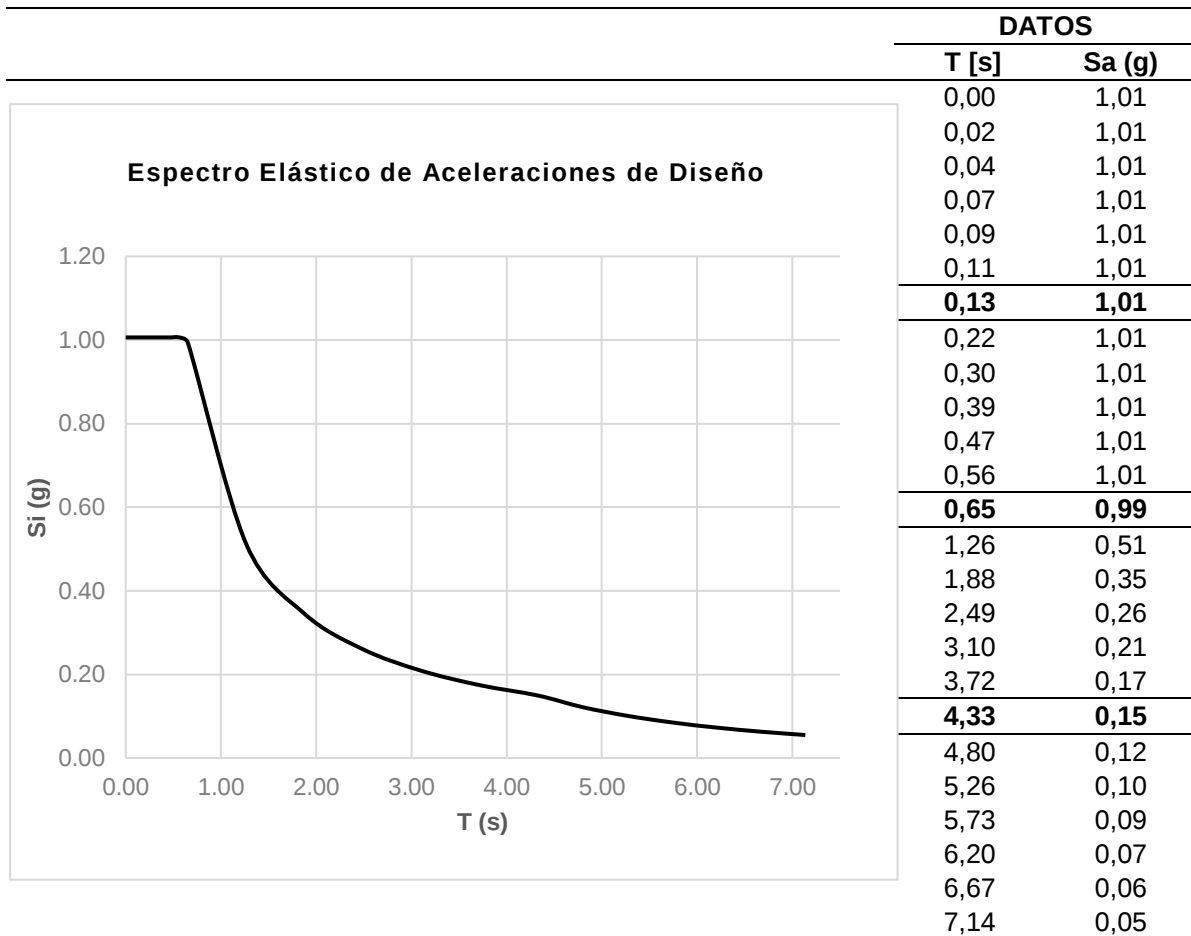


Figura 11-2 Espectro elástico de aceleraciones de diseño.
Fuente: Autores (2020).

El periodo de aceleración de la estructura es de 0.24 s y el valor del espectro de diseño de aceleración para la edificación es de 1.01 g.

11.5. MÉTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

El método de análisis sísmico definido para esta edificación es fuerza horizontal equivalente, ya que esta edificación cumple con las características que presenta la norma en el título A.3.4.2.1.

En la Tabla 11-10, se presentan los valores obtenidos en el cálculo del periodo fundamental de la estructura, donde el coeficiente C_t y α se eligen en función del sistema estructural de resistencia sísmica de la edificación. También se realiza la verificación al periodo de vibración aproximado respecto al periodo máximo el cual al ser menor al máximo se adopta como 0.24 s.

Tabla 11-10 Periodo fundamental de la estructura.

Datos	NSR-10	
Coefficiente (C_i)	0,047	Tabla A.4.2-1
Exponente (α)	0,9	Tabla A.4.2-1
Período de Vibración Aproximado ($T_a = C_i h^\alpha$)	0,24 s	Ecuación A.4.2-3
Coefficiente (C_u)	1,20	Ecuación A.4.2-2
$T_{m\acute{a}x} = C_u T_a$	0,28 s	Ecuación A.4.2-2
$T \leq T_{m\acute{a}x}$	0,24 $\leq$ 0,28	A.4.2.1
K	1,00	A.4.3.2

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-11, se presentan los datos de entrada para calcular el cortante sísmico en la base que representa los efectos inerciales horizontales que se generan por los movimientos sísmicos de diseño y la fuerza sísmica horizontal, donde, se emplearon las ecuaciones presentes en el título A.4.3 de la norma.

Tabla 11-11 Fuerza horizontal equivalente.

DATOS DE ENTRADA	
Coefficiente, C_t	0,047
Exponente, α	0,9
Altura total, h	6,00 m
Periodo natural, T	0,24 s
Coefficiente de Aceleración, A_a	0,35
Coefficiente de Amplificación de Sitio, F_a	1,15
Coefficiente de importancia, I	1,00
Peso total edificación	749,66 kN
Espectro de diseño de aceleración de diseño, S_a	1,01 g
Cortante sísmico basal, V_s	754,35 kN
K	1,00 kN
Coefficiente de disipación de energía, R	7,00

PISO	PESO [kN]	ALTURA [m]	$W \cdot h^k$	$C_v x$	F_x [kN]	V_t	E_x [Kn]
Cubierta	281,50	6,00	1688,98	0,55	411,86	411,86	58,84
Piso 2	468,17	3,00	1404,50	0,45	342,49	754,35	48,93
TOTAL	749,66		3093,48	1,00	754,35		107,76

Fuente: Autores (2020).

El valor de la Fuerza Horizontal Equivalente para esta estructura es de 754,35 kN.

11.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Se empleó el software ETABS versión 16.2.1 para realizar el dimensionamiento, modelación y análisis estructural de la edificación. En la

Tabla 11-12, se relacionan los elementos empleados para realizar la modelación de la estructura.

Tabla 11-12 Tipo de elementos modelación en ETABS.

ELEMENTO TIPO	DESCRIPCIÓN
Frame	Columnas y vigas
Membrane	Losa de entrepiso aligerada y maciza simulando diafragma rígido.

Fuente: Autores (2020).

En la Figura 11-3, se presenta el modelo de la edificación realizado en ETABS.

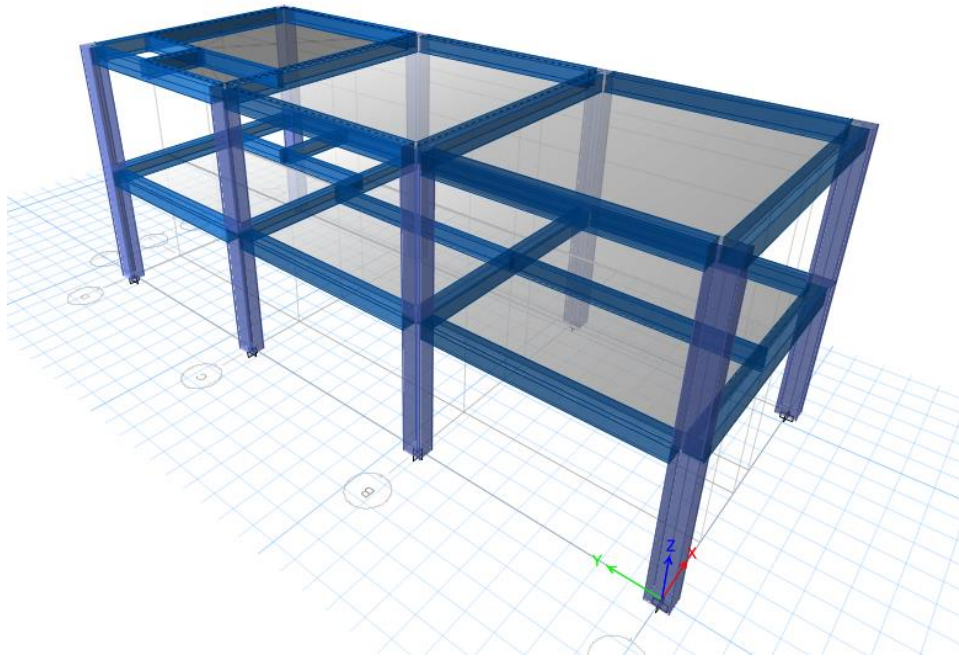


Figura 11-3 Modelo en ETABS.
Fuente: Autores (2020).

11.7. VERIFICACIÓN DE LAS DERIVAS

Se realizó el cálculo de la deriva máxima para cualquier piso siguiendo los parámetros establecidos en el título A.6.3 y la verificación de que esta no excediera los límites se realizó con el criterio presente en el título A.6.4 donde la deriva máxima como porcentaje de la altura de piso debe ser igual o menor al 1% de dicha altura.

En la edificación las derivas máximas son de 0.62%. Por lo tanto, las derivas si cumplen. Ver ANEXO C.

11.8. GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA

Para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía que se empleó en el diseño, es necesario realizar las verificaciones de las posibles irregularidades

que se encuentren en la edificación en altura, en planta y por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica según el título A.3.3 de la NSR-10. En la Tabla 11-13, se presenta el resumen del coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño. Ver ANEXO C.

Tabla 11-13 Resumen coeficiente de capacidad de disipación de energía diseño.

Capacidad de Disipación de la Energía	Especial
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía Básico (R_o) (Tabla A.3-3, NSR-10)	7,0
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía por irregularidades en planta (ϕ_p)	1,0
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía por irregularidades en altura (ϕ_a)	1,0
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía por irregularidades por ausencia de redundancia (ϕ_r)	1,0
Coeficiente de Capacidad de Disipación de la Energía de Diseño ($R=R_o.\phi_p.\phi_a.\phi_r$)	7,0

Fuente: Autores (2020).

11.9. COMBINACIÓN DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES

En el diseño de esta edificación se emplearon las combinaciones de cargas mayoradas usando el método de resistencia. En la Tabla 11-14, se presentan los coeficientes presentes en las combinaciones de carga.

Tabla 11-14 Coeficientes de las combinaciones de carga.

D	Carga muerta distinta al peso propio	Lr	Carga viva de cubierta
PP	Carga muerta correspondiente al peso propio	Ex	Carga sísmica en dirección x
L	Carga viva	Ey	carga sísmica en dirección y

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-15, se encuentran las combinaciones que se aplicaran en los componentes de la estructura para obtener resistencias de diseño que igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas, según el título B.2.4 de la NSR-10.

Tabla 11-15 Combinaciones de carga método estado límite de resistencia.

COMB (1)	1.4D	COMB (12)	1.2D+L-Ey-0.3Ex
COMB (2)	1.2D+1.6L+0.5Lr	COMB (13)	0.9D
COMB (3)	1.2D+L+1.6Lr	COMB (14)	0.9D+Ex+0.3Ey
COMB (4)	1.2D+L+0.5Lr	COMB (15)	0.9D+Ex-0.3Ey
COMB (5)	1.2D+L+Ex+0.3Ey	COMB (16)	0.9D-Ex+0.3Ey
COMB (6)	1.2D+L+Ex-0.3Ey	COMB (17)	0.9D-Ey-Ex
COMB (7)	1.2D+L+0.3Ey-Ex	COMB (18)	0.9D+Ey+0.3Ex
COMB (8)	1.2D+L-0.3Ey-Ex	COMB (19)	0.9D-Ey+0.3Ex
COMB (9)	1.2D+L+Ey+0.3Ex	COMB (20)	0.9D+Ey-0.3Ex
COMB (10)	1.2D+L-Ey+0.3Ex	COMB (21)	0.9D-0.3Ex-Ey

COMB (11) 1.2D+L+Ey-0.3Ex	COMB (22)	$\sum_{1}^{21} \text{COMB} * 1$
------------------------------	-----------	---------------------------------

Fuente: Autores (2020).

11.10. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En la Figura 11-4, se observa un esquema de los elementos estructurales que conforman la edificación.



Figura 11-4 Esquema elementos estructurales de la edificación.
Fuente: Autores (2020).

11.10.1 Viga

A continuación, se presenta el procedimiento realizado en el diseño a flexión y cortante para las vigas tipo en sentido X y Y.

11.10.1.1. Viga tipo sentido X

En la Tabla 11-16, se encuentran los valores de las reacciones de cortante, momento y torsión máximas y mínimas presentes en las vigas, estos valores se obtuvieron de la combinación 22 llamada envolvente y que está conformada por las 21 combinaciones de diseño mencionadas anteriormente.

Tabla 11-16 Reacciones máximas y mínimas para diseño de la viga.

	TIPO	V2 [kN]	M3 [kN*m]	T [kN*m]
Sentido X	MÁX	118,3150	108,9875	9,6213
	MÍN	-143,7107	-132,9354	-

Fuente: Autores (2020).

Tabla 11-17 Datos de entrada diseño viga a flexión.

VIGA TIPO SENTIDO X			
Datos de entrada	Valor	Datos de entrada	Valor
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y	420 MPa	Momento (+), modelo en ETABS	108,99 kN*m
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c	21 MPa	Momento (-), modelo en ETABS	132,94 kN*m
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y	420000 kPa	Cortante +, modelo en ETABS	118,32 kN
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c	21000 kPa	Cortante -, modelo en ETABS	143,71 kN
Recubrimiento (NSR-10, C.7.7.1)	0,04 m	β (NSR-10, C.10.2.7.3)	0,85
Ancho de la viga	0,30 m	ϕ (NSR-10, C.9.3.2.3)	0,9
Altura de la viga	0,35 m	Altura efectiva, d	0,31 m
Longitud de la viga	5,30 m		

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-17, están los datos de entrada para realizar el diseño de la viga a flexión. En la Tabla 11-18, se presentan los valores de las cuantías requeridas, máximas, mínimas y de diseño para el refuerzo inferior y superior de la viga tipo.

Tabla 11-18 Cuantías de refuerzo inferior y superior.

CUANTIA REFUERZO INFERIOR		CUANTIA REFUERZO SUPERIOR	
ρ requerida	0,0116	ρ requerida	0,0148
ρ máxima	0,0213	ρ máxima	0,0213
ρ mínima	0,0033	ρ mínima	0,0033
ρ diseño	0,0116	ρ diseño	0,0148

Fuente: Autores (2020).

En la

Tabla 11-19, se definió la combinación de acero de refuerzo longitudinal inferior y superior de la viga. El refuerzo inferior está conformado por 3#7 y el refuerzo superior está conformado por 3#7 + 1#6.

Tabla 11-19 Refuerzo inferior y superior.

	As (requerida) [cm ²]	#Barra	Cantidad Barras	Área Barras [cm ²]	VERIFICACIÓN
REFUERZO INFERIOR	10,77	7	2	7,76	El refuerzo cumple
		7	1	3,88	
	Área acero refuerzo inferior, A_{st1}			11,64	

	As (requerida) [cm ²]	#Barra	Cantidad Barras	Área Barras [cm ²]	VERIFICACIÓN
REFUERZO SUPERIOR	13,74	7	3	11,64	El refuerzo cumple
		6	1	3,88	
	Área acero refuerzo superior, A _{st2}			14,49	

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-20, se presentan los datos de entrada para realizar el diseño a cortante para obtener la separación refuerzo transversal según la ubicación de este en el elemento.

Tabla 11-20 Datos de entrada diseño viga a cortante.

Datos de entrada	Valor	NSR-10
Coeficiente de reducción, ϕ	0,75	C.9.3.2.3
Λ	1	C.8.6.1
# de estribo	3	
Área de estribo	0,71 cm ²	
Cantidad de ramales	2	
Resistencia última a la cortante, V _u	143,71 kN	
Resistencia a la cortante por el concreto, ϕV_c	54,34 kN	Ec. C.11-3
Resistencia a cortante proporcionada por el acero, ϕV_s	89,78 kN	Ec. C.11-15
Resistencia a la cortante nominal, ϕV_n	144,12 kN	Ec. C.11-2
Base de diseño a cortante $\phi V_n \geq V_u$	Se cumple	C.11.1.1

Fuente: Autores (2020).

Para definir la separación de estribos en la zona confinada se realizaron las siguientes cuatro verificaciones (ver Tabla 11-21) de separación máxima según lo expuesto en la sección C.21.5.3.2 de la NSR-10. Se eligió el menor valor de separación obtenido en las verificaciones para este caso fue de 8 cm.

Tabla 11-21 Verificaciones separación máxima zona confinada.

Separación máxima	Valor
$S_{m\acute{a}x} \leq d/4$	8 cm
$S_{m\acute{a}x} \leq 8 * \emptyset_{\text{refuerzo longitudinal}}$	18 cm
$S_{m\acute{a}x} \leq 24 * \emptyset_{\text{refuerzo transversal}}$	23 cm
$S_{m\acute{a}x} \leq 30$	30 cm

Fuente: Autores (2020).

Para definir la separación de estribos en la zona no confinada se realizaron las siguientes tres verificaciones (ver) de separación máxima según lo expuesto en la sección C.11.4.5.1 de la NSR-10. Se eligió el menor valor de separación obtenido en las verificaciones para este caso fue de 15.5 cm pero se adoptó como 16 cm para brindar una facilidad constructiva.

Tabla 11-22 Verificaciones separación máxima zona no confinada.

Separación máxima	Valor
$S_{m\acute{a}x} \leq d/2$	15.5 cm

$S_{m\acute{a}x} \leq 0,75h$	26 cm
$S_{m\acute{a}x} \leq 60$	60 cm

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-23, se presentan los datos de entrada para realizar el diseño a torsión de las vigas y mediante la sección C.11.5.1 de la NSR-10 se verifico si los efectos generados por la torsión debieron tenerse en cuenta en el diseño del elemento.

Tabla 11-23 Datos de entrada diseño viga a torsión.

Datos de entrada	Valor
Coeficiente de reducción, ϕ	0,75
Tud	9,62 kN*m
Vc	72,45 KN
x	22,95 cm
y	30,18 cm
Área encerrada por el eje del refuerzo, Aoh	0,07 m ²
Perímetro del eje del refuerzo, Ph	1,06 m

Fuente: Autores (2020).

En la verificación se obtuvo que los efectos de la torsión se deben considerar, por lo tanto, el área de acero longitudinal mínimo será de 4.81 cm² y la separación entre estribos ubicados en la zona de confinamiento no deberá ser mayor a 13 cm, condiciones que se cumplen.

Por último, se verifico si la sección de la viga es suficiente mediante la ecuación C.11-18 de la sección C.11.5.3.1 de la NSR-10 la cual cumple para esta viga.

11.10.1.2. Viga tipo sentido Y

El diseño de las vigas tipo en sentido Y se realizaron siguiendo el mismo procedimiento realizado con las vigas tipo en sentido X expuesto anteriormente.

La combinación de acero de refuerzo longitudinal inferior y superior de la viga definida fue de 4#4 y 4#4.

La separación de estribos en la zona confinada fue de 8 cm y en la zona no confinada fue de 15.5 cm pero se adoptó como 16 cm para brindar una facilidad constructiva.

11.10.2 Columna

En la Tabla 11-24, se presentan los valores de entrada definidos para realizar el diseño de la columna tipo.

Tabla 11-24 Datos de entrada diseño columna tipo.

Datos de entrada		Valor	Datos de entrada		Valor
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y Recubrimiento, (NSR-10, C.7.7.1)		21 MPa	Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c		420 MPa
		21000 kPa	Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c		420000 kPa
		4 cm	Área sección de concreto, A_g		1400 cm ²
			Coeficiente de reducción de resistencia, ϕ (NSR-10, C.9.3.2.2)		0,65
Dimensiones columna	Ancho, b	35 cm	Resistencia axial de diseño, P_n (NSR-10, Ecuación C.10-2)		1874,25 kN
	Altura, h	40 cm	Resistencia axial máxima de diseño, ϕP_n (NSR-10, C.10.3.6.)		1218,26 kN
	Longitud, L	3 m			

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-25, se presenta la configuración del acero de refuerzo transversal y longitudinal asignado para las columnas. El refuerzo longitudinal es de 5#5 y el valor del área es de 15.83 cm², cumpliendo así con la condición de la sección C.21.6.3.1 de la NSR-10, donde el valor de esta área no debe ser menor que el 0.01 A_g ni mayor a 0.04 A_g .

Tabla 11-25 Configuración acero de refuerzo columna.

Datos configuración del acero de refuerzo		Valor
Refuerzo transversal de la columna	#Estribo	3 in
	Ø estribo	0,95 cm
	#Barra ₁	5 in
	Ø barra ₁	1,98 cm
Refuerzo longitudinal de la columna	#Barra ₂	5 in
	Ø barra ₂	1,98 cm
	$A_{st.máx}$ (0,04 A_g)	56,00 cm ²
	$A_{st.mín}$ (0,01 A_g)	14,00 cm ²

Fuente: Autores (2020).

En las Tabla 11-26 y Tabla 11-28, se presentan los datos de entrada que se emplearon para graficar el diagrama de interacción en los dos sentidos de la columna, los cuales son los momentos y cargas axiales nominales obtenidos en el modelo de ETABS y los momentos y cargas axiales nominales calculados con un factor de reducción.

Tabla 11-26 Datos de entrada diagrama de interacción sentido Y.

Mn (KN*m)	Pn (KN)	ϕMn (KN*m)	ϕPn (KN)
0,00	-668,64	0,00	-601,78
10,93	-612,74	9,84	-551,47
21,36	-556,84	19,22	-501,16
31,29	-500,94	28,16	-450,85

Mn (KN*m)	Pn (KN)	ϕMn (KN*m)	ϕPn (KN)
54,51	-346,54	49,06	-311,89
77,73	-188,55	69,96	-169,70
95,69	-64,60	86,12	-58,14
110,42	39,91	99,38	35,92
122,95	132,27	110,66	119,04
133,85	216,53	120,47	194,88
143,46	295,11	129,11	265,60
151,98	369,57	136,79	332,62
159,58	468,80	143,62	421,92
166,34	566,87	141,87	483,49
172,34	658,92	139,08	531,76
177,62	746,14	136,28	572,47
182,24	829,46	133,48	607,52
186,22	909,54	130,68	638,25
189,58	986,94	127,86	665,62
192,35	1062,08	125,02	690,35
189,08	1174,74	122,90	763,58
185,67	1282,18	120,69	833,42
182,05	1385,20	118,33	900,38
178,15	1484,45	115,80	964,89
173,91	1580,44	113,04	1027,29
169,30	1673,62	110,04	1087,85
164,27	1764,34	106,78	1146,82
158,80	1852,91	103,22	1204,39
152,85	1939,57	99,35	1260,72
146,41	2024,55	95,17	1315,96
139,47	2108,02	90,65	1370,21
132,00	2190,15	85,80	1423,60
123,98	2271,07	80,59	1476,19
115,42	2350,89	75,02	1528,08
106,29	2429,73	69,09	1530,37
96,60	2507,68	62,79	1530,37
86,32	2584,81	56,11	1530,37
75,45	2661,20	49,05	1530,37
64,00	2736,90	41,60	1530,37
0,00	3139,22	0,00	1530,37

Fuente: Autores (2020).

En las Figura 11-5 y Figura 11-7, se presentan los diagramas de interacción en sentido Y y X.

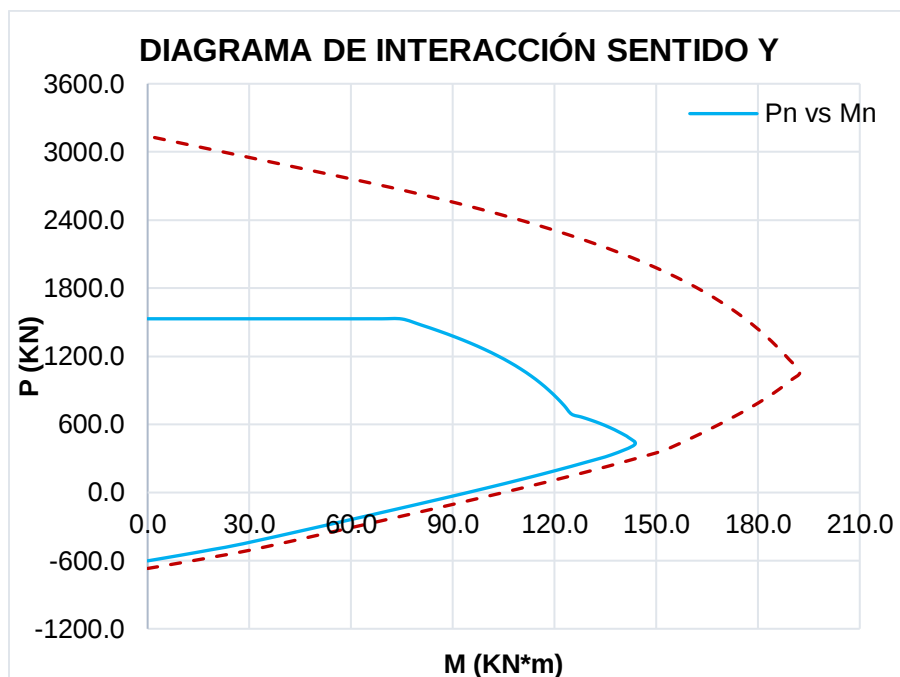


Figura 11-5 Diagrama de interacción sentido Y.
Fuente: Autores (2020).

En las Tabla 11-27 y Tabla 11-29, se presentan los valores de carga axial ultima y momento ultimo para cada una de las solicitaciones que se asignaron al modelo en los dos sentidos de las columnas.

Tabla 11-27 Solicitaciones para las condiciones críticas en sentido Y.

Combo/Combinación	Pu (KN)	Mu (KN*m)
C.DIS (1) 1.4D	-167,88	20,81
C DIS (2) 1.2D+1.6L+0.5Lr	-256,74	44,02
C DIS (3) 1.2D+L+1,6Lr	-220,63	33,96
C DIS (4) 1.2D+L+0,5Lr	-215,33	34,17
C DIS (5) 1.2D+L+1.0Ex+0.3Ey	-198,54	6,89
C DIS (6) 1.2D+L+1.0Ex-0.3Ey	-199,47	6,76
C DIS (7) 1.2D+L+0.3Ey-1.0Ex	-226,36	58,76
C DIS (8) 1.2D+L-0.3Ey-1Ex	-227,29	58,64
C DIS (9) 1.2D+L+1Ey+0.3Ex	-207,20	26,24
C DIS (10) 1.2D+L-1Ey+0.3Ex	-210,29	25,82
C DIS (11) 1.2D+L+1Ey-0.3Ex	-215,54	42,70
C DIS (12) 1.2D+L-Ey-0.3Ex	-218,64	42,28
C DIS (13) 0.9D	-107,92	13,38
C DIS (14) 0.9D+Ex+0.3Ey	-93,55	-14,00
C DIS (15) 0.9D+Ex-0.3Ey	-94,48	-14,12
C DIS (16) 0.9D-Ex+0.3Ey	-121,37	40,87
C DIS (17) 0.9D-Ey-Ex	-123,38	40,60

Combo/Combinación	Pu (KN)	Mu (KN*m)
C DIS (18) 0.9D+Ey+0.3Ex	-102,20	5,35
C DIS (19) 0.9D-1.0Ey+0.3Ex	-105,30	4,94
C DIS (20) 0.9D+EY-0.3Ex	-110,55	21,81
C DIS (21) 0.9D-0.3Ex-1.0Ey	-113,64	21,40

Fuente: Autores (2020).

En las Figura 11-6 y Figura 11-8, se presentan los diagramas de interacción en los dos sentidos de la columna con los puntos de las Tabla 11-27 y Tabla 11-29 graficados. En estas graficas se observa que el análisis de las fuerzas realizadas a la columna cumple ya que dentro del diagrama se encuentran todos los puntos de las solicitaciones.

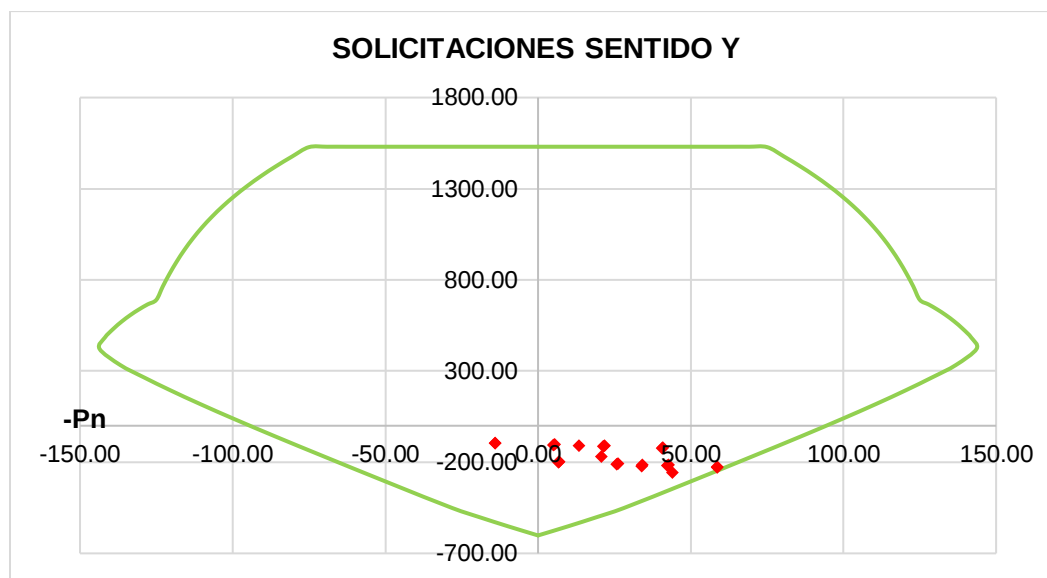


Figura 11-6 Solicitaciones sentido Y.

Fuente: Autores (2020).

Tabla 11-28 Datos de entrada diagrama de interacción sentido X.

Mn (KN*m)	Pn (KN)	ϕMn (KN*m)	ϕPn (KN)
0,00	-668,64	0,00	-601,78
9,33	-614,15	8,39	-552,74
18,24	-559,66	16,42	-503,69
26,74	-505,17	24,06	-454,65
36,02	-440,18	32,42	-396,16
57,45	-266,01	51,71	-239,40
73,88	-131,72	66,49	-118,55
87,26	-20,24	78,54	-18,22
98,60	77,00	88,74	69,30
108,42	164,73	97,58	148,26
117,06	245,82	105,36	221,24

Mn (KN*m)	Pn (KN)	ϕMn (KN*m)	ϕPn (KN)
124,74	322,07	112,26	289,86
131,58	412,77	118,42	371,50
137,68	512,45	117,43	437,07
143,11	605,66	115,49	488,78
147,93	693,72	113,50	532,25
152,17	777,57	111,45	569,52
155,85	857,97	109,37	602,06
159,01	935,50	107,24	630,92
161,66	1010,60	105,08	656,89
160,09	1129,18	104,06	733,97
158,32	1241,73	102,91	807,13
156,19	1348,34	101,52	876,42
153,26	1446,22	99,62	940,04
150,04	1540,82	97,53	1001,54
146,51	1632,59	95,23	1061,19
142,63	1721,89	92,71	1119,23
138,38	1809,01	89,95	1175,86
133,74	1894,22	86,93	1231,24
128,69	1977,72	83,65	1285,52
123,21	2059,71	80,08	1338,81
117,29	2140,35	76,24	1391,23
110,92	2219,77	72,10	1442,85
104,09	2298,09	67,66	1493,76
96,79	2375,41	62,92	1530,37
89,02	2451,84	57,86	1530,37
80,77	2527,44	52,50	1530,37
72,02	2602,30	46,81	1530,37
62,78	2676,46	40,81	1530,37
0,00	3139,22	0,00	1530,37

Fuente: Autores (2020).

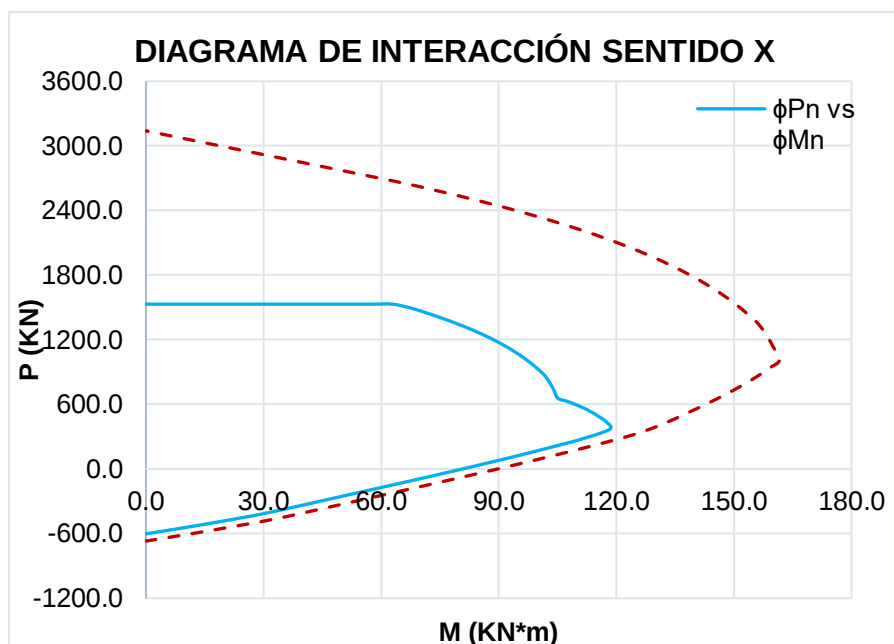


Figura 11-7 Diagrama de interacción sentido X.
Fuente: Autores (2020).

Tabla 11-29 Solicitaciones para las condiciones críticas en sentido X.

Combo/Combinación	Pu (KN)	Mu (KN*m)
C.DIS (1) 1.4D	-167,88	0,69
C DIS (2) 1.2D+1.6L+0.5Lr	-256,74	1,74
C DIS (3) 1.2D+L+1,6Lr	-220,63	1,29
C DIS (4) 1.2D+L+0,5Lr	-215,33	1,31
C DIS (5) 1.2D+L+1.0Ex+0.3Ey	-198,54	11,16
C DIS (6) 1.2D+L+1.0Ex-0.3Ey	-199,47	-4,09
C DIS (7) 1.2D+L+0.3Ey-1.0Ex	-226,36	6,72
C DIS (8) 1.2D+L-0.3Ey-1Ex	-227,29	-8,53
C DIS (9) 1.2D+L+1Ey+0.3Ex	-207,20	27,39
C DIS (10) 1.2D+L-1Ey+0.3Ex	-210,29	-23,44
C DIS (11) 1.2D+L+1Ey-0.3Ex	-215,54	26,06
C DIS (12) 1.2D+L-Ey-0.3Ex	-218,64	-24,77
C DIS (13) 0.9D	-107,92	0,44
C DIS (14) 0.9D+Ex+0.3Ey	-93,55	10,29
C DIS (15) 0.9D+Ex-0.3Ey	-94,48	-4,96
C DIS (16) 0.9D-Ex+0.3Ey	-121,37	5,85
C DIS (17) 0.9D-Ey-Ex	-123,38	-27,19
C DIS (18) 0.9D+Ey+0.3Ex	-102,20	26,52
C DIS (19) 0.9D-1.0Ey+0.3Ex	-105,30	-24,31
C DIS (20) 0.9D+EY-0.3Ex	-110,55	25,19
C DIS (21) 0.9D-0.3Ex-1.0Ey	-113,64	-25,64

Fuente: Autores (2020).

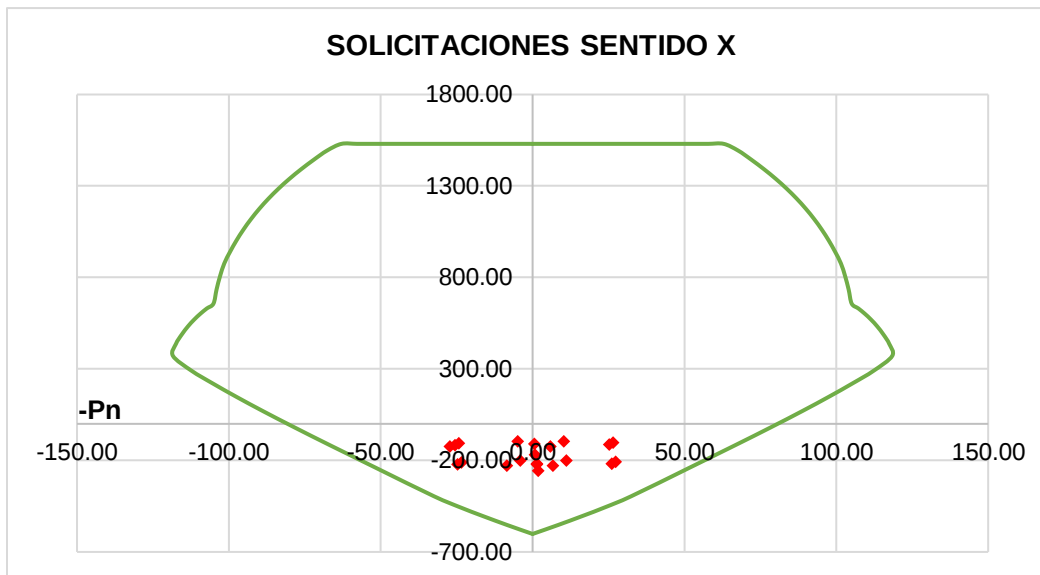


Figura 11-8 Solicitaciones sentido X.
Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-30, se presenta el cálculo de las diferentes condiciones empleadas para definir la separación máxima en la zona confinada (S_o) según la sección C.21.6.4.3 de la NSR-10, se adoptó el valor de 9 cm pero al realizar la verificación del área total del refuerzo transversal con este valor mediante la sección C.21.6.4.4 de la NSR-10 se obtiene que para cumplir se debe contar con 5 ramales para que la separación sea satisfactoria, por lo tanto, el valor de la separación se disminuyó a 6 cm y la condición se cumple con 3 ramales.

En la zona no confinada según la sección C.21.6.4.5 de la NSR-10, se adoptó el valor de 10 cm.

Tabla 11-30 Separación del acero transversal.

ZONA CONFINADA (S_o)		ZONA NO CONFINADA	
Separación máxima	Valor	Separación máxima	Valor
$S_{om\acute{a}x} \leq b/4, h/4$	9 cm	$S_{m\acute{a}x} \leq 6 \cdot \phi_{\text{refuerzo longitudinal}}$	10 cm
$S_{om\acute{a}x} \leq 6 \cdot \phi_{\text{refuerzo longitudinal}}$	10 cm	$S_{m\acute{a}x} \leq 15 \text{ cm}$	15 cm
$S_{om\acute{a}x} \leq 100 + ((350 - h_x)/3)$, (NSR-10, C.21.5)	17 cm		
$S_{om\acute{a}x} \leq 15 \text{ cm}$	15 cm		

Fuente: Autores (2020).

La longitud de la zona confinada se adoptó de 40 cm según las condiciones presenten en la sección C.21.6.4.5 de la NSR-10.

También se realizó la verificación de la esbeltez según la sección C.10.10.1 la cual cumplió y por lo tanto se ignoraron los efectos de la esbeltez en el diseño.

11.11. DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

El tipo de cimentación de esta edificación es superficial y se encuentra conformada por vigas de amarre y zapatas concéntricas.

11.11.1 Viga de amarre

En la Tabla 11-31, se presentan los datos de entrada para el diseño de la viga tipo de amarre.

Tabla 11-31 Datos de entrada diseño viga amarre.

Datos	Valor
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y	420 MPa
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c	21 MPa
Coeficiente de aceleración de diseño, A_a (NSR-10, Tabla A.2.3-2)	0,35
Capacidad de disipación de energía	Especial
Longitud viga, L	5,30 m
Recubrimiento (NSR-10, C.7.7.1)	7,50 cm

Fuente: Autores (2020).

Las vigas de amarre se dimensionaron según los requerimientos establecidos en la título C.1513.3.1 de la NSR-10. Donde, la dimensión mínima de la sección va en función de la luz crítica presente en la estructura y la zona de amenaza sísmica, en este caso se evalúa con $L/20$, la dimensión mínima de la viga es de 0.27 m. Las dimensiones adoptadas fueron 0.30x0.35 m.

En la Tabla 11-32, se presentan las características del acero de refuerzo longitudinal adoptado para la viga de amarre que es de 4#5 + 4#4, esta combinación de acero al ser mayor al área del acero mínimo requerido cumple.

Tabla 11-32 Acero de refuerzo longitudinal.

Datos	Valor	Datos	Valor
#Barra	5	#Barra	4
Diámetro barra	1,59 cm	Diámetro barra	1,27 cm
Área barra	1,98 cm ²	Área barra	1,27 cm ²
Cantidad de barras	4	Cantidad de barras	4
Área de la sección de concreto, A_g	1050 cm ²	Áreas de acero	
		As.mín	10,50 cm ²
		As.propuesto	11,01 cm ²

Fuente: Autores (2020).

Según la sección A.3.6.4.2 de la NSR-10, se debe realizar una verificación respecto a las fuerzas a tracción y a compresión que la viga de amarre debe resistir ante una fuerza axial equivalente al 8.75% de la carga axial actuante en la columna con mayor carga en la estructura.

En la Tabla 11-33, se presenta la estimación de la fuerza a compresión que puede soportar la viga ante la mayor fuerza axial transmitida por la columna al elemento, donde se observa que cumple ya que la fuerza que soporta es mayor a la que recibe. El valor de la fuerza axial a compresión de la viga se calcula mediante la ecuación C.10-2 de la NSR-10.

Tabla 11-33 Estimación de la fuerza a compresión.

Datos	Valor
Factor de reducción de resistencia, ϕ (NSR-10, C.9.3.2.2)	0,65
Fuerza axial a compresión actuante en la viga, P_u	1168,25 kN
Fuerza axial actuante en la columna que puede soportar la viga, 8,75% P_u	13351,47 kN

Fuente: Autores (2020).

En la **Error! Not a valid bookmark self-reference.**, se presenta la estimación de la fuerza a tracción que puede soportar la viga ante la mayor fuerza axial transmitida por la columna al elemento, donde se observa que cumple ya que la fuerza que soporta es mayor a la que recibe.

Tabla 11-34 Estimación de la fuerza a tracción.

Datos	Valor
Factor de reducción de resistencia, ϕ (NSR-10, C.9.3.2.1)	0,9
Fuerza axial a tracción actuante en la viga, P_u	490,81 kN
Fuerza axial actuante en la columna que puede soportar la viga, 8,75% P_u	5609,25 kN

Fuente: Autores (2020).

11.11.2 Zapata tipo

En la Tabla 11-35, se presentan los datos de entrada definidos para el diseño de la zapata concéntrica tipo.

Tabla 11-35 Datos de entrada diseño zapata concéntrica.

Tabla 11-66 Datos de entrada diseño Zapata concentrada.		
Datos		Valor
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, fy		420 MPa
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'c		21 MPa
Capacidad de carga admisible del suelo, σadm		120,62 kN/m3
Peso específico del concreto, γc		24 kN/m3
Peso unitario del suelo, γs		18 kN/m3
Carga muerta, D		119,915 kN
Carga Viva, L		73,841 kN
Momentos en X	D (Dead)	0,493 kN*m
	L (Live)	14,861 kN*m
Momentos en Y	D (Dead)	0,709 kN*m
	L (Live)	16,236 kN*m
Profundidad de cimentación, Df		1,20 m
Factor de modificación, ϕe (NSR-10, C.12.5.2)		1
Factor de modificación, λ (NSR-10, C.12.5.2)		1
Recubrimiento (NSR-10, C.7.7.1)		7,50 cm

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 11-36, se presenta el valor para las cargas de servicio obtenidas de la suma de la cargas vivas y muertas, y las cargas mayoradas obtenidas de la combinación de 1.4D. La zapata se diseñara con estos valores de cargas y con la información general de la columna que tiene inicio en la zapata.

Tabla 11-36 Cargas y dimensiones columna.				
CARGAS ZAPATA			DIMENSIONES COLUMNA	
Datos		Valor	Datos	Valor
Cargas de servicio	Ps	193,756 kN	Base, b	0,35 m
	Ms(x)	15,354 kN*m	Altura, h	0,40 m
	Ms(y)	16,945 kN*m	Área columna	0,14 m2
Cargas mayoradas	Pu	262,044 kN	# Barra	5
	Mu(x)	0,690 kN*m	Área barra	1,98 cm2
	Mu(y)	0,992 kN*m	Ø Barra	1,59 cm2

Fuente: Autores (2020).

Se realizó la verificación de la resistencia al aplastamiento según la sección C.10.14.1 de la NSR-10, esto para determinar que la cimentación no presente falla por la presión de contacto generada por la carga transmitida. La carga mayorada de 262,044 kN es menor a 1624,35 kN valor obtenido mediante la expresión $\phi 0.85 \cdot f'c \cdot A1$, por lo tanto, se cumple la resistencia por presión de contacto y no es necesario el uso de pedestal.

Tabla 11-37 Dimensionamiento de la zapata.	
Datos	Valor
Longitud de desarrollo, L_d , (NSR-10, C.12.5.2)	35 cm
Altura zapata, H (l_d +recubrimiento)	50 cm
Altura efectiva, d	42 cm
Esfuerzo disponible, q_e	96,02 kN/m ²
Área de la zapata (NSR-10, C.22.7.2)	2,02 m ²
Largo, L	1,4 m
Ancho, B	1,4 m

Fuente: Autores (2020).

Con la información respecto a la zapata definida en la Tabla 11-37, se procedió primero a realizar la verificación por cortante bidireccional o por punzonamiento, esto para determinar que no se presentara una falla piramidal ocasionada por la carga vertical transmitida por la columna.

Toda la área bajo la zapata se encuentra bajo compresión, es por esto que se determinaron los valores de los esfuerzos presentes en las esquinas y se presenta en la Tabla 11-38 como la presión de cortante mayorada.

Luego, se analizó la zapata por flexión bidireccional y se determinaron los esfuerzos presentes en las esquinas del área crítica analizada, con los cuales se halló que

129,86 kN/m² es el valor promedio de los esfuerzos y se empleó para calcular la fuerza cortante mayorada, V_u , que tuvo un valor de 180,05 kN. Ver Tabla 11-38.

Finalmente, se realizó el cálculo de las tres verificaciones solicitadas en la sección C.11.11.2.1 de la NSR-10 y de las cuales se escogió la tercera verificación calculada con la ecuación C.11-33 ya que presento el menor valor de la fuerza cortante resistente y fue de 1514,82 kN.

La verificación por punzonamiento cumple, ya que la fuerza cortante resistente (V_c) es ser mayor a la fuerza cortante actuante (V_u), $1514,82 \text{ kN} \geq 180,05 \text{ kN}$

Tabla 11-38 Verificación por cortante bidireccional o punzonamiento.

PRESIÓN DE CORTANTE MAYORADA		
q_u	Punto 1	133,38 kN/m2
	Punto 2	129,23 kN/m2
	Punto 3	126,34 kN/m2
	Punto 4	130,49 kN/m2
	Valor Mayor	133,38 kN/m2

ESFUERZOS EN EL ÁREA CRÍTICA		
Datos		Valor
q_u	Punto 5	131,82 kN/m2
	Punto 6	127,90 kN/m2
	Punto 7	129,57 kN/m2
	Punto 8	130,15 kN/m2
	$q_{u.promedio}$	129,86 kN/m2

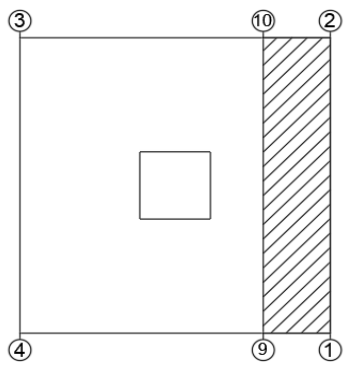
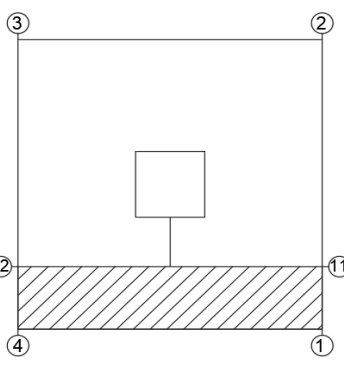
Fuente: Autores (2020).

Posteriormente, se procedió a realizar la segunda verificación por cortante unidireccional para los dos sentidos de la zapata L y B según lo expuesto en la sección C.11.11.1.1. de la NSR-10, el análisis del comportamiento de la zapata se realiza como el de una viga en la cual la sección crítica se localiza a una distancia de d respecto a la cara de la columna y el plano de acción es a través del ancho de la zapata.

Se calculan los esfuerzos en los dos sentidos de la zapata para obtener los valores de los esfuerzos promedios que en el sentido L fue de 131,31 kN/m² y en el sentido B fue de 131,94 kN/m², ver Tabla 11-39. Con los esfuerzos promedios se calculó el valor del cortante actuante, V_u para sentido L fue de 21,50 kN y en el sentido B fue de 16,92 kN.

Con base a la sección C.11.2.1.1 de la NSR-10, se calcularon los valores de la fuerza cortante resistente con la ecuación C.11-33 en el sentido L fue de 348,59 kN y en el sentido B fue de 348,59 kN. Se procedió a verificar el cumplimiento de la condición $\phi V_c \geq V_u$ en ambos sentidos para el sentido L $348,59 \text{ kN} \geq 21,50 \text{ kN}$ y para el sentido B $348,59 \text{ kN} \geq 16,92 \text{ kN}$, por lo tanto, cumple satisfactoriamente en los ambos sentidos.

Tabla 11-39 Verificación por cortante unidireccional en el sentido L y B.

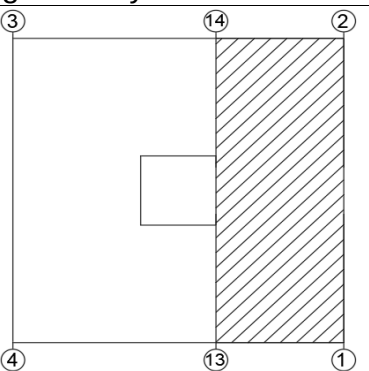
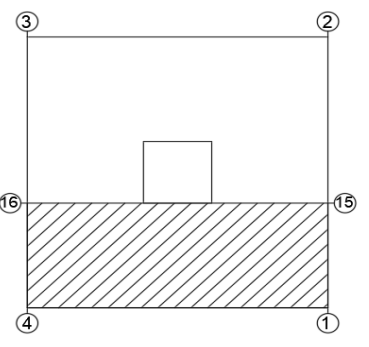
ESFUERZOS DE LA SECCIÓN CRÍTICA EN EL SENTIDO L		
Datos	Valor	
Punto 1	133,38 kN/m ²	q_u
Punto 2	129,23 kN/m ²	
Punto 9	133,05 kN/m ²	
Punto 10	129,57 kN/m ²	
$q_{u, \text{promedio}}$	131,31 kN/m ²	
ESFUERZOS DE LA SECCIÓN CRÍTICA EN EL SENTIDO B		
Datos	Valor	
Punto 1	133,38 kN/m ²	q_u
Punto 4	130,49 kN/m ²	
Punto 11	133,20 kN/m ²	
Punto 12	130,68 kN/m ²	
$q_{u, \text{promedio}}$	131,94 kN/m ²	

Fuente: Autores (2020).

Por último, se realizó el diseño a flexión según la sección C.15.4 de la NSR-10, donde, se determinaron los momentos máximos en el sentido longitudinal y transversal de la zapata y la sección crítica que se localiza en la cara de la columna en el sentido de la flexión.

En la Tabla 11-40, se presentan los valores de los esfuerzos en las esquinas de las secciones críticas en sentido longitudinal y transversal para luego obtener el valor promedio de estos esfuerzos que se emplearan en el cálculo del valor de los momentos últimos de diseño.

Tabla 11-40 Esfuerzos en el sentido longitudinal y transversal.

ESFUERZOS EN EL SENTIDO LONGITUDINAL		
Datos	Valor	
Punto 1	133,38 kN/m ²	
Punto 2	129,23 kN/m ²	
q_u Punto 13	131,82 kN/m ²	
Punto 14	130,79 kN/m ²	
$q_{u, promedio}$	131,31 kN/m ²	
ESFUERZOS EN EL SENTIDO TRANSVERSAL		
Datos	Valor	
Punto 1	133,38 kN/m ²	
Punto 4	130,49 kN/m ²	
q_u Punto 15	132,34 kN/m ²	
Punto 16	131,53 kN/m ²	
$q_{u, promedio}$	131,94 kN/m ²	

Fuente: Autores (2020).

Los momentos se calcularon por el método de los trapecios laterales de la sección crítica, donde se obtuvieron los valores de 26,72 kN*m para el momento longitudinal y 24,40 kN*m para el momento transversal.

El acero de refuerzo a flexión para las zapatas se diseñó por el método de esfuerzos permisibles y cumpliendo con el valor de cuantía mínima que es de 0.0018 expuesto en la sección C.7.12.2.1 de la NSR-10. El área de acero de requerido fue de 10.74 cm² y se cumple con 5#5 en ambos sentidos de la zapata con una separación de 25 cm de cara a cara de la barra.

11.12. DISEÑO ELEMENTOS METÁLICOS CUBIERTA

Mediante el software libre ARQUIMET 2.0 desarrollado por ACESCO, se realizó el diseño de las correas metálicas, las cuales deberán soportar las cargas vivas y muertas correspondientes a la cubierta liviana que compone la edificación.

Donde las cargas vivas asignadas fueron de 0.35 kN/m² valor obtenido de la tabla B.4.2.1-2 de la NSR-10 para cubiertas que cuentan con una pendiente mayor al 15%. Las cargas muertas fueron 0.10 kN/m² en este valor se tuvo en cuenta únicamente el peso de las teja termo acústica e instalaciones, ya que el peso de la correa metálica el programa lo asigna. Además, por las características de la edificación para este cálculo no se tuvieron en cuenta los valores de carga por empozamiento de granizo y viento a compresión y succión.

Por último, como preferencias de tipos de correas ante estas cargas y apoyos se seleccionó un perfil tipo C, el cual está apoyado sobre dos vigas cinta de 0.20 m de ancho con una luz libre entre apoyos de 5.60 m y una separación entre correas de eje a eje de 1.30 m.

Con la anterior información definida el programa presento como solución un reporte de un PHR C con atiesador 220 x 80 x 20 (3.00 mm). Ver ANEXO C.

12. DISEÑO HIDROSANITARIO

A continuación, se presenta el desarrollo de los diseños hidráulico, sanitario y de aguas lluvias que conforman este capítulo.

12.1. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A EMPLEAR

Para la construcción de las instalaciones hidráulica, sanitaria y de agua lluvia se emplearan tuberías y accesorios tipo PVC, también se incluye el limpiador y la soldadura.

El PVC (Cloruro de Polivinilo) es un material resistente a la corrosión interna causada por ácidos, álcalis, sales, compuestos orgánicos como alcoholes e hidrocarburos alifáticos y la corrosión externa causada por gases industriales, humedades, condiciones climáticas y del subsuelo. Con un desgaste mínimo que genera una vida útil eficiente y larga de hasta 50 años aproximadamente. Además proporciona paredes lisas de alta resistencia, rígidas y es un material liviano, entre otras ventajas [15].

12.1.1 Instalación Hidráulica

Se empleara tubería PVC presión RED 13.5 para la tubería de 1/2" con una presión de trabajo de hasta 315 PSI y RED 21 para la tubería de 3/4" y 1" con una presión de trabajo de hasta 200 PSI. Se empleó el manual técnico de tubo sistemas en presión PVC de PAVCO para el material de las instalación hidráulica.

Para las válvulas de cierres y la válvula de pie con coladera se especifica el cobre como material indicado.

12.1.2 Instalación Sanitaria Y Agua Lluvia

Se empleara tubería PVC de 2", 4" con una presión de trabajo de hasta 50 PSI en la instalación sanitaria y PVC de 2" y 4" con una presión de trabajo de hasta 50 PSI en la instalación de agua lluvia. Se empleó el manual técnico de tubo sistemas en PVC SANITARIO de PAVCO para el material de las instalación sanitarias y agua lluvia.

Las cajas de inspección se construirán en ladrillo tolete común, piso y muros se pañetaran con mortero que contara con un aditivo impermeabilizante.

Las canales se construirán en concreto de 21 MPa y se deberá aplicar un impermeabilizante.

12.2. DISEÑO INSTALACIÓN HIDRÁULICA

12.2.1 Diseño Del Sistema De Abastecimiento De Agua Potable

El sistema de distribución de suministro de agua de una edificación según la NTC 1500 se debe diseñar de tal manera que abastezca los aparatos y equipos con la mínima cantidad de agua para que el funcionamiento satisfaga los requisitos de salubridad y velocidades adecuadas.

Para este proyecto se propone un sistema de abastecimiento de agua potable INDIRECTO con almacenamiento en tanque elevado. Por la localización de la edificación esta no cuenta con la cobertura de la red pública de acueducto del municipio para suministrar el servicio de agua potable, por lo tanto, el suministro se realizara mediante una FUENTE PRIVADA de agua potable, el cual será un pozo excavado.

12.2.2 Cálculo Tanque De Almacenamiento De Agua Potable

El volumen del tanque elevado de almacenamiento de agua potable para el salón comunal se determinó mediante el cálculo del caudal medio diario para esta edificación. El valor de la dotación de 25 Litros/asistente/día se adoptó de la RAS 2000, Título: B, Tabla 2.7 Consumos para fines públicos para el tipo de instalaciones de recreación social. También se tuvo en cuenta la población estimada para el uso del proyecto y el tiempo de reserva de agua que fue de un día.

Tabla 12-1 Parámetros cálculo tanque de almacenamiento de agua.

PÁRAMETRO		NORMA REFERENCIA
Área útil del salón	70,00 m ²	
Uso	Lugar de reunión / administrativo	
Clasificación NSR-10	L-3	NSR-10, TÍTULO: K, TABLA 2.2.1-1
Población	40 Asistentes	Lugar de reunión (1er Piso)
Dotación	25 L/Asistentes/día	RAS 2000, TÍTULO: B, TABLA 2.7

Fuente: Autores (2020).

Tabla 12-2 Cálculo caudal medio diario tanque de almacenamiento de agua.

CAUDAL MEDIO DIARIO (Qmd)	
$Qmd = Dotación\ neta * Población\ Total$	
Qmd (en 24 horas)	1000 L/día 1,00 m ³ /día

Fuente: Autores (2020).

En la Tabla 12-2, se obtuvo que el caudal medio diario es de 1000 litros por día, por lo tanto, el volumen que el tanque elevado plástico deberá almacenar será de 1000 litros.

12.2.3 Cantidad De Aparatos Hidrosanitarios

La cantidad de aparatos hidrosanitarios mínimos requeridos se estableció mediante la Tabla 12-3, donde se tuvo en cuenta el número máximo de ocupantes que podría albergar la edificación. Al no contar con datos estadísticos de la distribución de ocupantes de cada sexo se empleó el criterio según la NTC 1500 en el numeral 5.3.1.1. donde de los ocupantes el 50% son mujeres y el otro 50% son hombres.

Tabla 12-3 Número mínimo de aparatos hidrosanitarios requeridos.

No.	Clasificación	Ocupación	Inodoros		Lavamanos		Duchas
			Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	
1	Lugares de reunión	Auditorios sin asientos permanentes, galerías de arte, bibliotecas, salones de conferencias y exposición.	1 cada 125	1 cada 65	1 cada 200		-

Fuente: Tomado y adaptado de la NTC 1500, Tabla 5.3.1 (2020).

Se estableció que la cantidad mínima requerida de aparatos sanitarios es un baño para cada sexo el cual consta de un (1) inodoro y un (1) lavamanos según la norma. Aunque por solicitud de la Junta de Acción Comunal se decidió que los baños contarían también con una (1) ducha.

Por lo tanto, el salón comunal contara con cuatro baños uno para cada sexo en cada piso. El baño tipo consta de un (1) inodoro, un (1) lavamanos y una (1) ducha.

12.2.4 Estimación De Caudales Circulantes

Se empleó el método de Hunter Modificado para la estimación de los caudales circulantes en los tramos que conforman la red hidráulica, ya que es el método recomendado en la NTC 1500.

La obtención de los caudales de consumo mediante el método de Hunter, se diferencia del método Hunter Modificado en la lectura del caudal máximo probable, ya que en el segundo se presenta una reducción del caudal promedio de los aparatos respecto al método original. Esta modificación se realiza ya que el valor del caudal máximo probable es muy alto y por lo tanto, es costoso. En la Tabla 12-4, se presentan las unidades de consumo de los aparatos sanitarios con los que cuenta el proyecto.

Tabla 12-4 Unidades de consumo aparatos sanitarios.

Aparato sanitario	Ocupación	Tipo de control del Suministro	Unidades de Consumo
Inodoro	Privado	Tanque de limpieza	3
Lavamanos	Privado	Llave	1
Ducha	Privado	Válvula Mezcladora	2

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC 1500, Tabla 8 (2020).

En cada tramo se tuvo en cuenta la cantidad de aparatos sanitarios y las unidades de consumo respectivas para el cálculo del total de unidades de consumo presentes, con esta información se determinó emplear la Ecuación 6-11 para aparatos comunes en el rango de 3 hasta 240 unidades de consumo. Lo anterior, se presenta en la Tabla 12-5.

Tabla 12-5 Cálculo unidades y caudal de consumo.

TRAMO	CANTIDADES DE APARATOS			UNIDADES DE CONSUMO			TOTAL DE UC			TOTAL UC	CAUDAL DE CONSUMO	
	WC	LV	DCH	WC	LV	DCH	WC	LV	DCH		[lps]	[m3/s]
LV4 - 6	1	1	1	3	1	1,5	3	1	1,5	5,5	0,3755	0,0003755
6 - 5	2	2	2	3	1	1,5	6	2	3	11	0,6047	0,0006047
5 - 4	4	4	4	3	1	1,5	12	4	6	16,5	0,7991	0,0007991
7 - 5	2	2	2	3	1	1,5	6	2	3	16,5	0,7991	0,0007991

Fuente: Autores (2020).

El caudal máximo probable en la red hidráulica es 0,008 m3/s.

12.2.5 Predimensionamiento De La Red Hidráulica

El diámetro teórico de la tubería se calculó mediante la Ecuación 6-9 que es la ecuación de la continuidad, donde, se reemplazó con los valores de los caudales máximos probables de cada tramo y el parámetro de la velocidad asignado fue de 2.00 m/s según NTC 1500.

Se empleó el manual técnico de tubo sistemas en presión PVC de PAVCO para determinar el diámetro comercial nominal e interno de cada tramo. Finalmente, se realizó el chequeo de la velocidad (Ecuación 6-9), que cumplió al encontrarse en el rango mayor a 0,60 m/s y menor a 2.00 m/s para diámetros menores a 3" según la NTC 1500. En la Tabla 12-6, se presenta la relación de los diámetros obtenidos.

Tabla 12-6 Dimensionamiento diámetro y velocidad.

TRAMO	DIAMETRO				VELOCIDAD	
	TEORICO	NOMINAL		INTERNO	REAL	
	[m]	[pulg]	[pulg]	[m]	[m/s]	
LV4 - 6	0,01546	0,61	1/2	0,01818	1,44644	
6 - 5	0,01962	0,77	3/4	0,02363	1,37886	
5 - 4	0,02255	0,89	1	0,03020	1,11557	
7 - 5	0,02255	0,89	1	0,02363	1,82214	

Fuente: Autores (2020).

12.2.6 Pérdidas Del Sistema Y Presión Final

En la Tabla 12-7, se presenta el cálculo y verificación de la presión en el sistema. Se analizó teniendo en cuenta el valor de la presión mínima con la que el agua potable debe llegar hasta el aparato crítico, en este sistema el aparato critico es el lavamanos del baño izquierdo del segundo piso, ver ANEXO D.

Tabla 12-7 Presiones para el suministro agua potable al aparato.

Aparato sanitario	Presión (m.c.a)	
	Recomendada	Mínima
Inodoro	5.60	2.80
Lavamanos	5.60	2.00
Ducha	14.00	2.00

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC 1500, Tabla 7.4.3 (2020).

En la Tabla 12-8, se presenta el cálculo de las pérdidas de carga total y la presión final en el sistema.

Tabla 12-8 Pérdidas del sistema y presión final.

TRAMO	hv	C	j	CANTIDAD DE ACCESORIOS				LONGITUD				J	PRESIÓN FINAL
				(1)	(2)	(3)	(4)	HORIZ.	VERT.	ACC.	TOTAL		
								[m]	[m]	[m]	[m]		
													2,00
LV4 - 6	0,1046	0,0001	0,1142	13	2	1		4,26	0,55	5,26	10,07	1,15	3,81
6 - 5	0,0951	0,0001	0,0757		1	2		0,40	0	1,26	1,66	0,13	4,03
5 - 4	0,0622	0,0001	0,0384	6	3	3	1	1,79	4,64	7,84	14,26	0,55	0,00
7 - 5	0,1660	0,0001	0,1233	1	1			0	3	1,41	4,41	0,54	6,32

- (1) Codo 90°
 (2) Tee paso de lado y salida bilateral
 (3) Valvula de compuerta abierta Cu
 (4) Salida de tubería

Fuente: Autores (2020).

Mediante el anterior cálculo, se determinó que la altura mínima a la cual debe estar ubicado el tanque elevado de almacenamiento de agua es de 4.64 m, esto para que el sistema de distribución funcione por gravedad. La presión en el tramo 5 – 4 es de 0 m.c.a, en el momento que el espejo de agua del tanque elevado se encuentre al mismo nivel de salida de agua del tanque.

La altura final a la cual se decidió dejar el tanque para el funcionamiento es de 6 m, apoyado en una placa maciza.

Todas las longitudes verticales, horizontales y números de accesorios empleadas en los diferentes cálculos se obtuvieron del trazado de la red en planta e isométrico, ver ANEXO D.

12.2.7 Diseño De La Bomba

17.2.7.1. Cálculo De La Altura De Impulsión Y Succión

La altura estática de impulsión es la medida entre el eje de la bomba y el nivel superior del agua en el tanque elevado. El valor de la altura de impulsión es de 12.95 m, en un tiempo de llenado de 3 horas, ver Tabla 12-9.

La altura estática de succión es la altura existente entre el eje de la bomba y el espejo de agua, este caso es positiva. El valor de la altura de succión es de 4.84 m, ver Tabla 12-10.

17.2.7.2. Cálculo De La Altura De Succión Positiva (N.P.S.H)

La altura de succión positiva (NPSH) es de 4.84 m (ver Tabla 12-11), este valor es la presión absoluta que se expresa en la altura del agua potable en este caso, esto en el diámetro de entrada de la bomba menos la presión de vapor del agua a la temperatura del bombeo y también se realizó una verificación de este hallando el coeficiente K que está en valor de la altura y la temperatura, donde se encuentra el sistema, (ver Ecuación 6-17).

Tabla 12-9 Cálculo de la altura de impulsión.

DATOS DE INGRESO			
Altura lámina de agua tanque elevado	1,03 m	Volumen del tanque elevado	1000 L
Altura Vertical calculada	4,64 m	Tiempo de llenado	3,00 h
Altura Vertical adoptada	6,00 m		10800 s
Altura edificación	6,00 m		
Total altura estática	7,03 m		

TRAMO	CAUDAL DE CONSUMO		DIAMETRO				VEL. REAL	hv	C	j
			TEORICO	NOMINAL		INTERNO				
	[lps]	[m3/s]	[m]	[pulg]	[pulg]	[m]	[m/s]	[m.c.a]	Fricción	[m/m]
6 - 7	0,0926	0,0000926	0,00768	0,30	1	0,03020	0,12926	0,0008	0,0001	0,0009

TRAMO	CANTIDAD DE ACCESORIOS			LONGITUD				J	PERDIDA TOTAL	ALTURA IMPULSIÓN
	(1)	(2)	(3)	HORIZ.	VERT.	ACC.	TOTAL			
				[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
6 - 7	7	1	1	2,31	12,93	3,78	19,02	0,02	0,02	12,95

(1) Codo 90°

(2) Válvula de compuerta abierta Cu

(3) Reducción

Fuente: Autores (2020).

Tabla 12-10 Cálculo de la succión más impulsión.

TRAMO	CAUDAL DE CONSUMO		DIAMETRO		VEL. REAL	hv	C	J
	[lps]	[m3/s]	NOMINAL	INTERNO				
			[pulg]	[m]			Fricción	[m/m]
6 - 8	0,5372	0,0005372	1	0,03020	0,75	0,0281	0,0001	0,0192

TRAMO	CANTIDAD DE ACCESORIOS			LONGITUD				J	PERDIDA TOTAL
	(1)	(2)	(3)	HORIZ.	VERT.	ACC.	TOTAL		
				[m]	[m]	[m]	[m]		
6 - 8	1	1	1	0,20	4,60	6,14	10,94	0,21	0,24

(1) Codo 90°

(2) Válvula de pie con coladera

(3) Salida de tubería

Fuente: Autores (2020).

Tabla 12-11 Cálculo de la NPSH (Altura de succión positiva).

Presión barométrica del sitio	10,00 m	VERIFICACIÓN	
Tensión de vapor del agua T° ambiente	0,32 m	Valor K (Tabla. 4,3)	9,68 m
Altura dinámica de succión	4,84 m	Altura dinámica de succión	4,84 m
NPSH (Altura de succión positiva)	4,84 m.c.a	NPSH (Altura de succión positiva)	4,84 m.c.a

Fuente: Autores (2020).

17.2.7.3. Cálculo De La Altura Máxima De Succión (A.M.S)

La altura máxima de succión (A.M.S) es de 3.696 m (ver Tabla 12-12). Los valores de las pérdidas fueron obtenidos mediante correlaciones de las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 del libro Instalaciones Hidrosanitarias de Pérez Carmona [16]. La altura sobre el nivel del mar es de 264 m.s.n.m y la temperatura promedio es de 27°C, estos parámetros se obtuvieron de la información de la localización de la edificación, (ver Ecuación 6-17).

Tabla 12-12 Cálculo de la altura máxima de succión.

Pérdida por altura sobre el nivel del mar	0,334	[m]
Pérdida por temperatura	0,364	[m]
Pérdidas por depresiones barométricas (steel)	0,360	[m]
Pérdida por vacío imperfecto (1,8 - 2,4 m)	2,400	[m]
Pérdidas por fricción y accesorios (J)	0,210	[m]
Pérdidas por cabeza de velocidad (hv)	0,028	[m]
Total	6,634	[m]
Altura Máxima de Succión (A.M.S)	3,696	[m]

Fuente: Autores (2020).

17.2.7.4. Cálculo potencia de la bomba

La potencia de la bomba se calculó con una eficiencia del 65%, ver Tabla 12-13.

Tabla 12-13 Cálculo potencia de la bomba.

DATOS DE INGRESO			
Impulsión	12,95 m	$P_{HP} = \frac{\gamma * H_t * Q}{76\eta}$	
Succión	4,84 m		
Peso específico del agua	1 kg/L		
Altura dinámica total (Ht)	17,79 m	PHP	0,19 HP
Constante de conversión	76	PHP + 20%	0,23 HP
Caudal	0,54 lps	PHP COMERCIAL	0,25 HP
Eficiencia bomba motor	65 %		

Fuente: Autores (2020).

Se deberá instalar una bomba eléctrica de 0,25 HP (1/4 HP), tipo centrifuga de 3450 RPM, motor monofásico de 115V, altura de impulsión máxima de 15 m, Altura Máxima de Succión (A.M.S) de 3,696 m y Altura de Succión Positiva (N.P.S.H) de 4.84 m.

12.3. DISEÑO INSTALACIÓN SANITARIA

La instalación sanitaria recibe y conduce todas las aguas residuales provenientes de los aparatos sanitarios instalados en la edificación, que pasan dos por cajas de inspección de 0.80 x 0.80 m una ubicada en medio de la edificación y otra afuera de la edificación antes de conectar al colector existente del alcantarillado sanitario.

12.3.1 Estimación De Caudales Circulantes

Este cálculo se realizó siguiendo la metodología expuesta anteriormente para el uso de la Ecuación 6-11 y en el cálculo se emplearon los valores de unidades de desagüe de los aparatos sanitarios con los que cuenta el proyecto, ver Tabla 12-14.

Tabla 12-14 Unidades de desagüe aparatos sanitarios.

Aparato sanitario	Ocupación	Tipo de Control del Suministro	Unidades de Desagüe	Dimensión Mínima del Sifón (Pulg)
Inodoro	Privado	Tanque de limpieza	3	4
Lavamanos	Privado	Llave	1	2
Ducha	Privado	Válvula Mezcladora	3	2
Sifón	Privado	-	3	2

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC 1500, Tabla 8.9.1 y 8.9.2 (2020).

El caudal máximo probable en los ramales presentes en cada uno de los pisos es 0.00091 m/s (0.91 lps) y el caudal total de descarga de la edificación es 0.00182 m/s (1.82 lps), ver Tabla 12-15.

12.3.2 Predimensionamiento De La Red Sanitaria

El diámetro teórico de la tubería se calculó mediante la Ecuación 6-19, en cada tramo se emplearon los valores de los caudales máximos probables de desagües, un coeficiente de rugosidad de Manning para material PVC de 0.011 y una pendiente mínima de 2% según la NTC 1500.

Los valores de los diámetros obtenidos fueron de 2" para todos los tramos aunque se adoptaron únicamente en los tramos donde ese valor cumplía con el diámetro mínimo para el desagüe (Tabla 12-14) y en los demás se adoptó el diámetro mínimo según la NTC 1500, ver Tabla 12-15.

Para verificar si la pendiente asignada a los colectores es la correcta, se realizó el chequeo de la velocidad del fluido a tubo lleno mediante la Ecuación 6-9, este no cumplió en ninguno de los tramos con las velocidades exigidas por la normativa que deben estar entre 0,60 m/s y 5 m/s con las condiciones a tubo lleno. También, se hallaron las velocidades para la tubería con una capacidad de 2/3 de su profundidad, ver Tabla 12-15.

Por lo tanto, se llevó a cabo un segundo chequeo de la fuerza tractiva mediante la Ecuación 6-20, el cual cumplió (ver Tabla 12-15) al presentar valores mayores a 0.15 kg/m² valor mínimo exigido por la NTC 1500, demostrando que la pendiente empleada es capaz de provocar una tensión para que el líquido sobre el colector genera arrastre del material depositado en el fondo y se evite un taponamiento.

Los valores de los diámetros internos de para los diferentes cálculos se obtuvieron del manual técnico de tubo sistemas en presión PVC Sanitario de PAVCO. Se determinó que el diámetro para la bajante es de 4".

Tabla 12-15 Cálculo instalación sanitaria

TRAMO			APARATOS SANITARIOS				UD	Q DISEÑO		PENDIENTE	n Manning	DIAMETRO				VELOCIDAD		FUERZA TRACTIVA T
												MÍNIMO	NOM.	ELEGIDO	EFACT.	T. LLENO	REAL	
No.	PI	-	PF	SF	DCH	LV	WC	[lps]	[m3/s]	[m/m]		[m]	[pulg]	[pulg]	[m]	[m/s]	[m/s]	[KgF/m2]
1	LV1	-	01			1		0,12	0,00012	0,02	0,011	0,02137	2	2	0,05448	0,05	0,73	0,27
2	01	-	02			1		0,12	0,00012	0,02	0,011	0,02137	2	2	0,05448	0,05	0,73	0,27
3	SF1	-	02	1				0,25	0,00025	0,02	0,011	0,02837	2	2	0,05448	0,11	0,73	0,27
4	02	-	03	1		1		0,30	0,00030	0,02	0,011	0,03056	2	2	0,05448	0,13	0,73	0,27
5	WC1	-	03				1	0,25	0,00025	0,02	0,011	0,02837	2	4	0,10770	0,03	1,15	0,54
6	03	-	04	1		1	1	0,44	0,00044	0,02	0,011	0,03530	2	4	0,10770	0,05	1,15	0,54
7	SF2	-	04		1			0,25	0,00025	0,02	0,011	0,02837	2	2	0,05448	0,11	0,73	0,27
8	LV2	-	05			1		0,12	0,00012	0,02	0,011	0,02137	2	2	0,05448	0,05	0,73	0,27
9	05	-	06			1		0,12	0,00012	0,02	0,011	0,02137	2	2	0,05448	0,05	0,73	0,27
10	SF3	-	06	1				0,25	0,00025	0,02	0,011	0,02837	2	2	0,05448	0,11	0,73	0,27
11	06	-	07	1		1		0,30	0,00030	0,02	0,011	0,03056	2	2	0,05448	0,13	0,73	0,27
12	WC2	-	07				1	0,25	0,00025	0,02	0,011	0,02837	2	4	0,10770	0,03	1,15	0,54
13	SF4	-	07		1			0,25	0,00025	0,02	0,011	0,02837	2	2	0,05448	0,11	0,73	0,27
14	07	-	04	1	1	1	1	0,57	0,00057	0,02	0,011	0,03870	2	4	0,10770	0,06	1,15	0,54
15	04	-	BAN	2	2	2	2	0,91	0,00091	0,02	0,011	0,04627	2	4	0,10770	0,10	1,15	0,54

Fuente: Autores (2020).

12.4. DISEÑO INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN

Las tuberías de ventilación de los desagües de aguas negras son de importancia ya que al mantener la presión atmosférica en el sistema permite controlar la ocurrencia del fenómeno de sifonamiento protegiendo así los sellos hidráulicos, retraso del flujo y airea los drenajes.

Por lo tanto, se instalara tubería PVC VENTILACIÓN con un diámetro mínimo individual de 2" para cada baño. Cada montante de ventilación debe prolongarse al exterior sin disminuir su diámetro y por lo menos extenderse 0.15 m por encima del nivel de cubierta de la edificación.

12.5. DISEÑO DE AGUAS LLUVIAS

12.5.1 Dimensionamiento De Las Bajantes

Se realizó la división de la cubierta en dos partes y el número de bajantes, se aplica la ecuación 6-20 Caudal superficial producido por una precipitación para determinar el caudal y finalmente el diámetro de la tubería de los bajantes que sean aptos para evacuar el caudal producido por la precipitación, ver Tabla 12-16.

Tabla 12-16 Dimensionamiento de bajantes.

No. De Bajante	Área			Q	Diámetro
	Propia	Acumulada	Máxima	LPS	Pulg.
1	58,5	58,5	65	1,625	2
2	28,5	28,5	64	0,792	2

Fuente: Autores (2020).

12.5.2 Dimensionamiento De Colectores

Se identificaron los tramos de la tubería horizontal hasta llegar al alcantarillado. Luego se identificó la capacidad máxima de cada tramo y finalmente se obtuvo el diámetro de la tubería para los colectores, ver Tabla 12-17.

Tabla 12-17 Dimensionamiento de colectores.

Tramo	Área			Caudal	Dimensión		Pendiente
	Propia	Acumulada	Máxima	Q	L	Ø	S
				LPS	m	pulg	%
(1-2)	87	87	170	2,417	12,4	4	1
(2-ALCANT)	87	87	170	0,792	1,95	4	1

Fuente: Autores (2020).

13. CÁLCULO CANTIDADES DE OBRA

En el cálculo de las cantidades de obra del diseño arquitectónico, diseño estructural y el diseño hidrosanitario del salón comunal del asentamiento informal san Cipriano se utilizó como herramienta el software REVIT versión 2020 de la familia de AutoDesk con licencia estudiantil, y como herramienta secundaria para revisiones del proceso manejamos las tablas de cálculo en de la herramienta ofimática Excel.

Esta herramienta permite hacer el modelo de cada diseño del salón comunal independiente para luego unificar los 3 modelos en un solo proyecto, permitiéndonos observar los errores constructivos en el programa y no en la parte de ejecución del proyecto.

El programa permite modelar cada elemento con infinidad de restricciones, lo que permite al diseñador elegir la restricción adecuada que cumpla las necesidades del proyecto. Los elementos del proyecto interactúan entre sí, disminuyendo la posibilidad de duplicar un elemento, generando una alta exactitud en las tablas de cantidades.

Otra ventaja que tiene este sistema es la capacidad de especificar en cada elemento los materiales que se utilizaran para su construcción, siendo más específicos en el diseño para reducir costos por desperdicios o por errores en la etapa constructiva del proyecto. Mencionando lo anterior algunos fabricantes como PAVCO y ACESCO implementan sus familias BIM (Building Information Modeling) para modelar los sistemas con estas familias identificando los materiales y accesorios reales utilizados en el mercado actual de cada fabricante.

La precisión del software requirió unos chequeos manuales para asegurar que las cantidades eran correctas para el proyecto, siendo este el procedimiento más adecuado para confirmar la calidad del software, una vez realizada la revisión se ejecutó la herramienta para producir las tablas de cantidades de los títulos; Estructuras, mampostería e instalaciones hidrosanitarias del presupuesto permitiéndonos ser más específicos en las cantidades de obra para cada diseño del proyecto.

Se realizó el cálculo para cada uno de los ítems de los títulos del presupuesto oficial mencionados anteriormente con la función de tablas de planificación de la herramienta REVIT 2020. Ver ANEXO E.

14. INFORME DE PRESUPUESTO

En este informe de presupuesto se tomó como referencia la resolución 057 del 2017 de la Agencia para la Infraestructura del Meta donde se establecen el Análisis de Precios Unitarios para las obras civiles realizadas en el departamento del Meta. Ver ANEXO E.

Tabla 14-1 Presupuesto oficial salón comunal San Cipriano.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
	SALON COMUNAL				
1,00	PRELIMINARES				
1,01	Localización y replanteo edificación	M2	90,00	\$ 3.660	\$ 329.400
1,02	Malla de polis obra cubierta 80% (Incluye estructura soporte)	M2	90,00	\$ 5.026	\$ 452.340
1,03	Descapote manual (Incluye cargue manual y transporte)	M2	90,00	\$ 11.352	\$ 1.021.680
1,04	Sub-base Granular Ext. Y Compactada Manual e=0,20m	M2	90,00	\$ 285.896	\$ 25.730.640
1,05	Plástico Polietileno para placa	M2	90,00	\$ 1.915	\$ 172.350
2,00	CIMENTACION				
2,01	Placa de contrapiso e=0,12m en Concreto 3000PSI, incl. M. Electro soldada d=6mm 15x15	M2	90,00	\$ 106.539	\$ 9.588.510
2,02	Viga de cimentación 0,30x0,35m en concreto de 3000PSI	ML	46,50	\$ 46.051	\$ 2.141.372
2,03	Zapata de cimentación Concreto 20,7 Mpa (3000PSI)	M3	7,84	\$ 596.256	\$ 4.674.647
2,04	ACERO REFUERZO FIGURADO 412 para ZAPATA 20,7 MPa (3000PSI)	KG	69,44	\$ 5.889	\$ 408.932
3,00	ESTRUCTURAS				
3,01	Columna 0,35x0,40 en concreto de 20,7 Mpa (3000 PSI) Incluye refuerzo	ML	61,30	\$ 199.812	\$ 12.248.476
3,02	Columna 0,12x0,35 en concreto de 20,7 Mpa (3000 PSI) Incluye refuerzo	ML	3,00	\$ 87.713	\$ 263.139
3,03	Viga aérea de 0,3x0,35 concreto de 20,7 Mpa (3000 PSI) Incluye refuerzo	ML	67,20	\$ 143.022	\$ 9.611.078
3,04	Viga aérea de 0,12x0,25 concreto de 20,7 Mpa (3000 PSI) Incluye refuerzo	ML	4,4	\$ 78.968	\$ 347.459
3,05	Viga canal concreto de 20,7 Mpa (3000PSI) Impermeabilizado , no incluye refuerzo.	M3	0,58	\$ 1.061.380	\$ 618.572
3,06	Placa aligerada con casetón de guadua h=0,25 concreto de 20,7 Mpa (3000 PSI) No incluye refuerzo	M2	90,00	\$ 138.131	\$ 12.431.790

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
3,07	Placa de tanque E=0,13 M concreto premezclado 20,7 Mpa (3000PSI) Impermeabilizado	M2	2,31	\$ 192.950	\$ 446.197
4,00	MAMPOSTERIA				
4,01	Muro en ladrillo estructural prens. Vista doble T. STA FE (Mortero tipo 1:3)	M2	241,28	\$ 96.631	\$ 23.315.128
5,00	INSTALACIONES HIDRAULICAS				
5,01	Red de distribución interna de PVC-TP 1/2"	ML	30,20	\$ 21.535	\$ 650.357
5,02	Tanque plástico de 1000 litros con conexión entrada PVC 1/2", SALIDA EN 1" Incl llave de corte en cada conexión	UND	1,00	\$ 200.000	\$ 200.000
6,00	INSTALACIONES SANITARIAS				
6,01	Tubería sanitaria 4" RED INTERNA PVC PAVCO	ML	50,00	\$ 23.856	\$ 1.192.800
6,02	Tubería sanitaria 2" RED INTERNA PVC PAVCO	ML	13,00	\$ 12.500	\$ 162.500
6,03	Sifón piso ducha 4" Incluye rejilla tradicional	UND	4,00	\$ 57.608	\$ 230.432
6,04	Sifón piso 4" Incluye rejilla tradicional	UND	4,00	\$ 57.608	\$ 230.432
6,05	Caja de inspección 0,8x0,8x0,8 en tolete común	UND	2,00	\$ 377.589	\$ 755.178
7,00	CUBIERTA				
7,01	Cubierta en teja master mil color azul	M2	87,69	\$ 43.233	\$ 3.790.994
7,02	Caballote en teja termo acústica	ML	12,00	\$ 42.368	\$ 508.416
7,03	Correa metálica TIPO C ASESICO de 3x1 1/2" cal 18	ML	63,00	\$ 18.555	\$ 1.168.965
8,00	ENCHAPES				
8,01	Enchape para piso en cerámica formato rectangular	M2	180,00	\$ 52.990	\$ 9.538.200
8,02	Enchape para pisos en cerámica 0,33x0,33(baño): Inc. Alistado en mortero	M2	54,74	\$ 75.642	\$ 4.140.341
9,00	CARPINTERIA METALICA				
9,01	Puerta en lamina Cal,20 con cerradura, Inc. Marco(0,75x2,20) reja en tubo hexagonal, Vidrio 4mm	UND	7,00	\$ 309.220	\$ 2.164.540
9,02	ventana (1,10x1,65)para sala de juntas ,marco en lamina, vidrio 4mm,incluye anticorrosivo y pintura	UND	2,00	\$ 207.850	\$ 415.700
9,03	Ventana (2,0x1,65)para sala de juntas marco en lamina, vidrio 4mm,incluye anticorrosivo y pintura	UND	1,00	\$ 315.985	\$ 315.985
9,04	Ventana (0,9x1,65)para entrada principal, marco en lamina, vidrio 4mm,incluye anticorrosivo y pintura	UND	2,00	\$ 187.965	\$ 375.930

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
9,05	Puerta principal en lamina cal 20 con cerradura, Incluye Marco (2,0x2,0) estructura superior para cubierta de entrada	UND	1,00	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
10,00	APARATOS SANITARIOS Y OTROS				
10,01	Combo sanitario línea económica color blanco(Sanitarios, lavamanos, ducha)incluye grifería	UND	4,00	\$ 522.519	\$ 2.090.076
10,02	División para baño en aluminio y lamina acrílica	M2	12,50	\$ 312.000	\$ 3.900.000
SUB-TOTAL SALON COMUNAL					\$ 131.293.798
ADMINISTRACIÓN				10%	\$ 13.129.379,77
IMPREVISTOS				1%	\$ 1.312.937,98
UTILIDAD				6%	\$ 7.877.627,86
COSTO INDIRECTO SALON COMUNAL					\$ 22.319.945,61
COSTO TOTAL SALON COMUNAL					\$ 153.613.743,33

Fuente: Autores (2020)

15.RESULTADOS E IMPACTOS

En la Tabla 15-1 se presenta la relación de los entregables que se deberán realizar para el cumplimiento de los objetivos planteados en este proyecto.

Tabla 15-1 Resultados obtenidos.

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Reconocimiento y levantamiento de la estructura existente en el lote.	Documento y plano.	Analizar y generar un concepto de la estructura existente en el lote designado para el salón comunal del asentamiento informal San Cipriano en el municipio de Villavicencio.
Memorias de cálculo del diseño estructural e hidrosanitario del salón comunal.	Documento y hojas de cálculo.	Realizar el diseño estructural e hidrosanitario del salón comunal para el asentamiento informal San Cipriano en la ciudad de Villavicencio aplicando las normativas exigidas en Colombia, tanto en el diseño estructural como sanitario.
Planos de detalle estructurales e hidrosanitarios del salón comunal.	Planos.	
Informe de las cantidades de obra y presupuesto general del salón comunal.	Documento y hojas de cálculo.	Obtener las cantidades de obra necesarias empleadas en la realización del presupuesto del salón comunal para el asentamiento informal San Cipriano en la ciudad de Villavicencio.

Fuente: Autores (2019).

El proyecto a realizarse es resultado de un convenio de la Universidad Santo Tomás con la Junta de Acción Comunal del asentamiento informal San Cipriano el cual hace parte de la comuna 8 en la ciudad de Villavicencio, el objetivo principal de este proyecto consiste en el diseño de un salón comunal para este asentamiento, ver Tabla 15-2.

Tabla 15-2 Relación de impactos.

Aspecto	Impacto	Plazo
Social	Brindar un espacio comunitario óptimo para el desarrollo de la cultura, la buena convivencia y recreación de los habitantes del asentamiento informal San Cipriano, además la Junta de Acción Comunal tendrá un espacio donde podrá llevar un mejor manejo de la gestión documental.	Mediano

Aspecto	Impacto	Plazo
Económico	Garantizar la organización de la Junta de Acción Comunal para posibles decisiones y obtención de convenios departamentales.	Largo
Técnico	Contribuir con un documento técnico que contenga los parámetros detallados para la construcción del salón comunal que cumpla las normas respectivamente.	Mediano
Institucional	Aplicación y cumplimiento de las respectivas normativas colombianas empleadas en los diseños.	Corto

Fuente: Autores (2019).

16. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

16.1. CONCLUSIONES

- Se recomendó la demolición total de la estructura existente en el lote designado para el salón comunal, ya que presentó un índice de vulnerabilidad alto, en el que se determinó que el aspecto estructural y de construcción son los que más castigan a la estructura.
- Los valores de los índices de vulnerabilidad que se obtuvieron en las evaluaciones de vulnerabilidad sísmica elaboradas según la metodología de la AIS, varían no solamente por aspectos técnicos del diseño y construcción de la edificación que no cumplen con la normativa, sino que indirectamente influyen aspectos culturales, sociales y económicos presentes en el entorno, ya sea en un asentamiento informal o barrio.
- La implementación de la metodología BIM en el diseño de las redes hidráulicas, sanitarias y aguas lluvias empleando las librerías de PAVCO Wavin para Revit permite detectar choques, conflictos y detalles exactos en el trazado de las redes mediante la verificación del espacio requerido y existente en la edificación. Además, se obtiene un listado de cantidades de tubería y accesorios de las redes confiable y preciso.
- El diseño estructural es un proceso iterativo de bastante cuidado en el cual al modelar la estructura en algún software especializado y realizar las verificaciones sino cumple se vuelve a iniciar todo el proceso de cálculo y para en el momento que las verificaciones mínimas requeridas por la NSR-10 cumplan.
- Realizar un diseño estructural para la configuración de lotes que tienen una dimensión mayor que la otra y que la superan por el doble o más genera inconvenientes en la verificación de las derivas máximas en el sentido más corto. Además, la correcta distribución uniforme de las cargas en toda la edificación disminuye estos inconvenientes con las derivas.
- El uso de la herramienta Revit 2020, permitió modelar los diseños arquitectónico, estructural e hidrosanitario con detalles de alta precisión identificando las cantidades exactas de materiales para la construcción de cada elemento del salón comunal, siendo una herramienta fundamental para el cálculo de cantidades de obra.
- La implementación del Software Naviswork Manage 2020 siendo una extensión de Revit 2020 permite unificar los modelos del salón comunal identificando fallas o posibles cruces entre los modelos, los cuales se identifican en el proceso constructivo generalmente, siendo una ventaja para la construcción del salón comunal por el ahorro en tiempo y dinero.

16.2. TRABAJOS FUTUROS

Esta propuesta del proyecto social en el barrio San Cipriano ubicado en la comuna 8, está ligada a temáticas de ingeniería con el propósito de satisfacer las necesidades de la comunidad perteneciente a este asentamiento informal. Es por esto que se proyecta a que la comunidad desarrolle la gestión con las entidades pertinentes para la ejecución del proyecto cuando sean entregados los planos y documentos. También para continuar el proyecto es necesario realizar un estudio geotécnico de la zona y obtener la verificación y autorización de los diseños y documentos requeridos.

El trabajo presente muestra el diseño estructural teniendo como base las condiciones básicas de diseño sismo resistente para lo que compone el proyecto, y tiene como objetivo servir de referencia para las personas que aspiren a realizar trabajos académicos a fines de diseño, programación, modelación y presupuesto

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alcaldía de Villavicencio - Meta, «Plan de Desarrollo - Villavicencio Cambia Contigo 2020 - 2023,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan%20de%20Desarrollo%20Villavicencio%20Cambia%20Contigo%202020%20-%202023.pdf>. [Último acceso: 5 Mayo 2020].
- [2] Alcaldía de Villavicencio - Unidos Podemos, «Información del municipio,» 2017. [En línea]. Available: <http://villavicencio.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>. [Último acceso: 16 Junio 2018].
- [3] Corporación Opción Legal & CENAC, Legalización de asentamientos informales, Bogotá, Cundinamarca, 2018, p. 213.
- [4] DANE, «Boletín Censo General 2005,» 2005. [En línea]. Available: https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/50001T7T000.PDF. [Último acceso: 17 Junio 2018].
- [5] Alcaldía de Villavicencio, «Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Villavicencio,» 2015. [En línea]. Available: http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/POT_2015_Componente%20General%20POT.pdf. [Último acceso: 17 08 2018].
- [6] Alcaldía de Villavicencio, «Síntesis diagnóstica Plan de Ordenamiento Territorial Villavicencio,» 23 Marzo 2012. [En línea]. Available: <https://vdocuments.mx/sintesis-diagnostica-pot-norte-villavicencio-marzo-25-2013.html>. [Último acceso: 17 08 2018].
- [7] Consejo Seccional de la Judicatura del Meta, «Acuerdo No. CSJMEA17-8727 Listado barrios actualizados en la ciudad de Villavicencio,» 13 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/2320902/11805960/ACUERDO+CSJMEA17-827.pdf/1cc3f125-52b4-418e-a8f5-9fe09b55aa5c>. [Último acceso: 8 Febrero 2019].
- [8] Congreso de Colombia, «Ley 142, Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos,» 11 Julio 1994. [En línea]. Available: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/21435-3670.pdf>. [Último acceso: 3 Abril 2019].
- [9] Departamento Nacional de Planeación Colombia, «Plan Nacional de Desarrollo Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad 2018 - 2022,» 25 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Bases-del-Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>. [Último acceso: 6 Mayo 2020].
- [10] Curaduría Urbana Primera Villavicencio, «Formatos y requisitos para proyectos civiles,» [En línea]. Available: <http://www.curaduria1villavicencio.com.co/formularios.php>. [Último acceso: 10 Abril 2019].
- [11] Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio E.S.P., «Formatos y manuales para los servicios de acueducto y alcantarillado,» [En línea]. Available: <http://www.eaav.gov.co/Transparencia/Paginas/Formatos-y-Manuales.aspx>. [Último acceso: 11 Abril 2019].
- [12] B. M. Das, Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, Séptima ed., CENGAGE Learning, 2012, p. 819.
- [13] J. I. Segura Franco, Estructuras de Concreto I, Séptima ed., Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2011, p. 594.
- [14] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, Bogotá, Cundinamarca, 2010.
- [15] H. A. Rodríguez Díaz , Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones, Bogotá, Cundinamarca : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p. 233.

- [16] R. Pérez Carmona , Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, Séptima ed., Bogotá, Cundinamarca : Ecoe Ediciones Ltda., 2015, p. 575 .
- [17] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, NTC 1500, Bogotá D.C, Cundinamarca: ICONTEC, 2017, p. 251.
- [18] G. M. González Zapata , *Gestión de los asentamientos informales: un asunto de política pública*, Medellín , Antioquia , 2009.
- [19] R. Oviedo Sarmiento , Diseño sismoresistente de edificaciones de concreto armado, O. I. EIRL, Ed., Lima, 2016, p. 314.
- [20] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - LA RED, Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente en viviendas de mampostería, Bogotá, Cundinamarca: LA RED, 2001, p. 173.
- [21] D. P. Portocarrero Florez, Construcción casa comunal barrio Fundadores, Armenia: Universidad Santo Tomás, 2017, p. 197.
- [22] J. García Caicedo, J. Castellanos Palacio y V. A. Moreno, Proyecto de diseño estructural para la construcción de un centro comunitario de desarrollo de proyectos productivos en el sector de la comuna 4 de Soacha, Bogotá, Cundinamarca: Universidad Católica de Colombia, 2015, p. 108.
- [23] E. L. Carpetá Peña, Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de siete viviendas mediante cuatro metodologías en la ciudad de Bogotá, Bogotá, Cundinamarca: Universidad Piloto de Colombia, 2014, p. 137.
- [24] L. E. Mendoza Duarte y C. A. Albarracín Bueno, Estudios de suelos, topográficos y diseños estructurales e hidrosanitarios con cantidades de obra para la construcción del salón Juan Frio, San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander, 2013, p. 114.
- [25] W. Muñoz Prieto, «Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de Ciudad Bolívar evaluadas por el método cualitativo,» *Revista Científica*, nº 9, pp. 241-260, 30 11 2006.
- [26] J. M. Salgado Díaz, G. A. Alvarado Castañeda y J. P. Vasquez Usquiano, Caracterización físico - mecánica de los suelos e identificación de la posible ocurrencia de eventos naturales en el asentamiento informal El Rubí, Villavicencio, Villavicencio, Meta , 2019, p. 56.
- [27] V. Jaramillo y L. Zamudio, Diseño estructural de un polideportivo polifuncional para los habitantes de villas del ocoa en la ciudad de Villavicencio, Villavicencio, Meta: Repositorio Universidad Santo Tomás, 2020.

ANEXOS

ANEXO A. EVIDENCIAS EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

ANEXO B. PLANOS ARQUITECTÓNICOS

ANEXO C. MEMORIA DE CÁLCULO Y PLANOS ESTRUCTURALES

ANEXO D. MEMORIA DE CÁLCULO Y PLANOS HIDROSANITARIOS

ANEXO E. CÁLCULO CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO