
**TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTÍA
AUXILIAR EN DISEÑO Y SUPERVISIÓN ESTRUCTURAL**



NERY MARIANA BARRETO CANAVAL

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN
2016

**TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTÍA
AUXILIAR EN DISEÑO Y SUPERVISIÓN ESTRUCTURAL**

NERY MARIANA BARRETO CANAVAL

Informe final de práctica profesional para optar al título de:
Ingeniera Civil

Director:
Ing. Carlos Ariel Hurtado Astaiza

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN
2016

Nota de aceptación:

Firma director de pasantía

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, __ de Junio de 2016



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	14
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. INFORMACIÓN GENERAL	16
4.1. TITULO DE LA PASANTÍA.....	16
4.2. NOMBRE DEL PASANTE	16
4.3. ENTIDAD RECEPTORA.....	16
4.4. SEDE PRINCIPAL DE TRABAJO.....	17
4.5. TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.....	17
4.6. TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA.....	17
4.7. DURACIÓN.....	18
4.8. RECURSOS UTILIZADOS	18
4.8.1. ENTIDAD RECEPTORA	18
4.8.2. PASANTE	18
4.9. METODOLOGÍA	18
4.10. PRESENTACIÓN DE PROYECTOS MÁS DESTACADOS.....	20
5. EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA	23
5.1. SUPERVISIÓN TÉCNICA.....	23
5.1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	23
5.1.2. ENTIDAD CONSTRUCTORA	24
5.1.3. SISTEMA ESTRUCTURAL	25
5.1.4. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS	25
5.1.5. PROCESO CONSTRUCTIVO.....	26
5.1.6. AVANCE DE OBRA	27
5.1.7. PROBLEMAS PRESENTADOS Y SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.....	28



5.2. PROYECTO VIVIENDA UNIFAMILIAR	36
5.2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	36
5.2.2. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS	36
5.2.3. CONSIDERACIONES INICIALES	37
5.2.4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	39
5.3. PROYECTO RESTAURANTE EL PEÑOL.....	42
5.3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	42
5.3.2. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS	43
5.3.3. CONSIDERACIONES INICIALES	43
5.3.4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	46
5.4. PROYECTO CENTRO DE ACOPIO.....	48
5.4.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	49
5.4.2. BODEGAS	49
5.4.3. CENTRO DE ACOPIO	53
5.5. PROYECTO PUESTO DE SALUD	59
5.5.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	60
5.5.2. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS	60
5.5.3. CONSIDERACIONES INICIALES	61
5.5.4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	63
5.6. PROYECTO APARTA-ESTUDIOS.....	66
5.6.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	66
5.6.2. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS	66
5.6.3. CONSIDERACIONES INICIALES	67
5.6.4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	69
6. EXPERIENCIA ADQUIRIDA.....	72
7. ANÁLISIS DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS.....	73
8. CONCLUSIONES	75
9. BIBLIOGRAFÍA	76
10. ANEXOS	77



INDICE DE FIGURAS

Figura 5-1. Localización del proyecto de supervisión estructural.....	24
Figura 5-2. Localización de la torre supervisada.....	24
Figura 5-3. Planta arquitectónica de los pisos.	26
Figura 5-4. Torre A al inicio del mes de diciembre de 2015.....	28
Figura 5-5. Torre A al final del mes de marzo de 2016.....	28
Figura 5-6. Hormiguero fundido en el primer piso.....	29
Figura 5-7. Hormiguero en el primer piso.....	29
Figura 5-8. Grieta generada por junta de fundición.....	31
Figura 5-9. Detalle de porosidad sobre un muro fundido en diciembre.....	31
Figura 5-10. Transporte de formaleta por pasarela. Fuente.	33
Figura 5-11. Discontinuidad en el paso.....	33
Figura 5-12. Operario sin arnés.....	33
Figura 5-13: Esquema utilizado en los informes de la supervisión técnica.....	35
Figura 5-14. Localización del proyecto vivienda familiar.....	36
Figura 5-15. Fachada principal.....	37
Figura 5-16. Planta del primer y del segundo piso.....	37
Figura 5-17: Secciones transversales de la cimentación.....	41
Figura 5-18. Localización del corregimiento La Honda.....	42
Figura 5-19. Fachada principal.	43
Figura 5-20. Planta del primer piso.....	43
Figura 5-21: Secciones de vigas y columnas.....	47
Figura 5-22: Despiece tipo para todas las columnas.....	48
Figura 5-23. Localización del Resguardo de Vitoncó.....	49
Figura 5-24: Planta de muros estructurales.....	53
Figura 5-25. Fachada principal.....	54



Figura 5-26. Planta del Mezzanine	54
Figura 5-27. Planta del primer piso	54
Figura 5-28. Planta del segundo piso	54
Figura 5-29: Despiece de muro estructural M1	58
Figura 5-30: Despiece de muro estructural M2.....	59
Figura 5-31. Localización del Resguardo de Tóez.....	60
Figura 5-32.Fachada principal	61
Figura 5-33. Planta del primer piso.....	61
Figura 5-34: Planta de elementos de cubierta.	65
Figura 5-35: Secciones de perlines utilizados en cubierta	65
Figura 5-36. Localización del proyecto de Aparta-estudios Pomona	66
Figura 5-37. Fachada principal	67
Figura 5-38.Planta del piso 1	67
Figura 5-39.Planta tipo de los pisos 2, 3 y 4..	67
Figura 5-40: Planta arquitectónica de escaleras.....	71
Figura 5-41: Cortes estructurales de escaleras	71



INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Resumen de los proyectos llevados a cabo	22
Tabla 5.1. Parámetros sísmicos.....	38
Tabla 5.2. Resistencia de los materiales	38
Tabla 5.3. Cargas de entrepiso.....	38
Tabla 5.4. Cargas de cubierta.....	39
Tabla 5.5. Cargas de cubierta.....	44
Tabla 5.6. Resistencia de los materiales	45
Tabla 5.7. Parámetros sísmicos.....	45
Tabla 5.8. Centro de masas, rigidez y excentricidades.....	46
Tabla 5.9. Resumen de derivas máximas.....	47
Tabla 5.10. Derivas máximas de las columnas por piso	47
Tabla 5.11. Resistencia de los materiales	50
Tabla 5.12. Cargas de cubierta.....	50
Tabla 5.13. Parámetros sísmicos.....	51
Tabla 5.14. Resistencia de los materiales	55
Tabla 5.15. Cargas de entrepiso.....	55
Tabla 5.16. Cargas de cubierta.....	55
Tabla 5.17. Centro de masas, rigidez y excentricidades.....	56
Tabla 5.18. Resumen de derevias máximas.....	57
Tabla 5.19. Derivas máximas de las columnas por piso	57
Tabla 5.20. Resistencia de los materiales	62
Tabla 5.21. Cargas de cubierta.....	62
Tabla 5.22. Parámetros sísmicos.....	62
Tabla 5.23. Centro de masas, rigidez y excentricidades.....	63
Tabla 5.24. Resumen de derivas máximas.....	64



Tabla 5.25. Derivas máximas de las columnas por piso	64
Tabla 5.26. Resistencia de los materiales	67
Tabla 5.27. Cargas de entrepiso.....	68
Tabla 5.28. Cargas de cubierta.....	68
Tabla 5.29. Parámetros sísmicos.....	68
Tabla 5.30. Centro de masas, rigidez y excentricidades.....	69
Tabla 5.31. Resumen de derivas máximas.....	70
Tabla 5.32. Derivas máximas de las columnas por piso	70



INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Espectro de aceleración – Restaurante El Peñol	46
Diagrama 2. Espectro de aceleración – Centro de Acopio	56
Diagrama 3. Espectro de aceleración – Puesto de salud	63
Diagrama 4. Espectro de aceleración – Aparta-estudios	69



AGRADECIMIENTOS

A la universidad del Cauca por formarme profesionalmente, y de manera muy especial a todos los ingenieros que en su momento me impartieron clase, por compartirme toda su experiencia y por su constante ejemplo de ética profesional.

A mi madre Deyanira, por su entrega y dedicación, por buscar siempre e incansablemente hacer de mí una mejor persona cada día y por darme la motivación necesaria para cumplir mis metas.

A mi padre Jose Antonio, mi modelo a seguir, quien con su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida hace posible este logro.

A Laura, por ser el soporte de mis aspiraciones, por su acompañamiento a pesar de la distancia y sobre todas las cosas, por su amor.

A mi director de trabajo de grado, el Ingeniero Carlos Ariel Hurtado. Gracias por su tiempo e indiscutible disposición. Por darme la oportunidad de aprender a su lado y crecer profesionalmente.



1. INTRODUCCIÓN

Para optar al título de Ingeniera Civil, el presente documento describe la práctica profesional realizada como auxiliar de diseño estructural en la empresa HYC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S. conforme al acuerdo # 051 de 2001 del Consejo Superior Universitario y la resolución # 281 del 10 de Junio de 2005 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, por lo cual se reglamenta el trabajo de grado en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca y se establece la modalidad de pasantía o práctica empresarial.

Las edificaciones con las que diariamente nos relacionamos, en las cuales vivimos y trabajamos, dependiendo de su naturaleza están todo el tiempo sometidas a riesgos según el grado de vulnerabilidad que puedan tener ante una *amenaza sísmica*¹. Es por esto que el diseño estructural es un pilar fundamental en la ingeniería civil, ya que es una medida preventiva para situaciones de riesgo por inestabilidad en las edificaciones, su razón principal es preservar la vida de las personas que las habitan y además, amparar la inversión en infraestructura.

Sabiendo lo anterior y teniendo en cuenta que las ciudades más pobladas del país se encuentran en zona de amenaza sísmica alta, se consideró importante participar en los procesos de análisis y diseño estructural, así que partiendo de los conocimientos teóricos adquiridos durante la formación académica y con el fin de generar espacios que den continuidad al quehacer profesional, se buscó profundizar en el entendimiento de las metodologías desarrolladas en la práctica para el diseño

¹ Término utilizado comúnmente y que según Franz Sauter en *Introducción a La Sismología* se puede definir como "Un parámetro que cuantifica la ocurrencia de futuros eventos sísmicos y las acciones sísmicas asociadas (sacudida del terreno, deslizamientos de tierra, licuefacción, tsunamis, y otros) que pueden tener adversos sobre el hombre y sus actividades."



de edificaciones y obras de infraestructura, con el fin de tener una formación profesional integral con la que se pudiera contar con las herramientas necesarias para satisfacer la necesidad que tiene la sociedad de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo.



2. JUSTIFICACIÓN

La pasantía desde la perspectiva personal es el medio idóneo para acercarse al ambiente laboral y contrastar los conocimientos adquiridos durante la formación académica, con el ejercicio profesional del ingeniero civil al interior de una entidad y su desempeño en la misma. Aporta a la sociedad en la medida que contribuye a que el estudiante adquiera los conocimientos específicos y generales que permiten llevar a cabo un buen trabajo y un desempeño óptimo en el futuro.

El ejercicio de la pasantía en la empresa HyC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S. constituyó una importante contribución con la que se adquirió experiencia en un escenario real sobre el proceso de diseño de manera directa, ya que, la empresa desarrolla una considerable cantidad de proyectos relacionados con el diseño estructural de diversas obras y tuvo como objetivo involucrar al pasante en el proceso de diseño y toma de decisiones, la supervisión y el control de calidad.

Teniendo en cuenta que el diseño estructural es un área relativamente reciente de la ingeniería civil y su adaptación a las necesidades de los problemas sísmicos requieren continuamente nuevas opciones y mejoras, la práctica profesional propicio el aprendizaje constante y duradero, convirtiéndose así en una importante experiencia para el egresado.



3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Participar de manera efectiva y constante en la concepción y diseño estructural de los proyectos que se desarrollan en la empresa HyC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer a fondo el proceso de aplicación actual del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) para el diseño estructural en zonas de amenaza sísmica alta.
- Revisar e interpretar planos arquitectónicos y estudios de suelos.
- Realizar supervisión, seguimiento y control de procesos constructivos, detectando problemas que se presenten y sugerir soluciones.
- Realizar modelaciones y análisis estructurales de edificaciones mediante programas de computación, tales como cypecad, arquimet 2.0, central, viga, sap, etabs, etc.
- Interactuar con otros profesionales en la materia para lograr la consecución de nuevos conocimientos y experiencia multidisciplinaria.



4. INFORMACIÓN GENERAL

4.1. TITULO DE LA PASANTÍA

Auxiliar en diseño y supervisión estructural

4.2. NOMBRE DEL PASANTE

Nery Mariana Barreto Canaval

4.3. ENTIDAD RECEPTORA

HyC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S. es una empresa dedicada al desarrollo de obras civiles, lo cual incluye asesoría, estudios, diseños, construcción, supervisión técnica, interventoría, presupuestos, explotación y suministro de materiales de construcción.



MISIÓN: prestar el servicio de asesoría, consultoría, diseño, construcción y supervisión técnica de obras civiles a empresas, contratistas, ingenieros, arquitectos y personas naturales del país.



VISIÓN: consolidarse como una empresa líder en prestación de servicios profesionales del ámbito de la Ingeniería Civil y expandir la cobertura a nivel nacional para el año 2020.

Dentro de su portafolio de servicios está la asesoría, consultoría, diseño, construcción y supervisión técnica de estructuras. A continuación se enuncian algunos de los proyectos más importantes realizados:

- Diseño estructural Edificio Solarium. Área: 14000m².
- Diseño estructural Edificio 360. Área: 3600m².
- Diseño estructural Capilla 52. Área: 2870m².
- Diseño estructural Condominio Altos de Compostela. Área: 11000 m².
- Supervisión técnica del Edificio muros en concreto reforzado

4.4. SEDE PRINCIPAL DE TRABAJO

La práctica profesional se desarrolló la mayor parte del tiempo en la oficina de la empresa ubicada en el barrio El Recuerdo sobre la Carrera 7A # 7N – 66.

4.5. TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Ingeniero Msc. Carlos Ariel Hurtado Astaiza.

4.6. TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA

- Gerente Sara Caicedo.
- Ingeniero Msc. Carlos Ariel Hurtado Astaiza.



4.7. DURACIÓN

La práctica profesional inicio el día 9 de diciembre del año 2015 y terminó el 1 de abril del año 2016, contando con una duración de 17 semanas aproximadamente, cumpliendo con lo acordado en el anteproyecto a fin de lograr las 576 horas requeridas por el programa de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

4.8. RECURSOS UTILIZADOS

4.8.1. ENTIDAD RECEPTORA

El trabajo durante la práctica profesional se dividió en obra y oficina. En obra se requirió de casco, botas, flexometro y cámara fotográfica, mientras que en oficina se requirió de computador con programas de diseño licenciados, normas técnicas y papelería. Tanto en obra como en oficina la empresa proporcionó todos los materiales necesarios para llevar a cabo la pasantía.

4.8.2. PASANTE

Las herramientas de trabajo utilizadas por el pasante para el cumplimiento de los objetivos propuestos y de las actividades en la práctica profesional fueron un computador y libreta.

4.9. METODOLOGÍA

El desarrollo del trabajo se dividió en dos partes de acuerdo a la disponibilidad horaria, durante la primera mitad (diciembre y enero) la pasantía se llevó a cabo en



jornada completa de 7:00am a 12:00pm y de 2:00pm a 6:00pm, cumpliendo con una intensidad horaria de 45 horas semanales y acudiendo eventualmente los sábados.

En la segunda mitad (febrero y marzo) el trabajo se ejecutó a medio tiempo en un horario de 2:00pm a 7:00pm de lunes a jueves, y a tiempo completo los días viernes. Cubriendo una intensidad horaria de 30 horas semanales.

En cada uno de los proyectos inicialmente se realizaba una revisión de la información de entrada, constituida principalmente por estudios de suelos y planos arquitectónicos, y eventualmente por *Renders*².

A grosso modo las actividades laborales comprendieron un análisis teórico-práctico de la NSR-10³ y su correcta aplicación en el diseño. Se realizaron modelaciones con programas del Ph.D Juan Manuel Mosquera, profesor de la Universidad del Cauca, tales como “Mampos”, “Viga”, “Trabe2”, “Zapcon”, “Zap2”, “Grazap”, “Central” y “Espacial”.

En “Mampos” se realizaron las modelaciones de los sistemas con muros de mampostería confinados, en “Viga” verificaciones de elementos simplemente apoyados, en los programas “Trabe2” y “Zapcon” el diseño de cimentaciones corridas, con “Zap2” y “Grazap” del diseño de losas de cimentación, en “Central” la modelación de pórticos y en “Espacial” la modelación de estructuras en tres dimensiones.

Las modelaciones de edificaciones complejas se llevaron a cabo con el programa CYPECAD, este es un programa de cálculo de estructuras de hormigón armado que

² Imagen digital que se crea a partir de un modelo o escenario en 3D realizado en algún programa de computadora especializado, cuyo objetivo es dar una apariencia realista desde cualquier perspectiva del modelo arquitectónico.

³ Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.



utiliza para el análisis el método matricial y que contempla la NSR-10 al realizar todas las comprobaciones estructurales. Además permite exportar a planos estructurales los resultados en formato DWG o DXF.

Para el diseño de cubiertas se empleó el programa Arquimet 2.0, este es un software de diseño estructural creado por Acesco y desarrollado por Unsoft (Universidad del Norte), que permite el diseño y cálculo de estructuras con perfiles de acero de lámina delgada.

Adicionalmente a todos los programas de computación ya mencionados, también se utilizaron hojas de cálculo en Excel como apoyo en los cálculos a realizar durante los procesos de diseño, y literatura que involucraba normas técnicas y libros académicos.

Es importante mencionar que durante cada proyecto se efectuaba el dibujo estructural y se conformaban los planos en el programa AutoCAD, conforme se avanzaba en la modelación y el diseño.

4.10. PRESENTACIÓN DE PROYECTOS MÁS DESTACADOS

La pasantía abarcó fundamentalmente la realización de la supervisión técnica de un edificio de muros en concreto reforzado y el diseño estructural de cinco edificaciones. A continuación se describen brevemente las actividades realizadas.

En la primera semana de la pasantía se efectuó una familiarización con el proyecto de la supervisión técnica, estudiando los diseños arquitectónicos y estructurales para conocer los aspectos más importantes a observar, ya que, posteriormente se efectuarían visitas de supervisión en obra, también se revisaron los informes ya



realizados durante la supervisión, con el fin de conocer las eventualidades y problemas generados durante los meses de octubre y noviembre.

Simultáneamente se revisaron los planos arquitectónicos de un proyecto de construcción de Vivienda Unifamiliar, éste proyecto consistía de una edificación de dos pisos con un área total construida de 111.08m².

Durante las siguientes semanas se llevaron a cabo las visitas de supervisión técnica y se efectuó el diseño estructural del proyecto de construcción de Vivienda Unifamiliar.

En la quinta semana se inició el diseño del proyecto de construcción del Restaurante El Peñol, edificación de un solo piso y con un área total construida de 106.25m², éste restaurante al ser escolar y superar los 2000msnm contó con unas consideraciones especiales por norma⁴.

A lo largo de la octava semana se empezaron a revisar los planos arquitectónicos y el estudio de suelos del proyecto del Centro de Acopio para el resguardo Indígena de Vitoncó, en el municipio de Páez (Cauca). La edificación contó con dos estructuras con sistemas estructurales diferentes dilatadas entre sí, una parte diseñada en un sistema de *Mampostería de muros confinados*⁵ de un solo piso con un área total construida de 63.7m² y, otra parte diseñada en un Sistema Estructural Combinado⁶ de dos pisos con un área total construida de 718.62m².

⁴ Hace referencia al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

⁵ La definición de este sistema estructural viene dada por el numeral D.2.1.5 de la norma técnica NSR-10. “Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado construidos alrededor del muro, confinándolo y que cumple con los requisitos del capítulo D.10.”

⁶ La definición de *Sistema de Combiado* viene dada por el numeral A.3.2.1.2 de la norma técnica NSR-10. “Es un sistema estructural, en el cual: a) las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos,



En la decimosegunda semana inicio el estudio de la información de entrada del proyecto del Centro de Salud del Resguardo Indígena de Toéz, en el municipio de Páez (Cauca), para la posterior realización de su diseño estructural en un sistema de *Pórticos en concreto reforzado*.⁷

Finalmente en la decimoquinta se comenzó el diseño estructural de la última edificación, el proyecto Aparta-estudios Pomona, edificio de cuatro pisos con un área total construida de 218,44m².

Tabla 4.1: Resumen de los proyectos llevados a cabo.
Fuente: Propia.

PROYECTO	SISTEMA ESTRUCTURAL	USO	ÁREA TOTAL	TIEMPO DE DESARROLLO
SUPERVISIÓN ESTRUCTURAL	Muros en concreto reforzado	Residencial	3112.64 m ²	17 Semanas
VIVIENDA UNIFAMILIAR	Mampostería confinada	Residencial	111.08 m ²	4 Semanas
RESTAURANTE EL PEÑOL	Pórticos en concreto reforzado	Escolar	106.25 m ²	3 Semanas
CENTRO DE ACOPIO	Combinado y Mampostería confinada	Almacenamiento	782.32 m ²	4 Semanas
PUESTO DE SALUD	Pórticos en concreto reforzado	Atención a la comunidad	176.35 m ²	3 Semanas
APARTA-ESTUDIOS	Pórticos en concreto reforzado	Residencial	218.44 m ²	3 Semanas

esencialmente completo, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales, o b) Las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales, y que no cumple los requisitos de un sistema dual.”

⁷ La definición de *Sistema de Pórtico* viene dada por el numeral A.3.2.1.3 de la norma técnica NSR-10. “Es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.”



5. EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA

5.1. SUPERVISIÓN TÉCNICA

La supervisión técnica de la edificación ubicada en la ciudad de Popayán, se inició el día 10 de octubre de 2015 por parte de la empresa HyC Ingeniería Estructural Colombia S.A.S.

Al iniciar la pasantía las principales actividades asignadas concernientes al edificio consistían en realizar el acompañamiento en la supervisión técnica del trabajo ejecutado en obra, en la recepción de información provista por el personal de apoyo en la obra, incluyendo al pasante Deyby Antonio Armero, y en la elaboración de informes mensuales.

Las visitas de obra se realizaron continuamente los días martes y jueves de cada semana y en estas se efectuaba un registro fotográfico y escrito de los pormenores en obra, las anomalías vistas en elementos estructurales, en la ejecución de procesos constructivos y en las normas de seguridad industrial⁸.

5.1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La edificación se encuentra localizada dentro de un condominio comprendido por cinco torres con las mismas características, al norte de la ciudad de Popayán. Todo el condominio tiene un área general de 2520,5m² y la edificación supervisada cuenta con un área de ocupación total de 3112,64m². En la *Figura 1* se muestra la localización del proyecto y en la *Figura 2* se señala la torre en la que se llevó a cabo la supervisión técnica.

⁸ Hace referencia a la Norma Técnica Colombiana NTC-0HSAS 18001.



Figura 5-1. Localización del proyecto.
Fuente: Google Maps.



Figura 5-2. Localización de la torre supervisada.
Fuente: Renders arquitectónicos.

5.1.2. ENTIDAD CONSTRUCTORA

Con el fin de garantizar la protección de la información comercial de la constructora se omite enunciarla de forma expresa.



5.1.3. SISTEMA ESTRUCTURAL

La edificación cuenta con 10 pisos conformados en un sistema de muros de concreto reforzado con capacidad especial de disipación de energía.

La NSR-10 en el párrafo A.3.2.1.1 señala que un *Sistema de Muros de Carga* “Es un sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo y en el cual las cargas verticales son resistidas por los muros de carga y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.”

En el caso de la torre todas las fuerzas son resistidas por los muros estructurales, es decir que la edificación no cuenta con columnas ni vigas. Estos muros estructurales contaron con un espesor de diez centímetros y se fundieron utilizando encofrados de aluminio *Forsa*⁹.

El sistema de muros de concreto reforzado proveen una gran rigidez. Constructivamente es un sistema que es rápido de ejecutar teniendo un alto rendimiento, y comparado con un sistema aporticado tradicional, termina siendo una estructura mucho más liviana, pues aunque la formaleta tiene un alto costo se espera inversión menor de 25 a 30%.

5.1.4. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS

El condominio contiene 64 casas de dos pisos y 200 apartamentos distribuidos en cinco torres de 10 pisos, con cuatro apartamentos por piso. Cómo el proyecto se ha venido desarrollando por etapas, éste informe sólo abarca la supervisión técnica de

⁹ FORSA, fundada en 1995 en Colombia, es una empresa pionera en la comercialización y enseñanza del sistema de construcción en serie con encofrados de aluminio en Latinoamérica.

la Torre A. A continuación en la *Figura 3* se muestra la planta arquitectónica de los apartamentos del primer piso, ésta conformación se repite en los diez pisos.

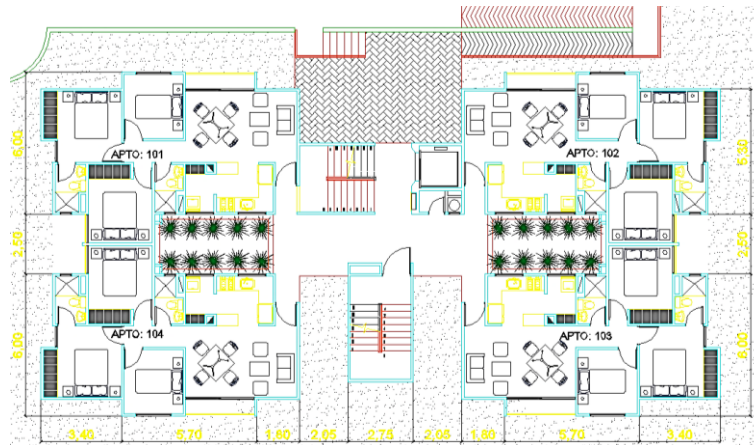


Figura 5-3. Planta arquitectónica de los pisos.

Fuente: Planos constructora e Inmobiliaria Adriana Rivera.

5.1.5. PROCESO CONSTRUCTIVO

La torre se construyó con el *Sistema industrializado*, el cual es un sistema de encofrados fabricado en su totalidad con aluminio, que logra procesos ordenados, rápidos y progresivos manteniendo inventarios más equilibrados, reduciendo la mano de obra, contribuyendo a una construcción limpia y ecológica, y aumentando la productividad y la rentabilidad de los constructores.

El proceso constructivo se llevó a cabo en diferentes etapas teniendo en cuenta que se contaban con formaletas para realizar de un apartamento a la vez, de la siguiente forma:

- Colocación del acero teniendo en cuenta los planos estructurales.
- Instalación de tubería eléctrica y sanitaria.



- Montaje de encofrados de muros y losas aplicándoles con anterioridad una capa de un producto químico llamado *Separol*¹⁰ fabricado por *Sika Colombia*¹¹.
- Fundición o vaciado de concreto que se efectuaba con una bomba que impulsaba el concreto a los pisos superiores,
- Desinstalación de la formaleta Forsa.
- El proceso se repitió en cada uno de los apartamentos en la dirección de las manecillas del reloj. Y el tiempo promedio requerido por apartamento fue de cuatro días.

5.1.6. AVANCE DE OBRA

Al inicio de la pasantía se encontraban fundidos los tres primeros pisos y los apartamentos 401 y 402, también se encontraban parcialmente instaladas las formaletas de los muros y la losa del apartamento 403, y el armado de los aceros de los apartamentos 501 y 504.

Entre los meses de enero y marzo se fundieron todos los apartamentos restantes hasta completar el décimo piso, es decir, veinticinco apartamentos. Además se colocaron instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas, y se adelantó la realización de acabados hasta el sexto piso.

En la *Figura 4* se puede observar el estado de la edificación al inicio de la supervisión técnica y en la *Figura 5* al final.

¹⁰ Aceite emulsionable de color ámbar, que se utiliza para facilitar el desencofre, la protección de formaletas y un acabado estético, evitando la adherencia de concretos y morteros a las formaletas de aluminio.

¹¹ Filial del Grupo Sika, líder mundial en el desarrollo y comercialización de productos químicos para la construcción y la industria. Fundada en 1910 en Suiza y en Colombia en 1951.



*Figura 5-4. Torre A al inicio del mes de diciembre de 2015.
Fuente: Propia.*



*Figura 5-5. Torre A al final del mes de marzo de 2016.
Fuente: Propia.*

5.1.7. PROBLEMAS PRESENTADOS Y SOLUCIONES IMPLEMENTADAS

Resulta importante resaltar que en las fundiciones de los apartamentos anteriores al mes de diciembre, se presentaron vacíos u hormigueros de gran proporción en los muros, ocasionando que se comprometiera la resistencia de los elementos. Los

vacíos u *hormigueros*¹² se concentraron en los extremos y esquinas de los muros, lugares que se encontraban próximos a los puntos de instalaciones eléctricas y donde había mayor densidad de aceros.



Figura 5-6. Hormiguero sobre el extremo de un muro fundido en el primer piso.
Fuente: HyC Estructural Colombia S.A.S.



Figura 5-7. Hormiguero por congestión de instalaciones eléctricas en el primer piso.
Fuente: HyC Estructural Colombia S.A.S.:

Los defectos constructivos producidos en los meses anteriores al mes de diciembre se subsanaron de acuerdo a las recomendaciones del ingeniero calculista del proyecto, quien determinó cambiar la posición de los aceros con el fin de evitar la acumulación del concreto sobre estos, y para ello dispuso cortar ciertas varillas seleccionadas y anclar nuevas en posiciones adecuadas utilizando adhesivo epóxico *EPCON G5*¹³.

¹² Término definido en *Patologías, Causas y Soluciones del Concreto Arquitectónico en Medellín* como "Exposición del agregado grueso y vacíos irregulares en la superficie del concreto cuando el mortero presente en la mezcla no logra cubrir todo el espacio alrededor de los agregados".

¹³ EPCON G5 es una resina epóxica producida por la compañía Read Head, utilizada para anclajes donde se requiere alta resistencia mecánica.



Básicamente la recomendación consistió en separar longitudinalmente las barras extremas de forma que no se disminuyeran los diez centímetros del ancho de los muros facilitando el flujo del concreto. Y para que la mezcla tuviese mayor fluidez también se acató la recomendación de cambiar el tamaño máximo del agregado pasando de 1/2" a 3/8".

Las medidas implementadas dieron como resultado una disminución considerable en la aparición de hormigueros y vacíos en las esquinas de los muros, garantizando la calidad de la obra. Las fallas, hormigueros y desperfectos que se presentaron durante la fundición de los primeros pisos se repararon conforme avanzó la construcción.

Para los meses posteriores se hará una descripción mes a mes de los problemas encontrados y de las soluciones propuestas.

DICIEMBRE:

- Disminuyeron la cantidad de hormigueros pero se generaron fisuras, grietas y *burbujas*¹⁴ en la superficie de los muros.
- Retrasos en el suministro del concreto que no permitía avanzar de manera fluida con la fundición de los apartamentos.
- Conflictos respecto al acatamiento de las normas de seguridad industrial, ya que, algunos operarios prescinden de la utilización del arnés y otros, lo utilizan de manera inadecuada.

Las burbujas y fisuras pequeñas reemplazaron a los grandes vacíos y hormigueros, aunque estas circunstancias no afectaban tan drásticamente la calidad muros como las anteriores, si representaban un desgaste e incremento de material durante la

¹⁴ Término definido en Patologías, Causas y Soluciones del Concreto Arquitectónico en Medellín como "Pequeña cavidad o poro creado a partir de la acumulación de burbujas de aire y de agua atrapadas entre la cara de la formaleta y el concreto".

realización de acabados, así que se recomendó incrementar la frecuencia y fuerza de golpes de chipote y hacer uso de una varilla lisa con la cual perforar el concreto.



*Figura 5-8. Grieta generada por junta de fundición durante el mes de diciembre.
Fuente: Propia.*



*Figura 5-9. Detalle de porosidad sobre un muro fundido en diciembre.
Fuente: Propia.*

ENERO:

- Porosidad de los muros.
- Inconvenientes con el suministro del concreto.
- Aparición de hormigueros y grietas con exposición de aceros se presentó en menor tamaño y de manera ocasional.
- La no realización de reparaciones en muchos lugares de los primeros pisos, esto ocasionaba que la resistencia de los muros en esas zonas disminuyera aún más con el avance de las fundiciones en los pisos superiores debido al aumento de peso.

Debido a los constantes inconvenientes con el suministro oportuno del concreto, situación que no permitía avanzar de manera fluida con el cronograma de fundición, se realizó un cambio de proveedor el día 14 de enero. Así mismo en este mes debido a que persistieron las burbujas y fisuras en los muros, se modificó la composición del concreto adicionándole *PLASTOL 5000* en una proporción de 0.83L/m^3 y



ACCELGUARD 25 en un proporción de 4.3L/m³, estos aditivos se agregaron como medida adicional para fluidificar un poco más la mezcla y disminuir la aparición de burbujas en la superficie de los muros.

ACCELGUARD 25 es un aditivo base cloruro que combina un acelerante con un reductor de agua para concreto, mejorando las propiedades en estado fresco y endurecido. Permite acelerar y plastificar en una sola operación, dar un fraguado uniforme, reducir el fraguado inicial, aumentar las resistencias iniciales y finales, densificar el concreto y minimizar el sangrado y la segregación.

PLASTOL 5000 es un aditivo a base de policarboxilatos reductor de agua de alto rango. Permite colocar fácilmente concretos de alta resistencia y baja relación agua/cemento, un desencofrado rápido y reducir el tiempo de curado, además incrementa las resistencias últimas a compresión, incrementa la durabilidad, y no tiene cloruros ni agentes corrosivos.

FEBRERO:

- El transporte de formaletas sobre las pasarelas exteriores.
- Discontinuidades sobre las mismas, la elevación de parrillas de acero por los costados de la torre mientras se encuentra personal alrededor.
- Omisión del uso del arnés o su uso inadecuado.



Figura 5-10. Transporte de formaleta por pasarela.
Fuente: Propia.



Figura 5-11. Discontinuidad en el paso.
Fuente: Propia.



Figura 5-12. Operario sin arnés.
Fuente: Propia.

Los problemas presentados en éste mes que comprometían la seguridad de los operarios se buscaron minimizar en compañía del *Inspector SISO*¹⁵, se efectuó un cerramiento de seguridad en el perímetro de la torre con cinta, que pretendió evitar que los operarios transitaran en áreas donde pudiesen caer elementos pesados de los pisos superiores, sin embargo, la medida no tuvo mucha acogida por el personal pues con frecuencia para acortar los pasos rompían la cinta.

¹⁵ Sigla referida al sistema de "Seguridad Industrial y Salud Ocupacional".



Por otro lado, se recomendó que en las discontinuidades que existían sobre las pasarelas elevadas se construyera en obra una formaleta de madera que se ajustará a la forma de los cruces, de manera que a los operarios se les facilitará el tránsito sobre todo cuando llevarán implementos o materiales pesados.

En cuanto al personal que transportaba formaletas por las pasarelas, teniendo en cuenta que estos elementos son pesados y pueden fácilmente propiciar la pérdida del equilibrio y en consecuencia una caída al vacío, se intensificó el control de estas acciones por parte del *Inspector SISO*. Así mismo con la utilización del arnés cuando los operarios trabajaban suspendidos o contiguos a vacíos.

MARZO:

- Problemas relacionados con la administración en obra.
- Mala disposición de los agregados que propiciaba que estos se mezclaran entre sí y se contaminaran con el suelo.
- Acero a la intemperie favoreciendo su corrosión.
- Almacenamiento inadecuado de elementos de fijación de formaletas como cuñas, pasadores y corbatas
- Diseminación de basuras y escombros, fueron los problemas más importantes.

Las medidas tomadas estuvieron enfocadas a la procura del correcto almacenamiento de los insumos de obra, tales como agregados, aceros y aditamentos de los encofrados.

A pesar de todos los problemas generados se resaltan las labores realizadas por los ingenieros encargados de la obra en procura de la calidad, ya que, siendo la



primera de las torres en construirse representa un precedente con el que garantizar que el trabajo en las otras cuatro torres sea más eficiente. En la siguiente imagen es muestra uno de los informes diarios que conformaban los informes mensuales realizados durante la realización de la supervisión técnica:

H y C INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S
Asesoría, Consultoría, Diseño,
Construcción y Supervisión Técnica



SUPERVISION TECNICA ESTRUCTURAL

Proyecto	Torre A Condominio Monserrat
Fecha	9 – FEBRERO
Clima	Soleado

ACTIVIDADES

- Encofrado de los muros y losa del apartamento 901.
- Desencofrado de los muros y losa del apartamento 902.
- Armado, amarre y revisión de la cuantía de aceros de los muros del apartamento 903.
- Curado del primer tramo fundido de la losa superior del parqueadero.
- Armado, amarre y revisión de la cuantía de aceros de un segundo tramo de la losa superior del parqueadero.
- Colocación de casetones en un segundo tramo de la losa superior del parqueadero.

OBSERVACIONES

- Se evidencia una mejora sustancial en la superficie de los muros a excepción de unos problemas de segregación en algunas esquinas.
- Se observaron fisuras en la losa superior del apartamento 902.
- Continúan problemas en las pasarelas exteriores de la torre por discontinuidades.
- Se han efectuado reparaciones en algunos lugares del apartamento 803 en los que se había presentado segregación.

RECOMENDACIONES

- Es importante que los operarios utilicen un punto estable y firme para asegurar el arnés, porque de lo contrario así lo tengan puesto él no puede garantizar su integridad física.

Dirección: Carrera 7A # 17N-66 Popayán. Cel. 3164440058
Email: hycingenieriasas@gmail.com

Figura 5-13: Esquema utilizado en los informes de la supervisión técnica.
Fuente: HyC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S

5.2. PROYECTO VIVIENDA UNIFAMILIAR

Este diseño se constituyó para un proyecto de vivienda de dos pisos ubicado en la Urbanización El Uvo, en la ciudad de Popayán, en él se estableció un sistema estructural de mampostería confinada.

5.2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra en un lote de 72m² localizado en el costado occidente de la ciudad de Popayán, contiguo al barrio Gran Bretaña sobre la Calle 60N # 14 -35.



Figura 5-14. Localización del proyecto.

Fuente: Google maps.

5.2.2. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS

La vivienda consta de dos pisos, tiene 6.0m de ancho y 10.5m de largo, el primer piso cuenta con una altura de 2.50m y el segundo de 2.30m. La distribución arquitectónica está constituida en el primer piso por sala, comedor, cocina, un baño, una alcoba y patio, y en el segundo piso por tres alcobas, dos baños y un estudio.

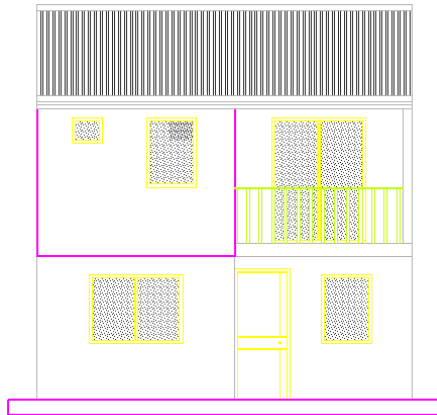


Figura 5-15. Fachada principal.
Fuente: Planos del proyecto.

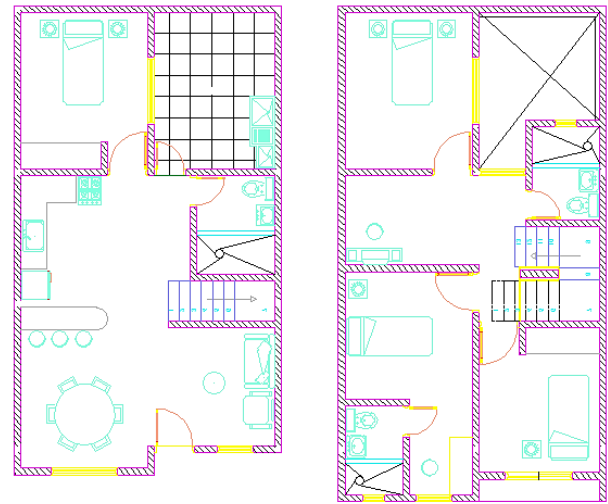


Figura 5-16. Planta del primer y del segundo piso.
Fuente: Planos del proyecto.

5.2.3. CONSIDERACIONES INICIALES

La edificación se diseñó en un sistema de mampostería de muros confinados, clasificado para efectos de diseño sismo resistente, como un sistema con capacidad moderada de disipación de energía (DMO).

Los *muros confinados estructurales*¹⁶ se dispusieron en planta teniendo en cuenta la configuración arquitectónica que se tenía. En el primer nivel se consideraron como muros estructurales aquellos con una longitud mayor a un metro, que presentaban continuidad vertical hasta la losa de entrepiso. Y en el segundo nivel la fracción de muros del primer piso que continuaban hasta la cubierta sin ningún tipo de aberturas.

El espesor para los muros estructurales tanto en el primer piso como en el segundo fue de 15cm. La unidad de mampostería utilizada fue de arcilla maciza (tolete), y se

¹⁶ Según la NSR-10 en E.3.1.1.1. "Se consideran muros estructurales aquellos que resisten las fuerzas horizontales causadas por el sismo, o el viento, además de soportar las cargas verticales, muertas y vivas, en el caso de que constituyan soporte del entrepiso y/o cubierta".



definieron columnetas y vigetas de 0.15x0.25m con 4 barras #3 de refuerzo longitudinal y estribos cerrados #2 espaciados cada 15cm.

Se adoptó una capacidad portante del suelo igual a 0.05MPa. La edificación se clasificó en el grupo de uso I, su coeficiente de importancia fue 1.0 y sus parámetros sísmicos los siguientes:

Tabla 5.1. Fuente: Propia.

PARÁMETROS SÍSMICOS	Aa.....	0.25
	Av.....	0.20
	Fa.....	1.45
	Fv.....	2.00

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

Tabla 5.2. Fuente Propia.

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	Concreto:	$f_c = 21\text{MPa}$
	Acero de refuerzo:	$f_y = 420\text{MPa}$
	Mampostería:	$f_m = 7.8\text{MPa}$
	Mortero de pega:	$f_{cp} = 17.5\text{MPa}$
	Unidad de mampostería:	$f_{cv} = 16\text{MPa}$

Las cargas de entepiso y cubierta estipuladas respectivamente son:

Tabla 5.3. Fuente Propia.

CARGA MUERTA (D)	Peso propio (Losa e=0.12m)	2.88 kN/m ²
	Piso	1.10 kN/m ²
	Muros	3.00 kN/m ²
	Total	6.98 kN/m ²
CARGA VIVA (L)	Residencial	1.80 kN/m ²



Tabla 5.4. Fuente: Propia.

CARGA MUERTA (D)	Teja fibrocemento	0.20 kN/m ²
	Cielo raso	0.25 kN/m ²
	Estructura de soporte	0.15 kN/m ²
	Total	0.60 kN/m ²
Carga viva (L)	Cubierta con pendiente mayor de 15° en estructura metálica.	0.35 kN/m ²

Las cargas de viento se calcularon considerando una velocidad promedio de 120km/h, una rugosidad del terreno tipo B y un factor de ajuste de altura y exposición de 1.47.

Por otro lado las cargas de granizo no se tuvieron en cuenta ya que, el municipio de Popayán está por debajo de 2000msnm con una altitud de 1941msnm.

5.2.4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

El análisis sísmico y control de derivas se llevó a cabo en el programa “Mampos” teniendo en cuenta los siguientes como muros estructurales en ambos pisos:

MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCION X

MURO #	ESPEJOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ABSCISA (m)
1X	0.15	M	6.0	0.1
2X	0.15	M	2.2	3.7
3X	0.15	M	2.8	5.9
4X	0.15	M	2.0	7.1



MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCION Y

MURO #	ESPESOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ABSCISA (m)
1Y	0.15	M	10.0	0.1
2Y	0.15	M	1.0	3.1
3Y	0.15	M	1.0	3.1
4Y	0.15	M	0.5	3.1
5Y	0.15	M	9.5	5.9

Se obtuvieron las siguientes rigideces y excentricidades por piso:

PISO #	S. RIG X (kN/m)	S. RIG Y (kN/m)	S. RIG T (kN/m ²)	EXC X (mts)	EXC Y (mts)
1	951663	2561005	28959428	0.04	4.40
2	264841	1428117	13440670	0.32	4.73

Y en el siguiente resumen de derivas máximas en los ejes estructurales se corrobora el funcionamiento de la estructura, teniendo en cuenta que la deriva máxima en mampostería confinada es de 0.5% de la altura del piso, es decir 11.5mm.

SISMO EN LA DIRECCION X

	MURO #	MURO #	COORD Ycr (mts)	COORD Xcr (mts)	Deriva Xcm (mm)	Derv.Tot. (mm)
PISO 2	4X	5Y	7.13	5.93	0.14	0.24
PISO 1	4X	5Y	7.13	5.93	0.26	0.51

SISMO EN LA DIRECCION Y

	MURO #	MURO #	COORD Ycr (mts)	COORD Xcr (mts)	Deriva Xcm (mm)	Derv.Tot. (mm)
PISO 2	1Y	1X	0.08	0.08	0.03	0.18
PISO 1	1Y	4X	0.08	7.13	0.10	0.21

Finalmente se corroboró el cumplimiento de los esfuerzos admisibles teniendo en cuenta la capacidad del ladrillo macizo de arcilla. Se diseñó un tipo de cimentación corrida para asegurar la transmisión de las cargas de la superestructura al suelo. Las vigas de cimentación se definieron con sección de 0.15x0.25m, 4 barras #4 de acero de refuerzo longitudinal y estribos #3 espaciados cada 20cm.

A continuación se muestran las secciones definidas para la cimentación extraídas de los planos estructurales:

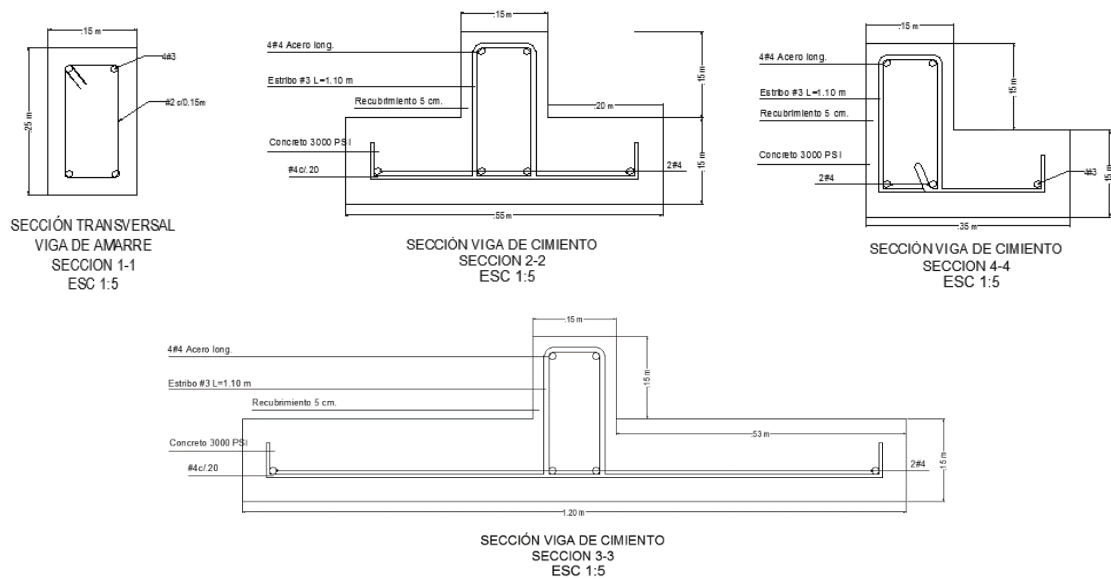


Figura 5-17: Secciones transversales de la cimentación.
Fuente: Planos estructurales.

La losa de entrepiso se estimó utilizando un modelo hiperestático con dos luces de diseño de 2.85m y 2.70m. Y con los resultados obtenidos luego de mayorar las cargas se definió una losa de 12cm de espesor con acero de refuerzo longitudinal en el centro de barras #4 espaciadas cada 20cm en ambas direcciones.

Por último, la cubierta se diseñó utilizando el programa Arquimet 2.0 con perlines Tipo C de sección transversal de 160x60x20 y espesor de 2mm, soportando teja ondulada de fibrocemento.

5.3. PROYECTO RESTAURANTE EL PEÑOL

Este proyecto comprende el diseño estructural para la construcción de un restaurante escolar, ubicado en el corregimiento de La Honda, en el municipio de Almaguer, departamento del Cauca, en él se estableció un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado.

5.3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en el corregimiento La Honda, a 8km en dirección sudeste del casco urbano del municipio de Almaguer en el departamento del Cauca. La Honda tiene una altitud de 2312msnm, pertenece al denominado Macizo Colombiano, catalogado como la fábrica de agua más importante del país, y cuenta con una geografía de alta montaña.



*Figura 5-18. Localización del corregimiento La Honda.
Fuente: Google maps.*

5.3.2. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS

El restaurante cuenta con un solo piso de altura 2.45, tiene 6.85m de ancho y 15.75m de largo. Refiere un área de alimentación de 74.85m², un área de preparación de alimentos de 13.78m², un área de almacenamiento de 2.48m² y un baño.



Figura 5-19. Fachada principal.
Fuente: Planos del proyecto

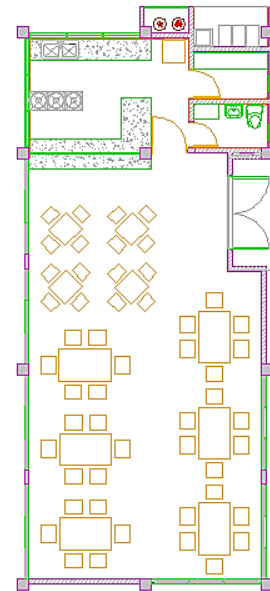


Figura 5-20. Planta del primer piso.
Fuente: Planos del proyecto.

5.3.3. CONSIDERACIONES INICIALES

Aunque la estructura tiene una configuración bastante sencilla que bien podría funcionar en un sistema de mampostería confinada, por su carácter de edificación escolar se ubica dentro del Grupo de uso III, y se diseña como un sistema de pórticos en concreto reforzado, con capacidad especial de disipación de energía (DES), por estar ubicada en una zona de amenaza sísmica alta.

Se utilizó la configuración de columnas propuestas en la *Figura 22* con sección de 0.3x0.3m. Y la necesidad de usar elementos especiales de borde en los límites



verticales entre los muros no estructurales y las columnas se satisfizo con columnetas de 0.15x0.25m, guardando una dilatación de 3cm.

Las cargas en consideración para el diseño se establecieron producto del peso propio de estructura (carga muerta), las cargas debido a su funcionamiento (carga viva), las fuerzas impuestas por la posible ocurrencia de un sismo y las cargas producto de fuerzas naturales como el viento y el granizo. Y la modelación se realizó con el programa de diseño CYPECAD teniendo en cuenta el Capitulo C.21 de la NSR-10, capitulo que contiene las disposiciones especiales para el diseño y detallado de estructuras resistentes a sismos.

Al ser una edificación de un piso solamente se consideraron¹⁷ cargas de cubierta tal y como se describe a continuación:

Tabla 5.5. Fuente: Propia.

Carga muerta (D)	Teja de fibrocemento:	0.20 kN/m ²
	Estructura metálica:	0.50 kN/m ²
	Cielo raso	0.30 kN/m ²
	Granizo	0.50 kN/m ²
	Total:	1.50 kN/m ²
Carga viva (L)	Cubierta con pendiente menor o igual de 15° en estructura metálica.	0.5 kN/m ²

Las cargas de viento se calcularon utilizando el método del procedimiento simplificado enunciado en el titulo B.6 de la NSR-10, considerando una velocidad promedio del viento de 120km/h, y clasificando la estructura dentro de la categoría de exposición C, la cual se da para todos los casos donde no apliquen las categorías

¹⁷ NOTA: Las cargas introducidas en el programa CYPECAD, no incluyen el peso propio de la estructura ya que el programa las calcula por defecto.



B y D. La carga de viento resultante en la dirección X fue de 22.64kN y en la dirección Y de 8.44kN.

Las cargas de granizo si se consideraron en el presente diseño, ya que el municipio de Almaguer tiene una altura promedio de 2312mnsnm y éste tipo de cargas deben tenerse en cuenta en las regiones del país con más de 2000 metros de altura sobre el nivel del mar.

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

Tabla 5.6. Fuente: Propia.

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	Concreto:	$f_c = 21\text{MPa}$
	Acero de refuerzo:	$f_y = 420\text{MPa}$

La edificación se diseñó considerando un coeficiente de importancia igual a 1.25 gracias a que se clasifica en el Grupo de uso III. Y a continuación se enuncian los parámetros sísmicos de acuerdo con el estudio de suelos:

Tabla 5.7. Fuente: Propia.

PARÁMETROS SÍSMICOS	Tipo de Suelo: D	
	Aa.....	0.25
	Av.....	0.25
	Fa.....	1.30
	Fv.....	1.90

Finalmente, siguiendo la recomendación del estudio de suelos en donde la capacidad portante del suelo es de 9.00 Ton/m² se diseñó la cimentación utilizando zapatas corridas.

5.3.4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Utilizando del programa CYPECAD el método de cálculo empleado fue el Análisis dinámico elástico espectral, este análisis es un procedimiento matemático por medio del cual se resuelven las ecuaciones de equilibrio dinámico, mientras las propiedades de rigidez y resistencia de una estructura permanecen dentro del rango de respuesta lineal.

Para la edificación, el espectro de aceleración fue el siguiente:

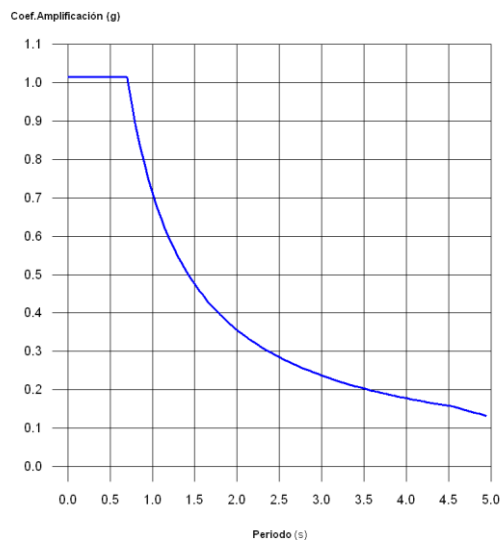


Diagrama 1. Fuente: CYPECAD.

Con un valor máximo de las ordenadas espectrales igual a 1.016g y un periodo fundamental aproximado de 0.11s.

No fue necesario realizar la corrección de cortante basal, el valor dinámico no estaba por debajo del aproximado por fuerza horizontal equivalente.

El centro de masas, centro de rigidez y las excentricidades fueron las siguientes:

Tabla 5.8. Fuente: CYPECAD.

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
Forjado 1	(3.28, 7.94)	(3.28, 8.30)	0.00	-0.36

Y el producto del análisis y control de derivas arrojado por el programa fue el siguiente:

Tabla 5.9. Fuente: Propia.

	mm	(%)	Nivel
Deriva máxima permitida	24.5	1	
Deriva máxima dirección X	6.28	0.26	1
Deriva máxima dirección Y	4.58	0.19	1

Tabla 5.10. Fuente: CYPECAD.

Deriva local máximo de las columnas (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Forjado 1	1 / 4600	1 / 7667	1 / 390	1 / 535

Deriva total máximo de las columnas (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 4600	1 / 7667	1 / 390	1 / 535

Después de efectuar la verificación de derivas se revisaron las comprobaciones hechas por el programa en las vigas y las columnas, y se efectuaron los despieces de los elementos estructurales tratando que resultaran lo más estándar posible, con el fin de facilitar posteriormente el trabajo en obra durante la construcción.

Se consiguió realizar un solo despiece tipo para las columnas y tres tipos para las vigas.

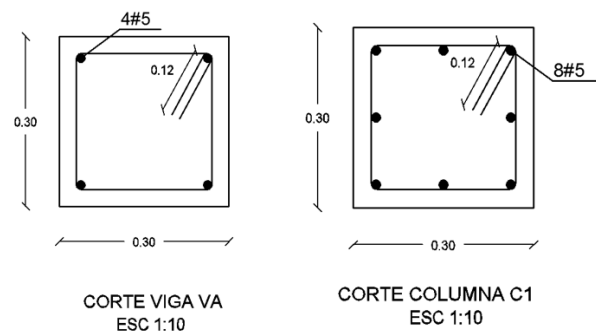


Figura 5-21: Secciones de vigas y columnas.
Fuente: Planos estructurales.

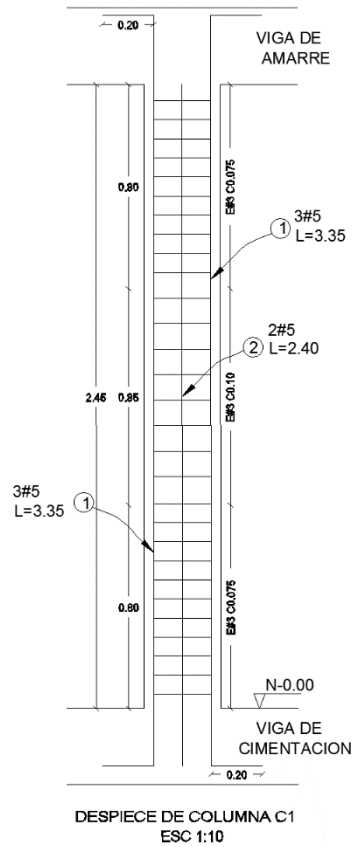


Figura 5-22: Despiece tipo para todas las columnas.
Fuente: Planos estructurales.

Se extrajeron las cargas transmitidas por las columnas al suelo para realizar el diseño de la cimentación, ésta se diseñó como cimentación corrida con forma de “T” invertida teniendo en cuenta la capacidad portante del suelo consignada en el estudio de suelos y utilizando los programas “Trabe2” y “Zapcon”. La viga de cimentación diseñada fue de 0.3x0.3m con 4 barras #5 de acero de refuerzo longitudinal y estribos #3 espaciados cada 20cm. Sólo fue necesario de un tipo de zapata con ancho total de 70cm y ancho de aleta de 20cm, ya que no se contaba con lindero contiguo a la edificación.

La cubierta se diseñó a dos aguas, utilizando perlines de sección transversal de 305x80x25 y espesor de 3mm para salvar las luces grandes, y perlines Tipo C de sección transversal de 160x60x20 de espesor 2mm para soportar la teja ondulada de fibrocemento.

5.4. PROYECTO CENTRO DE ACOPIO

El diseño estructural para la construcción de un Centro de Acopio para El Resguardo Indígena de Vitoncó ubicado en el Municipio de Páez, Departamento del Cauca, contó con dos estructuras dilatadas entre si y diseñadas con sistemas estructurales distintos, una con un área de 63.7m² diseñada en mampostería confinada y otra con área de 718.62m² en un sistema combinado.

5.4.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Resguardo indígena de Vitoncó se encuentra situado en el sur occidente de Colombia en el lado oriental de la cordillera Central de los Andes, al nororiente del departamento del Cauca y al norte del Municipio de Páez.

Fue creado en el año de 1702 por el cacique Juan Tama de Estrella Calambas, se caracteriza por tener un clima frío y templado con una temperatura 16 °C a 22 °C, su topografía es faldosa y pendiente, y su altitud media es de 1800msnm.



Figura 5-23. Localización del Resguardo de Vitoncó.

Fuente: Google maps.

5.4.2. BODEGAS

5.4.2.1. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS

La edificación cuenta con un sólo piso de altura de 3.3m, define tres áreas de bodegas contiguas ubicadas en el costado superior derecho de la estructura diseñada en pórticos de concreto reforzado y se muestra en la *Figura 5-27*.



5.4.2.2. CONSIDERACIONES INICIALES

Se estableció un sistema estructural de mampostería confinada con capacidad moderada de disipación de energía (DMO), usando en vigas y columnas de confinamiento.

Al ser una estructura de un solo piso sin aberturas, se modelaron como muros estructurales a los descritos en la *Figura 5-27* en toda su extensión y altura, y con un espesor de 15cm.

La unidad de mampostería utilizada fue de arcilla maciza (tolete), y se definieron columnetas y vigetas de 0.15x0.25m con 4 barras #3 de refuerzo longitudinal y estribos cerrados #2 espaciados cada 15cm.

Los materiales y cargas utilizadas respectivamente fueron las siguientes:

Tabla 5.11. Fuente Propia.

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	Concreto:	$f_c = 21\text{MPa}$
	Acero de refuerzo:	$f_y = 420\text{MPa}$
	Mampostería:	$f_m = 7.8\text{MPa}$
	Mortero de pega:	$f_{cp} = 17.5\text{MPa}$
	Unidad de mampostería:	$f_{cv} = 16\text{MPa}$

Tabla 5.12. Fuente: Propia.

CARGA MUERTA (D)	Teja fibrocemento	0.20 kN/m ²
	Cielo raso	0.25 kN/m ²
	Estructura de soporte	0.15 kN/m ²
	Total	0.60 kN/m ²
Carga viva (L)	Cubierta con pendiente mayor de 15° en estructura metálica.	0.35 kN/m ²

Para el diseño de la cimentación se tuvieron en cuenta los parámetros establecidos por el estudio de suelos, en el cual prevalece un tipo de suelo D con capacidad admisible de 23.8Tn/m² y los siguientes parámetros sísmicos:



Tabla 5.13. Fuente: Propia.

PARÁMETROS SÍSMICOS	Tipo de Suelo: D	
	Aa.....	0.25
	Av.....	0.20
	Fa.....	1.20
	Fv.....	2.00

Además las cargas de viento se calcularon considerando una velocidad promedio de 120km/h con una rugosidad del terreno tipo C.Y las cargas de granizo no se tuvieron en cuenta ya que, la altitud del Resguardo indígena de Vitoncó no supera los 2000msnm.

5.4.2.3. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

El análisis de la estructura se realizó con ayuda del programa “Mampos” y los muros considerados como estructurales fueron los descritos a continuación:

MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCION X

MURO #	ESPESOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ABSCISA (m)
1X	0.15	M	5.5	4.9
2X	0.15	M	2.8	1.1
3X	0.15	M	2.8	0.6
4X	0.15	M	1.9	0.2
5X	0.15	M	1.6	0.2
6X	0.15	M	1.9	0.4
7X	0.15	M	2.1	0.6
8X	0.15	M	1.9	0.8
9X	0.15	M	1.1	0.2

MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCION Y

MURO #	ESPESOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ORDENADA (m)
1Y	0.15	M	3.7	0.1
2Y	0.15	M	4.6	5.5



3Y	0.15	M	4.6	10.9
4Y	0.15	M	1.8	15.6
5Y	0.15	M	1.8	15.8

Se obtuvieron las siguientes rigideces y excentricidades por piso:

PISO #	S. RIG X (kN/m)	S. RIG Y (kN/m)	S. RIG T (kN/m ²)	EXC X (mts)	EXC Y (mts)
1	341884	357509	9553012	1.54	-0.49

Y en el siguiente resumen de derivas máximas en los ejes estructurales se corrobora el funcionamiento de la estructura, teniendo en cuenta que la deriva máxima en mampostería confinada es de 0.5% de la altura del piso, es decir 19mm.

SISMO EN LA DIRECCION X

	MURO #	MURO #	COORD Ycr (mts)	COORD Xcr (mts)	Deriva Xcm (mm)	Derv.Tot. (mm)
PISO 1	7X	2Y	0.55	5.45	0.12	0.13

SISMO EN LA DIRECCION Y

	MURO #	MURO #	COORD Ycr (mts)	COORD Xcr (mts)	Deriva Xcm (mm)	Derv.Tot. (mm)
PISO 1	5Y	5X	15.80	0.17	0.12	0.18

Se corroboró además el cumplimiento de los esfuerzos admisibles teniendo en cuenta que la capacidad del ladrillo macizo de arcilla a cortante. Y la *Figura 5-24* se muestra una imagen de la planta de muros estructurales extraída de los planos estructurales elaborados.

La cimentación se diseñó tipo cimentación corrida con forma de “T” invertida, con vigas de cimentación con sección de 0.25x0.3m con 4 barras #4 de acero de refuerzo longitudinal y estribos #3 espaciados a 20cm, y se dispusieron de dos tipos de zapatas con ancho de 55 y 65cm. Finalmente, en la cubierta se utilizaron cajones de sección transversal de 160x60x20 de espesor 1.5mm arriostrados con tensores de barras #3 cada L/2.

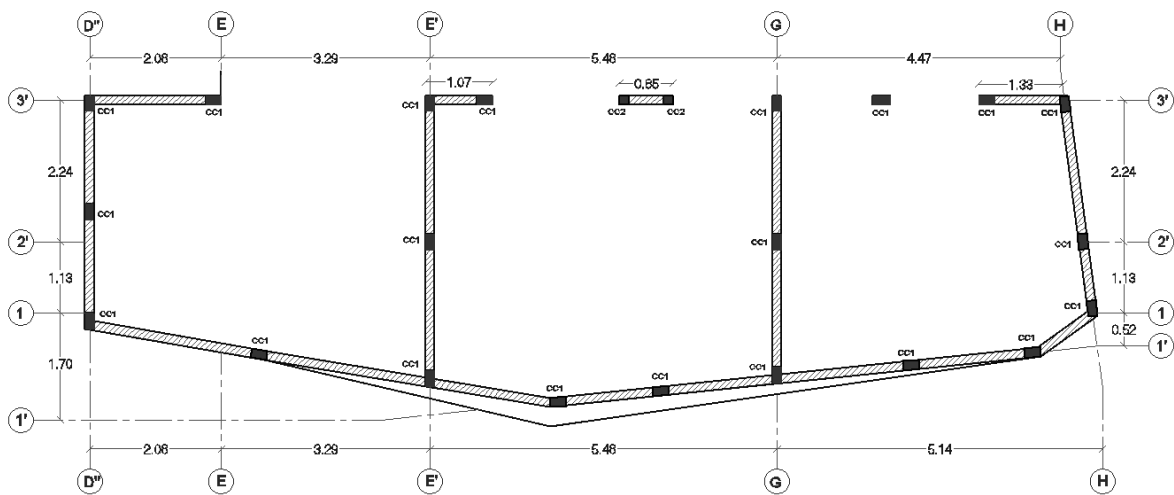


Figura 5-24: Planta de muros estructurales.
Fuente: planos estructurales.

5.4.3. CENTRO DE ACOPIO

5.4.3.1. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS

La estructura aporricada cuenta con dos pisos y un mezzanine, el primer piso tiene una altura de 4.90m, el segundo de 2.54m y el mezzanine se encuentra entre el primer y segundo piso a un nivel de +2.50.

El primer piso de la estructura aporcada tiene seis baterías sanitarias, una cocineta, un cuarto frío, un cuarto de aseo y áreas de tráfico y almacenamiento. El mezzanine, descrito en la *Figura 5-26* cuenta con tres baños, tres oficinas y un tanque de almacenamiento de agua. Y el segundo piso cuenta con una cafetería, un local comercial y un área de almacenamiento con área de 91.54m².

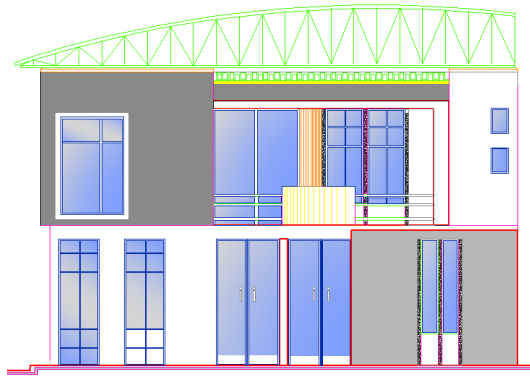


Figura 5-25. Fachada principal.
Fuente: Planos del proyecto.

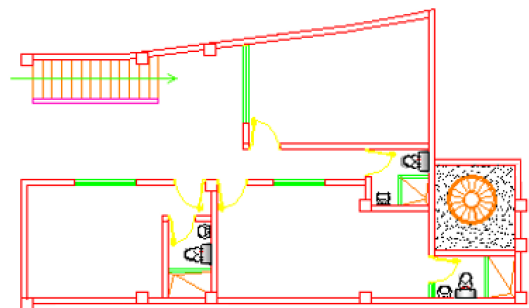


Figura 5-26. Planta del Mezzanine.
Fuente: Planos del proyecto.

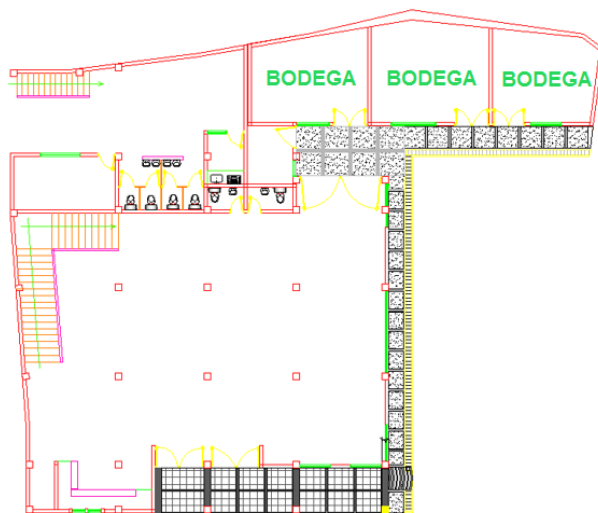


Figura 5-27. Planta del primer piso.
Fuente: Planos del proyecto.

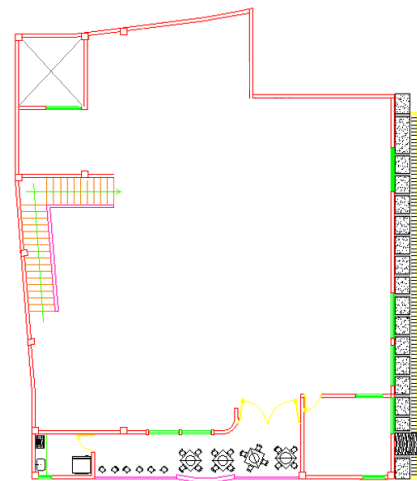


Figura 5-28. Planta del segundo piso.
Fuente: Planos del proyecto.



5.4.3.2. CONSIDERACIONES INICIALES

Se dispusieron de 39 columnas de sección transversal de 0.3x0.3m, vigas de 0.3x0.3m y tres muros estructurales con un espesor de 15cm soportando el mezzanine, para rigidizar y dar cumplimiento a la deriva máxima de 1% exigida por la NSR-10.

La modelación de ésta edificación se realizó con CYPECAD teniendo en cuenta los materiales y cargas de entrepiso y cubierta mostradas a continuación:

Tabla 5.14. Fuente: Propia.

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	Concreto:	$f'c = 21\text{MPa}$
	Acero de refuerzo:	$f_y = 420\text{MPa}$

Tabla 5.15. Fuente Propia.

CARGA MUERTA (D)	Peso propio (Losa aligerada)	2.80 kN/m ²
	Piso	1.10 kN/m ²
	Cielo raso	0.35 kN/m ²
	Total	4.25 kN/m ²
CARGA VIVA (L)	Almacenamiento	6.00 kN/m ²

Tabla 5.16. Fuente: Propia.

CARGA MUERTA (D)	Teja fibrocemento	0.20 kN/m ²
	Estructura metálica	0.20 kN/m ²
	Cielo raso	0.30 kN/m ²
	Total	0.70 kN/m ²
Carga viva (L)	Cubierta con pendiente menor o igual de 15° en estructura metálica.	0.50 kN/m ²

Para el diseño de la edificación se tuvieron en cuenta los mismos parámetros sísmicos utilizados en el diseño de las bodegas, también se consideró una velocidad promedio de 120km/h, una rugosidad del terreno tipo C, y se descartaron las cargas de granizo.

5.4.3.3. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

La estructura diseñada en pórticos de concreto reforzado con CYPECAD arrojó el siguiente espectro elástico utilizando el método del análisis dinámico elástico espectral:

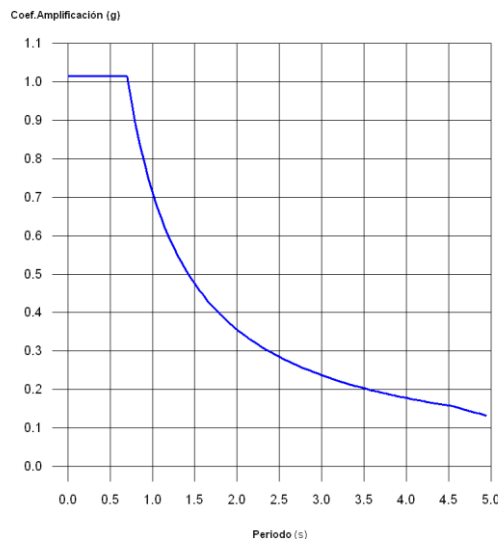


Diagrama 2. Fuente: CYPECAD.

Con un valor máximo de las ordenadas espectrales igual a 0.894g y definiendo un periodo fundamental aproximado de 0.29s.

Ya que se cumplió la condición de cortante basal mínimo los parámetros de respuesta dinámica no se ajustaron multiplicando por ningún factor de modificación.

Adicionalmente, el centro de masas, centro de rigidez y las excentricidades calculadas se reportan a continuación:

Tabla 5.17. Fuente: CYPECAD.

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
Cubierta	(7.55, 10.81)	(8.23, 9.40)	-0.68	1.41



Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e _x (m)	e _y (m)
Forjado 2	(8.38, 10.22)	(7.28, 3.75)	1.11	6.47
Mezzanine	(6.52, 3.29)	(6.11, 3.21)	0.41	0.08

Y el producto del análisis y control de derivas fue el siguiente:

Tabla 5.18. Fuente: Propia.

	mm	(%)	Nivel
Deriva máxima permitida	25	1	
Deriva máxima dirección X	8.83	0.35	3
Deriva máxima dirección Y	17.12	0.68	2

Tabla 5.19. Fuente: CYPECAD.

Deriva local máximo de las columnas (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Cubierta	1 / 8467	1 / 5080	1 / 283	1 / 318
Forjado 2	1 / 5550	1 / 2220	1 / 377	1 / 146
Mezzanine	1 / 5040	1 / 2520	1 / 548	1 / 164

Deriva total máximo de las columnas (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	1 / 3950	1 / 400	1 / 181

Después de efectuar la verificación de derivas se revisaron las comprobaciones hechas por el programa en las vigas y las columnas, y se efectuaron los despieces consiguiendo realizar seis columnas tipo.

La viga de cimentación diseñada fue de 0.3x0.4m con 6 barras #4 de acero de refuerzo longitudinal y estribos #3 espaciados a 20cm. La cimentación de la

edificación aporricada también se diseñó como una retícula de zapatas corridas, pero en la zona del mezzanine se incluyó una losa cimentación. Para el dimensionamiento se utilizaron los programas de “Trabe2” y “Zapcon” para la cimentación de longitud infinita, y “Zap2” y “Grazap” para el tramo con losa de cimentación. Como se tenía próximo el lindero se dispusieron de dos zapatas tipo, una con un ancho de 1.0m y la otra con un ancho de 1.20m. La losa de cimentación se determinó con un espesor de 15cm con un recubrimiento de 10cm sobre el suelo y con acero longitudinal #5 espaciado cada 15cm en dos direcciones.

En la edificación definió una losa maciza para el mezzanine con espesor de 15cm, recubrimiento de 4cm y con acero de refuerzo longitudinal de barras #4 espaciadas cada 25cm en ambas direcciones. Mientras que para la losa del segundo piso se diseñó una losa aligerada con nervios de espesor de 12cm y casetones tipo de 55cm en guadua.

Los muros de concreto reforzado que se dispusieron para garantizar la rigidez necesaria cuentan en su mayoría con parillas de acero #4 y se detallan a continuación:

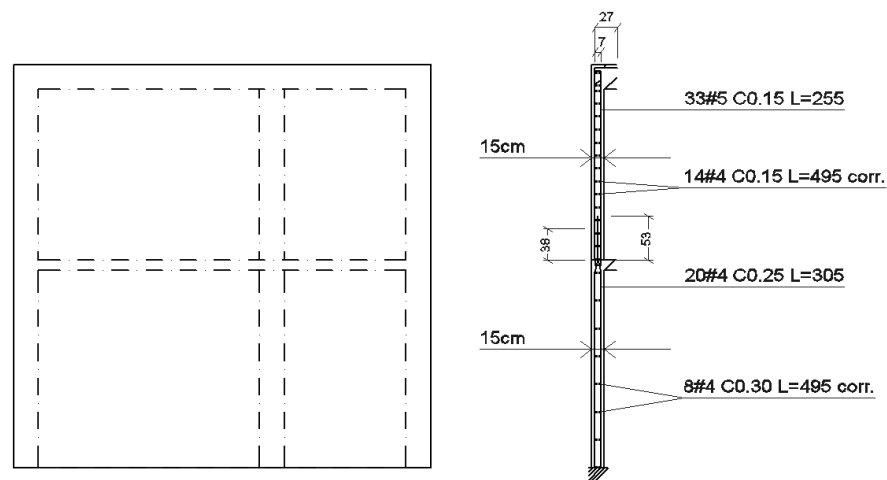


Figura 5-29: Despiece de muro estructural M1.
Fuente: Planos estructurales.

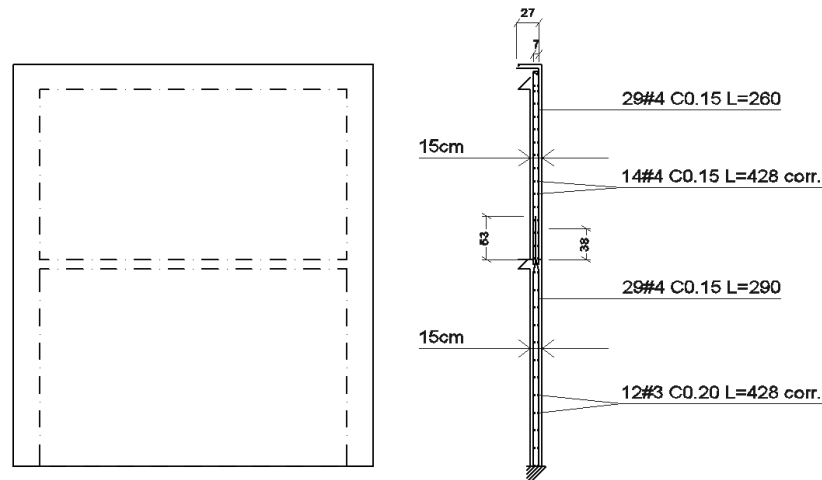


Figura 5-30: Despiece de muro estructural M2.
Fuente: Planos Estructurales.

Las cubierta se diseñó en Arquimet 2.0 empleando perlines Tipo C con sección transversal de 120x60x15 y espesor de 3mm, soportados sobre cerchas conformadas con cajones de 100x50x15 (e=2.0mm) en la celosía y 120x60x15 (e=2.0mm) en el cordón superior e inferior.

5.5. PROYECTO PUESTO DE SALUD

El puesto de salud de un solo piso para El Resguardo de Tóez ubicado en el municipio de Páez, Departamento del Cauca, se estableció con un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado, usando una sección de 0.3x0.3m para vigas y columnas.

5.5.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Resguardo indígena de Tóez se encuentra a 22 kilómetros delante de la cabecera municipal de Páez, tomándose la vía que bordeando el cauce del Río Páez, aguas arriba, conduce desde Inzá a Belalcázar.

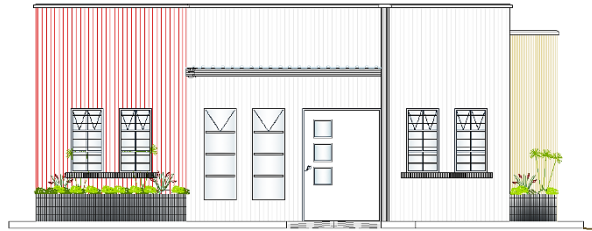
Está ubicado en una topografía de nudos montañosos y profundos cañones, debido a la influencia del Nevado del Huila cuenta con una temperatura promedio de 17°C, y su altitud media es de 1380msnm.



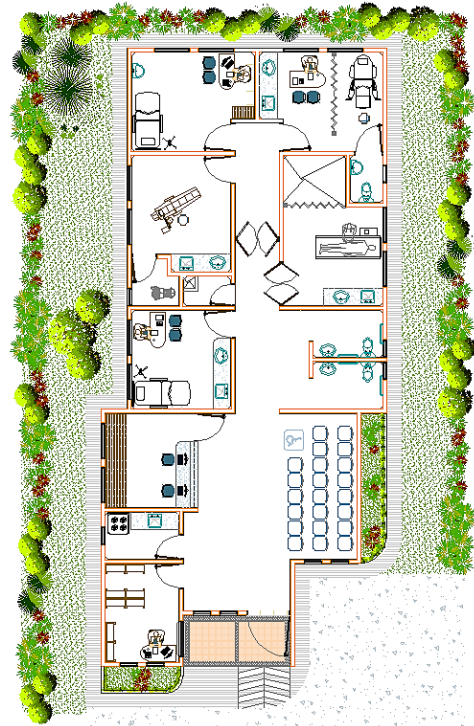
*Figura 5-31. Localización del Resguardo de Tóez.
Fuente: Google maps.*

5.5.2. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS

El puesto de salud consta de un solo piso con altura de 2.6m, y la distribución arquitectónica que resuelve la estructura se puede observar en la *Figura 5-33*. Los muros no estructurales cuentan con un espesor de 15cm con ladrillos puestos en soga y las puertas con una abertura mínima de 95cm.



*Figura 5-32. Fachada principal.
Fuente: Planos del proyecto.*



*Figura 5-33. Planta del primer piso.
Fuente: Planos del proyecto.*

5.5.3. CONSIDERACIONES INICIALES

Debido a su carácter de “Edificación de atención a la comunidad” por ser una estructura indispensable después de la ocurrencia de un sismo para atender la emergencia y preservar la salud y seguridad de las personas, se clasifica dentro del Grupo de uso III asignándole un coeficiente de importancia de 1.25 y diseñándose con un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado con capacidad especial de disipación de energía (DES).

Los pórticos se conformaron con vigas y columnas con sección de 0.3x0.3m y en la edificación se emplearon elementos especiales de borde con sección de 0.15x0.25m, guardando una dilatación de 3cm.



La modelación se efectuó con CYPECAD teniendo en cuenta los materiales y cargas de cubierta que se exponen a continuación:

Tabla 5.20. Fuente: Propia.

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	Concreto:	$f'c = 21\text{MPa}$
	Acero de refuerzo:	$f_y = 420\text{MPa}$

Tabla 5.21. Fuente: Propia.

Carga muerta (D)	Teja de fibrocemento:	0.25 kN/m ²
	Perfiles metálicos de soporte	0.15 kN/m ²
	Vigas metálicas de soporte	0.20 kN/m ²
	Cielo raso	0.40 kN/m ²
	Total:	1.00 kN/m ²
Carga viva (L)	Cubierta con pendiente menor o igual de 15° en estructura metálica.	0.5 kN/m ²

Las cargas de viento se calcularon utilizando el método del procedimiento simplificado enunciado para la región 4 considerando una velocidad promedio del viento de 120km/h, y clasificando la estructura dentro de la categoría de exposición B.

Las cargas de granizo no se consideraron en el presente diseño, ya que el Resguardo de Tóez se encuentra a una altitud de 1380msnm. Y a continuación se enuncian los parámetros sísmicos de acuerdo con el estudio de suelos:

Tabla 5.22. Fuente: Propia.

PARÁMETROS SÍSMICOS	Tipo de Suelo: D	
	Aa.....	0.25
	Av.....	0.25
	Fa.....	1.30
	Fv.....	2.00

Finalmente, siguiendo la recomendación del estudio de suelos en donde la capacidad portante del suelo es de 10.7 Ton/m^2 se diseñó la cimentación utilizando zapatas corridas.

5.5.4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

El análisis de la estructura llevado a cabo en el programa CYPECAD contó con el siguiente espectro elástico de aceleraciones:

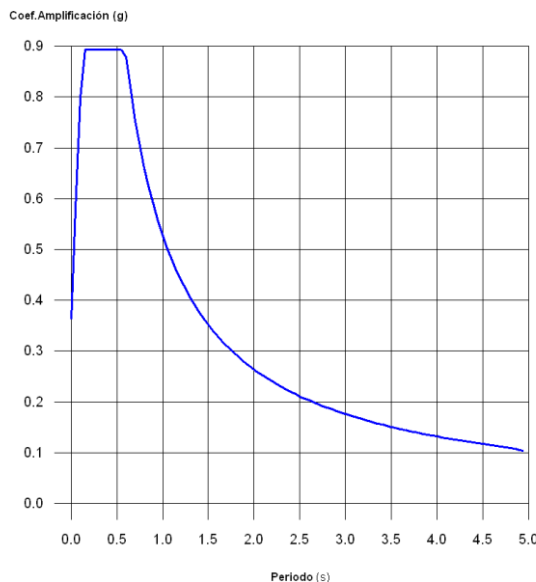


Diagrama 3. Fuente: CYPECAD.

Con un valor máximo de las ordenadas espectrales igual a $0.894g$ y definiendo un periodo fundamental aproximado de $0.11s$.

No fue necesario realizar la corrección de cortante basal, el valor dinámico no estaba por debajo del aproximado por fuerza horizontal equivalente.

El centro de masas, centro de rigidez y las excentricidades calculadas con ayuda del programa se exponen a continuación:

Tabla 5.23. Fuente: CYPECAD.

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
Forjado 1	(10.32, 4.77)	(9.96, 4.89)	0.36	-0.12



Y el producto del análisis y control de derivas obtenido fue el siguiente:

Tabla 5.24. Fuente: Propia.

	mm	(%)	Nivel
Deriva máxima permitida	26.0	1	
Deriva máxima dirección X	2.44	0.09	1
Deriva máxima dirección Y	3.29	0.13	1

Tabla 5.25. Fuente: CYPECAD.

Deriva local máximo de las columnas (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Forjado 1	-----	-----	1 / 1066	1 / 791

Deriva total máximo de las columnas (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
-----	-----	1 / 1066	1 / 791

Cómo se cumplió con los requisitos mínimos exigidos en el reglamento NSR-10, se verificaron las comprobaciones realizadas por el programa de diseño en las vigas y en las columnas para conferirles acero conforme a la solicitud.

La cimentación se diseñó como una retícula de zapatas corridas utilizando los programas de "Trabe2" y "Zapcon". Teniendo en cuenta una capacidad portante de 10.7Ton/m² se diseñó la viga de cimentación con una sección transversal de 0.3x0.4m con 6 barras #4 de acero de refuerzo longitudinal y estribos #3 espaciados cada 15cm. Como no se tenía próximo el lindero se dispuso de un solo ancho de zapata de 80cm.

El diseño de la cubierta se efectuó utilizando dos secciones, un perlin Tipo C con sección de 120x60x15 y espesor de 2.5mm arriostrado cada L/2 y cajones de sección transversal de 120x60x20 y espesor de 2.5mm.

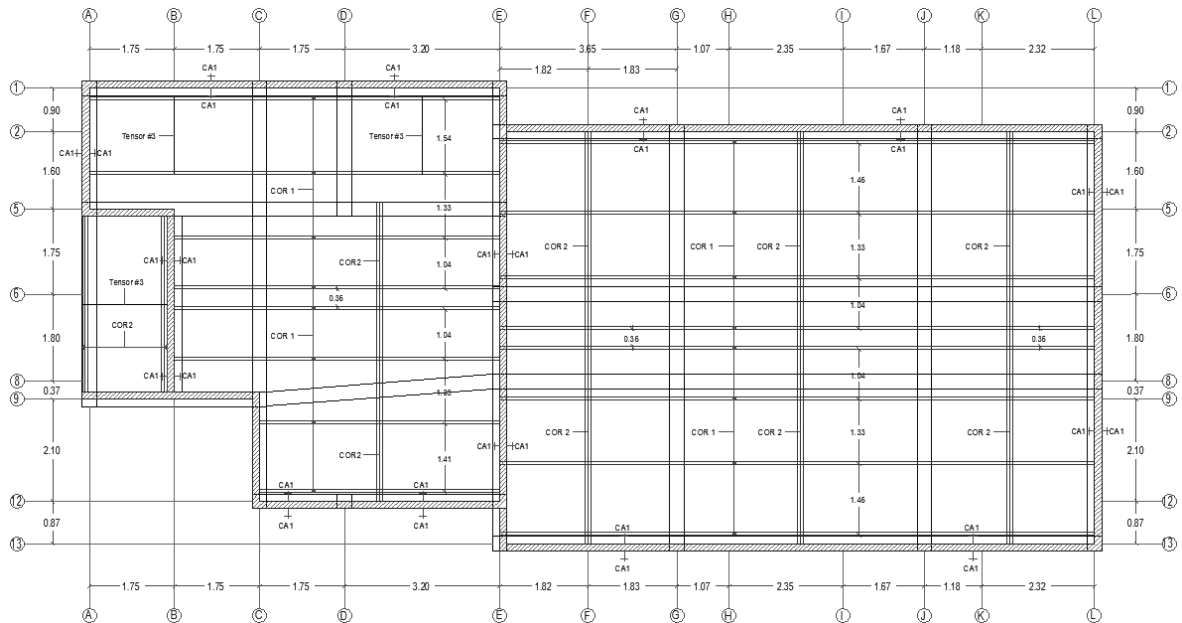


Figura 5-34: Planta de elementos de cubierta.
Fuente: Planos estructurales.

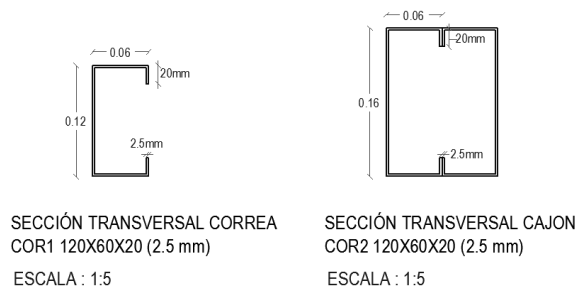


Figura 5-35: Secciones de perlines utilizados en cubierta.
Fuente: Planos estructurales.

5.6. PROYECTO APARTA-ESTUDIOS

El siguiente diseño estructural fue concebido para la construcción de un edificio de aparta-estudios de cuatro pisos, ubicado en la ciudad de Popayán, Departamento del Cauca, en él se estableció un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado.

5.6.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El edificio se encuentra localizado en el barrio Pomona, en el costado sur del Rio Molino, sobre la calle 21N con Carrera 3, cerca al colegio Liceo Nacional Alejandro Humboldt y el conjunto residencial Campo Real.



Figura 5-36. Localización del proyecto.

Fuente: Google maps.

5.6.2. ESQUEMAS ARQUITECTONICOS

Cada uno de los pisos tiene una altura de 2.52m. En el primer piso de la edificación se tiene un solo apartamento con sala, comedor, cocina, un baño, dos habitaciones y un patio, y en los pisos restantes la configuración arquitectónica indica dos aparta-estudios, cada uno de estos con una cocineta, un baño y una habitación.

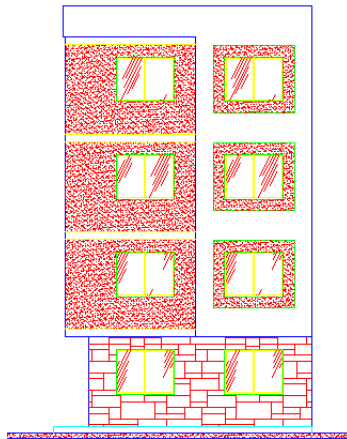


Figura 5-37. Fachada principal.

Fuente: Planos del proyecto.

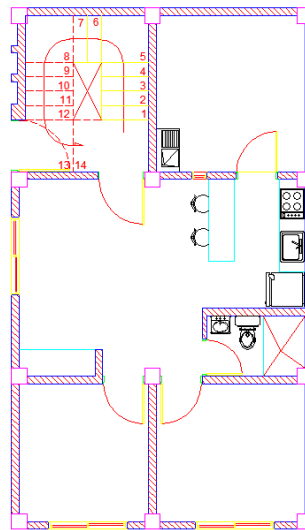


Figura 5-38. Planta del piso 1.

Fuente: Planos del proyecto.

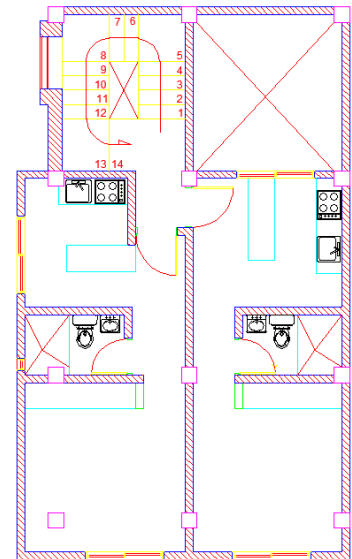


Figura 5-39. Planta tipo de los pisos 2, 3 y 4.

Fuente: Planos del proyecto.

5.6.3. CONSIDERACIONES INICIALES

La edificación se diseñó en un sistema de pórticos en concreto reforzado, con capacidad especial de disipación de energía (DES) por estar en una zona de amenaza sísmica alta, con la configuración de columnas establecidas en el diseño arquitectónico mostrado en la *Figura 33* y la *Figura 34*, con sección para vigas y columnas de 0.3x0.3m y elementos de borde de 0.15x0.25m dilatados a 3cm.

El análisis estructural se efectuó con el programa CYPECAD teniendo en cuenta los siguientes materiales y cargas para entrepiso y cubierta:

Tabla 5.26. Fuente: Propia.

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	Concreto:	$f'_c = 21\text{MPa}$
	Acero de refuerzo:	$f_y = 420\text{MPa}$



Tabla 5.27. Fuente Propia.

CARGA MUERTA (D)	Peso propio (Losa e=0.15m)	3.60 kN/m ²
	Piso	1.10 kN/m ²
	Muros	3.00 kN/m ²
	Total	7.70 kN/m ²
CARGA VIVA (L)	Residencial	1.80 kN/m ²

Tabla 5.28. Fuente: Propia.

CARGA MUERTA (D)	Teja	0.20 kN/m ²
	Estructura metálica	0.20 kN/m ²
	Cielo raso	0.30 kN/m ²
	Total	0.70 kN/m ²
Carga viva (L)	Cubierta con pendiente menor o igual de 15° en estructura metálica.	0.50 kN/m ²

Las cargas de viento se calcularon considerando una velocidad promedio del viento de 120km/h, y clasificando la estructura dentro de la categoría de exposición B. Por otro lado, las cargas de granizo no se consideraron en el presente diseño, ya que la ciudad de Popayán tiene una altitud media de 1760msnm.

La edificación se diseñó con un coeficiente de importancia igual a 1.00, y la cimentación se diseñó de acuerdo a la capacidad portante reportada en el estudio de suelos de 12Ton/m². A continuación se enuncian los parámetros sísmicos de acuerdo con el estudio de suelos:

Tabla 5.29. Fuente: Propia.

PARÁMETROS SÍSMICOS	Tipo de Suelo: D	
	Aa.....	0.25
	Av.....	0.20
	Fa.....	1.30
	Fv.....	2.00

5.6.4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

El espectro elástico de diseño que se utilizó para el diseño estructural en el programa CYPECAD fue el siguiente:

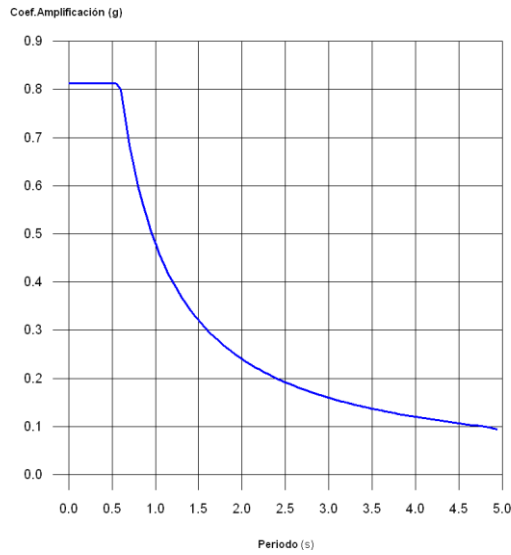


Diagrama 4. Fuente: CYPECAD.

En este se define un valor máximo de las ordenadas espectrales igual a 0.812g y un periodo fundamental aproximado de 0.38s.

No fue necesario realizar la corrección de cortante basal, el valor dinámico no estaba por debajo del aproximado por fuerza horizontal equivalente.

El centro de masas, centro de rigidez y las excentricidades hallados en cada uno de los pisos se exponen a continuación:

Tabla 5.30. Fuente: CYPECAD.

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	ex (m)	ey (m)
Cubierta	(2.30, 4.49)	(2.68, 4.78)	-0.37	-0.28
Piso 3	(2.41, 3.81)	(2.68, 4.78)	-0.26	-0.97
Piso 2	(2.40, 3.83)	(2.68, 4.78)	-0.28	-0.94
Piso 1	(2.40, 3.83)	(2.68, 4.78)	-0.28	-0.94

El producto del análisis y control de derivas en el resumen realizado con las máximas, y las tablas de resultados arrojadas por el programa, se muestran respectivamente a continuación:



Tabla 5.31. Fuente: Propia.

	mm	(%)	Nivel
Deriva máxima permitida	24.5	1	
Deriva máxima dirección X	19.05	0.75	2
Deriva máxima dirección Y	16.00	0.63	2

Tabla 5.32. Fuente: CYPECAD.

Deriva local máximo de las columnas (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Cubierta	1 / 6300	----	1 / 297	1 / 332
Piso 3	1 / 4200	1 / 8400	1 / 187	1 / 220
Piso 2	1 / 3150	1 / 6300	1 / 133	1 / 158
Piso 1	1 / 3386	1 / 7900	1 / 144	1 / 177

Deriva total máximo de las columnas (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 4138	1 / 7639	1 / 174	1 / 207

Luego de efectuar la verificación de derivas se revisaron las comprobaciones hechas por el programa en vigas y columnas, y se efectuaron los despieces de los elementos estructurales.

La cimentación se diseñó de longitud infinita con ayuda de los programas “Trabe2” y “Zapcon”. En éste diseño la viga de cimentación se dimensionó de 0.4x0.3m con 6 barras #4 de acero de refuerzo longitudinal y estribos #3 espaciados a 15cm. Se dispusieron dos zapatas tipo debido a la cercanía de las edificaciones aledañas, una con ancho total de 80cm y otra de 75cm.

La cubierta se diseñó a dos aguas, utilizando solo perlines tipo C con sección transversal de 120x60x15 y espesor de 2.5mm soportando teja fibromath forte. Finalmente, también se diseñaron las escaleras tipo del edificio para cada piso y se muestran a continuación:

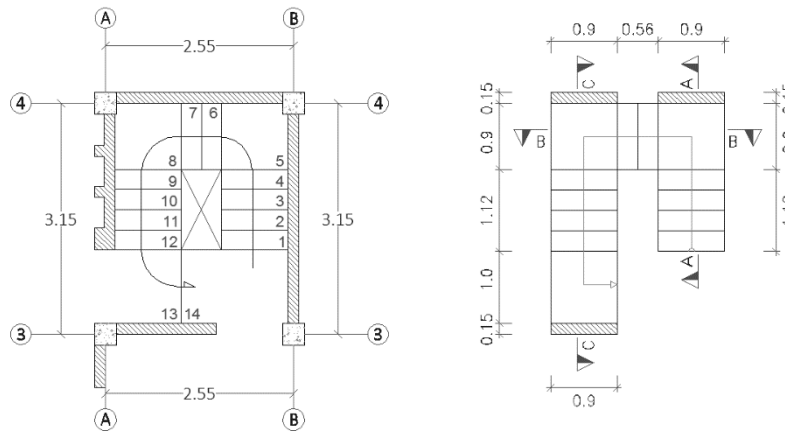


Figura 5-40: Planta arquitectónica de escaleras.
 Fuente: Planos estructurales.

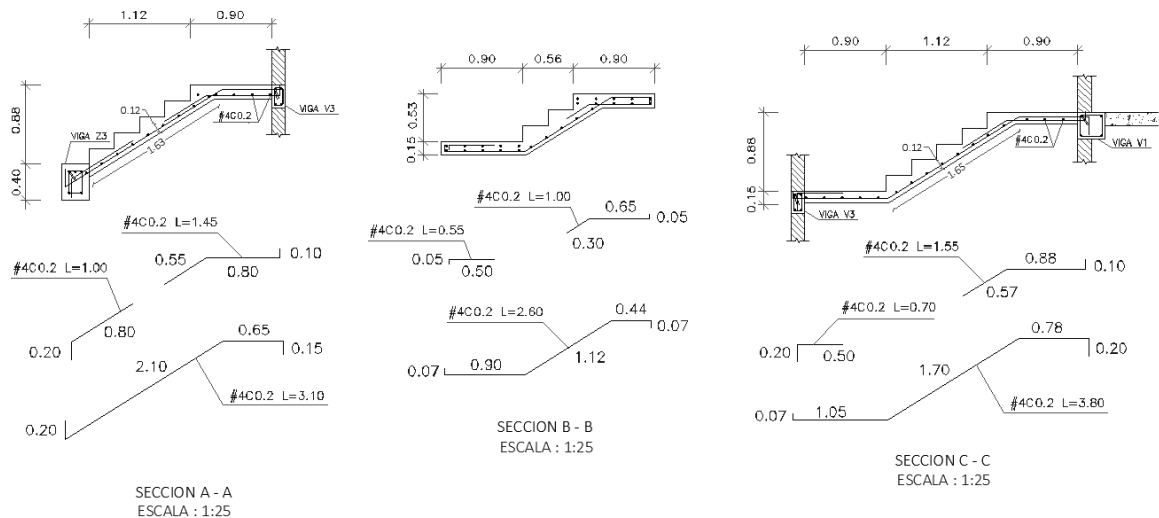


Figura 5-41: Cortes estructurales.
 Fuente: Planos estructurales.



6. EXPERIENCIA ADQUIRIDA

El ejercicio de la práctica profesional en HyC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S permitió profundizar en los métodos de diseño de los sistemas de mampostería confinada, pórticos en concreto reforzado y sistemas combinados, según las normas establecidas por El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Fue importante la realización de ésta práctica profesional ya que, el trabajo realizado en oficina y las visitas de supervisión técnica efectuadas en obra, permitieron contrastar los conocimientos adquiridos en la academia respecto a los procesos de construcción y al análisis de estructuras.

La continua revisión e interpretación de planos efectuada durante la práctica profesional requirió de gran habilidad para detectar errores antes de emprender el proceso de modelación estructural, y permitió entender la importancia de ceñirse a los diseños arquitectónicos. Por otra parte, la interpretación de estudios de suelos fue de vital importancia para el diseño estructural de todas las edificaciones, ya que, estos parámetros son la base del análisis sísmico.

La realización de la supervisión estructural en compañía del ingeniero Carlos Ariel Hurtado, permitió establecer soluciones en cuanto a los riesgos de seguridad industrial, falencias en la calidad de la estructura y optimización de procesos.

El contacto permanente entre el pasante y el grupo de trabajo en oficina permitió que los objetivos propuestos se cumplieran a cabalidad, y además produjo una experiencia gratificante por los nuevos conocimientos adquiridos en el campo del diseño.



7. ANÁLISIS DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS

La supervisión realizada durante la práctica profesional fue una experiencia muy enriquecedora, ya que permitió la adquisición de nuevos conocimientos relacionados con los procesos cotidianos de la ingeniería, la adecuada realización de estos y las prácticas a desarrollar según el caso.

La labor realizada en el condominio también contribuyó a tener claridad sobre la importancia de un diseño estructural acorde de las condiciones en obra, determinando que cosas se pueden trasladar fácilmente de los diseños a la realidad y en donde se pueden presentar problemas.

Cada uno de los proyectos en los que se participó contribuyó a afianzar conocimientos y habilidades, proporcionó conocimientos nuevos y experiencia en diferentes programas de diseño. El proyecto de vivienda unifamiliar, que fue el primer proyecto de diseño con el que se inició la pasantía, aportó destreza en el manejo de Autocad partiendo de los conocimientos básicos con los que ya se contaban, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo óptimo del proyecto.

Por otra parte, éste mismo proyecto requirió del aprendizaje del procedimiento de diseño en el sistema de mampostería confinada, método que era ajeno al pasante y en el que tuvo que documentarse.

El proyecto del Restaurante EL Peñol fue el primero con el que se empleó el programa de diseño CYPECAD, en éste fueron de vital importancia los conocimientos con los que se contaban del método de diseño de estructuras aporricadas. Poco a poco se fue adquiriendo mayor habilidad en el programa conforme se realizaban los demás proyectos, logrando ejecutarlos con más diligencia y eficacia.



Gracias al proyecto del Centro de Acopio se obtuvo conocimiento sobre la concepción de una estructura en un sistema estructural combinado, sistema que no se había abordado tampoco en la academia y el cual en el presente cobra mucha importancia, debido a que actualmente se está incrementando el número de edificaciones con estructura de muros o sistemas combinados, debido a las exigencias sísmicas.

Adicionalmente, con la práctica profesional se aprendió a calcular estructuras de cubierta en perfil metálico con el programa de diseño de Acesco: "Arquimet". Y también a diligenciar formatos para curaduría.



8. CONCLUSIONES

Gracias a la práctica profesional se lograron comprender de manera íntegra las implicaciones que tiene la concepción de una edificación, y la importancia de efectuar un diseño acorde a las condiciones reales que se establecen en obra.

El ejercicio de la pasantía permitió la aplicación de todos los conocimientos referidos al análisis y diseño de sistemas de piso y elementos de pórticos de concreto reforzado, bajo cargas de gravedad y sísmicas, de conformidad con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Con la práctica profesional se comprendió la importancia de la supervisión técnica, ya que, todo ámbito de trabajo es proclive a errores y cuando ésta es llevada a cabo, se puede asegurar que la construcción se realiza de acuerdo a los diseños, optimizando los recursos y construyendo de manera ágil y eficiente.

Realizar el presente trabajo de grado como pasante en la empresa HyC ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S fue una experiencia personal de gran crecimiento que permitió ratificar muchos conocimientos adquiridos durante la formación académica y conocer de manera real diversas actividades constructivas.



9. BIBLIOGRAFÍA

- ROCHEL, Roberto. Análisis y diseño sísmico de edificios. Segunda Edición. Colombia, 2012. Pags, 25-118.
 - FRANZ, Sauter. Fundamentos de Ingeniería Sísmica: Introducción a la Sismología. Primera Edición. Costa Rica, 1989. Pags, 81-154.
 - Escuela de Ingeniería de Antioquia, Revista EIA. PATOLOGÍAS, CAUSAS Y SOLUCIONES DEL CONCRETO ARQUITECTÓNICO EN MEDELLÍN. Número 10, 2008. Pags, 121-130.
 - AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10. Colombia, 2010.
 - ICONTEC, Consejo Colombiano de Seguridad. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-0HSAS 18001. Colombia, 2007.
 - HOJA TÉCNICA DEL PRODUCTO SEPAROL. [citado en Mayo 19 de 2005] < <http://col.sika.com/es/productos/construccion.html> > [en línea]
 - HOJA TÉCNICA DEL PRODUCTO ACCELGUARD25. [citado en Mayo 19 de 2005] < <http://www.toxement.com.co/producto/28/accelguard-25> > [en línea]
 - HOJA TÉCNICA DEL PRODUCTO PLASTOL5000. en Mayo 19 de 2005] < <http://www.toxement.com.co/producto/229/plastol-5000> > [en línea]
-



10. ANEXOS

- Carta de petición formal de pasantía por parte de la Universidad del Cauca.
- Carta de aceptación por parte de la entidad receptora.
- Resolución de aprobación de pasantía.
- Certificado de cumplimiento de intensidad horaria por parte de la entidad receptora.