

Práctica Empresarial Como Ingeniera Auxiliar en DW Ingeniería S.A.S. Para el Apoyo en la
Elaboración de Estudios Técnicos, Diseño Estructural y Propuesta Económica del Proyecto
Institución Educativa Nueva Granada, Municipio De Paipa, Boyacá.

Julieth Vanessa Monroy Rodriguez

Director

Dayana Carolina Antolinez Antolinez

Ingeniera civil

Especialista en estructuras

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2025

Práctica Empresarial Como Ingeniera Auxiliar en DW Ingeniería S.A.S. Para el Apoyo en la
Elaboración de Estudios Técnicos, Diseño Estructural y Propuesta Económica del Proyecto
Institución Educativa Nueva Granada, Municipio De Paipa, Boyacá.

Julieth Vanessa Monroy Rodriguez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Dayana Carolina Antolinez Antolinez

Ingeniera civil

Especialista en estructuras

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2025

Dedicatoria

Quiero dedicar este logro principalmente a mis padres Freddy Alejandro y Diana Carolina, por ser mi pilar constante, por su amor incondicional y por apoyarme en cada etapa de este camino.

A mis hermanos Alejandro y Kevin su compañía, consejos y ánimo constante fueron fundamentales para alcanzar esta meta.

Han sido imprescindibles en mi vida, para ellos, todo mi amor y mis triunfos.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, sabiduría y salud necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A la empresa DW Ingeniería, por brindarme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales y por el valioso aprendizaje adquirido durante ese tiempo.

Finalmente, a mi directora de proyecto de grado, ingeniera Dayana Carolina Antolinez por su dedicación, orientación y compromiso durante el desarrollo de este trabajo.

Cada uno ha sido pieza fundamental en la culminación de esta meta.

Tabla de Contenido

GLOSARIO	12
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos	16
MARCO REFERENCIAL.....	17
Marco de antecedentes o estado del arte.....	17
Marco teórico	21
Marco Legal	23
Marco Contextual	25
METODOLOGÍA	27
RESULTADOS	29
Descripción del proyecto	29
CAPITULO 1. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL	31
Recopilación de datos iniciales para el análisis estructural.	31
Estudio de suelos	31
Parámetros para el diseño sismo resistente	32
Pre dimensionamiento de elementos estructurales	34
Modelado de la estructura.....	38
Diafragma	41
Cargas	43
Análisis del modelo	48

Espectro de diseño	48
Periodo	50
Derivas	51
Ajuste y optimización del diseño	53
Evaluación del coeficiente de capacidad de disipación de energía R.....	56
Cortante basal	59
Combinaciones de carga	60
 CAPITULO 2. ELABORACIÓN Y DETALLADO DE PLANOS ESTRUCTURALES.....	64
Elaboración del detallado estructural.....	64
Diseño de vigas	67
Diseño de columnas	72
Generar los planos generales	76
 CAPITULO 3. ELABORACIÓN, ORGANIZACIÓN Y REVISIÓN DE DOCUMENTOS TÉCNICOS.....	77
 CAPITULO 4. FORMULACIÓN DE PRESUPUESTO	79
Estimación de actividades.....	79
 CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS.....	85

Lista de Tablas

Tabla 1. Parámetros de movimientos sísmicos de diseño	34
Tabla 2. Especificaciones de materiales	38
Tabla 3. Cargas muertas entrepiso	44
Tabla 4. Cargas muertas cubierta.....	45
Tabla 5. Valores para espectro de diseño.....	49
Tabla 6. Resumen dimensiones elementos estructurales	63
Tabla 7. Valores de cuantías	69
Tabla 8. Separación de estribos de vigas	70
Tabla 9. Determinación Lo	75
Tabla 10. Separación de estribos de columnas	75

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de Yopal	25
Figura 2. Ubicación de la Universidad del Trópico.....	26
Figura 3. Diagrama de actividades	27
Figura 4. Planta arquitectónica primer nivel.....	29
Figura 5. Planta arquitectónica segundo nivel	30
Figura 6. Planta de cubierta	30
Figura 7. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10	32
Figura 8. Valores del coeficiente de importancia, I.....	33
Figura 9. Capacidad de disipación de energía	35
Figura 10. Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones.....	36
Figura 11. Distribución de columnas primera planta.....	37
Figura 12. Distribución de columnas segunda planta	37
Figura 13. Secciones de elementos estructurales.....	39
Figura 14. Secciones de losa en ETABS	40
Figura 15. Planta Nivel + 4.60.....	40
Figura 16. Planta Nivel + 8.50.....	41
Figura 17. Diafragma nivel + 4.60 m	42
Figura 18. Diafragma nivel + 8.50 m	42
Figura 19. Casos de carga.....	43
Figura 20. Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas.....	44
Figura 21. Cargas vivas mínimas en cubiertas, azoteas y terrazas	46

Figura 22. Asignación de carga losa de entrepiso	47
Figura 23. Asignación de carga losa de cubierta	47
Figura 24. Configuración de masa.....	48
Figura 25. Espectro de diseño.....	49
Figura 26. Valores de los parámetros C_t y α	50
Figura 27. Verificación del periodo.....	51
Figura 28. Valores de deriva sentido X	52
Figura 29. Grafica de deriva sentido X.....	52
Figura 30. Valores de deriva sentido Y	53
Figura 31. Grafica de deriva sentido Y	53
Figura 32. Verificación del periodo ajustado.....	54
Figura 33. Verificación del periodo ajustado.....	54
Figura 34. Grafica de deriva ajustada sentido X.....	55
Figura 35. Valores ajustados de deriva sentido Y	55
Figura 36. Grafica de deriva ajustada sentido Y	56
Figura 37. Sistema estructural de pórtico resistente a momentos.....	56
Figura 38. Evaluación de irregularidad en planta	57
Figura 39. Revisión por formulación irregularidad en planta.....	57
Figura 40. Evaluación de irregularidad en altura.....	58
Figura 41. Evaluación de irregularidad por ausencia de redundancia estructural	58
Figura 42. Evaluación del coeficiente de capacidad de disipación de energía R	58
Figura 43 Cálculo del cortante en la base	59
Figura 44. Ajuste del cortante basal.....	59

Figura 45. Ajuste del cortante en Sentido X y en Sentido Y	60
Figura 46. Combinaciones básicas	61
Figura 47. Fuerzas sísmicas	61
Figura 48. Combinaciones para revisión de nudos y conexiones incluyendo el coeficiente de sobre resistencia.....	62
Figura 49. Combinaciones para diseño a cortante de vigas.....	63
Figura 50. Solicitaciones de acero para Nivel +4.60 m.....	64
Figura 51. Solicitaciones de acero para Nivel +8.50 m.....	65
Figura 52. Resultados del modelo en ETABS a exportar	66
Figura 53. Combinaciones seleccionadas para el diseño de los elementos estructurales	66
Figura 54. Planta de vigas nivel +4.60 m	67
Figura 55. Planta de vigas nivel +8.50 m	68
Figura 56. Diseño de viga VA-123.....	71
Figura 57. Localización de columnas en DC CAD 3	72
Figura 58. Diseño de columna	73
Figura 59. Requisitos ganchos suplementarios.....	74
Figura 60. Inclusión de ganchos suplementarios	74
Figura 61. Generación de planos estructurales	76
Figura 62. Implantación elementos estructurales Centro de Atención al Ciudadano	77
Figura 63. Memorias de calculo	78
Figura 64. Actividades cimentación	79
Figura 65. Actividades Estructura Nivel +4.60 m	80
Figura 66. Actividades Estructura Nivel +8.50 m	80

Figura 67. Cantidad de concreto de columnas.....	81
Figura 68. Cantidad de acero para vigas aéreas nivel +4.60 m	81
Figura 69. Presupuesto de obra.....	82

Glosario

Acero de refuerzo: El acero de refuerzo es empleado para el refuerzo de estructuras y demás obras que estén sujetos a altas cargas. El acero es incrustado en el concreto de manera que pueda soportar los esfuerzos tanto de tensión, como de compresión. (Arequipa, 2019)

Concreto: El concreto es una mezcla de cemento, grava, arena, aditivos y agua. Maleable en su forma líquida y de gran resistencia a la compresión en su estado sólido. (CONCRETO, 2022)

Deriva de piso: Es la diferencia entre los desplazamientos horizontales de los niveles entre los cuales está comprendido el piso. (*Norma sismo resistente (NSR-10)*, 2010)

Diseño estructural: El diseño estructural es la base sólida y coherente sobre la que se construyen los edificios, estableciendo su capacidad para soportar cargas y resistir los movimientos sísmicos u otras fuerzas externas que puedan afectar a su integridad. (Carlos, 2023)

Fuerzas sísmicas: Son los efectos inerciales causados por la aceleración del sismo, expresados como fuerzas para ser utilizadas en el análisis y diseño de la estructura. (*Norma sismo resistente (NSR-10)*, 2010)

Periodo fundamental: es el tiempo que tarda en dar una vibración una estructura en la forma que moviliza la mayor parte de su masa. (Zapata, 2022)

Resumen

El presente documento describe el desarrollo de practica empresarial como auxiliar de diseño estructural en DW Ingeniería S.A.S. apoyando la ejecución de actividades como la elaboración de estudios técnicos, diseños estructurales optimizados y la formulación de propuesta económica detallada para el proyecto Centro de Atención al Ciudadano, edificación perteneciente a la alianza entre la Institución Educativa Nueva Granada y la Universidad Internacional del Trópico Americano.

Dentro del rol de auxiliar de diseño se plantearon y llevaron a cabo diferentes actividades como el acompañamiento durante la etapa de planeación del proyecto, donde se redimensionaron los elementos estructurales y se definió la distribución de plantas, brindando también apoyo en el modelamiento de la estructura usando ETABS junto con la verificación y ajuste del mismo, para posteriormente colaborar en el diseño y detallado de los elementos estructurales mediante el software DC CAD 3 y Autocad. Por otro lado, se respaldó la elaboración de informes y memorias de cálculo en las que se resume el proceso de análisis y diseño de la estructura. Por último, se obtuvo un presupuesto de obra basado principalmente en los despieces y planos obtenidos durante el proceso de diseño.

Finalmente, se cumplió con el objetivo de apoyar las actividades del diseño estructural obteniendo modelos, planos y detalles estructurales óptimos, memorias de cálculo e informes técnicos propios del área de diseño, los cuales consolidan el trabajo realizado durante la práctica.

Abstrac

This document describes the development of my business practice as a structural design assistant at DW Ingeniería S.A.S., supporting the execution of activities such as the preparation of technical studies, optimized structural designs, and the formulation of a detailed economic proposal for the Citizen Service Center project, a building part of the partnership between the Nueva Granada Educational Institution and the International University of the American Tropics.

Within the design assistant role, various activities were proposed and carried out, such as support during the project planning stage, where structural elements were resized and floor plan layouts were defined. I also provided support in structural modeling using ETABS, along with its verification and adjustment, and subsequently collaborated in the design and detailing of structural elements using DC CAD 3 and AutoCAD software. I also supported the preparation of reports and calculation statements summarizing the structural analysis and design process. Finally, a construction estimate was obtained based primarily on the parts and drawings obtained during the design process.

Finally, the objective of supporting the structural design activities was achieved by obtaining optimal structural models, drawings, and details, calculation reports, and technical reports from the design department, which consolidate the work carried out during the internship.

Introducción

El crecimiento de la actividad constructiva en los departamentos de Boyacá y Casanare ha producido un alza en la búsqueda y obtención de servicios de diseño y consultoría estructural, por lo que la empresa DW Ingeniería S.A.S. decidió contar con el apoyo de un practicante de ingeniería civil para la elaboración del proyecto Centro de Atención al Ciudadano.

Durante el desarrollo de la práctica empresarial se optimizaron diferentes procesos que hacen parte del diseño estructural, ya que se desarrollaron actividades enfocadas en el análisis, evaluación y diseño del sistema estructural del proyecto, utilizando herramientas computacionales especializadas como ETABS y DC-CAD 3, en estricto cumplimiento con la normativa colombiana NSR-10.

Durante la práctica, se participó activamente en la elaboración de planos estructurales, la verificación normativa de los diseños y modelos estructurales. Esta experiencia permitió fortalecer habilidades técnicas, computacionales e interpersonales ya que se fomentó la toma de decisiones, el trabajo en equipo y el aprendizaje continuo a partir de la experiencia y conocimientos de ingenieros con mayor trayectoria profesional.

Objetivos

Objetivo General

Realizar la práctica empresarial como ingeniera auxiliar en DW Ingeniería S.A.S. participando en la elaboración de estudios técnicos, diseño estructural y propuesta económica del proyecto Institución Educativa Nueva Granada, municipio De Paipa, Boyacá.

Objetivos Específicos

- Analizar, evaluar y diseñar sistemas estructurales de concreto y acero del proyecto Institución Educativa Nueva Granada mediante herramientas computacionales como ETABS, garantizando la precisión y cumplimiento de la normativa NSR-10.
- Elaborar y detallar planos estructurales utilizando software DC CAD 3, asegurando que incluyan especificaciones técnicas claras y detalles constructivos precisos para su implementación en campo.
- Apoyar en la elaboración, organización y revisión de documentos técnicos propios del área de diseño estructural, verificando el cumplimiento de la normatividad vigente.
- Formular presupuestos detallados y propuestas económicas basadas en los planos y especificaciones técnicas del proyecto Institución Educativa Nueva Granada.

Marco Referencial

Marco de antecedentes o estado del arte

Sotelo (2020) realizó la práctica empresarial como auxiliar en el área de diseño estructural en edificaciones, donde se llevaron a cabo diferentes actividades como: interpretación, corrección y realización de planos estructurales, análisis y modelamiento de sistemas estructurales mediante el software ETABS; estas actividades se implementaron en cuatro proyectos diferentes. Se concluye que se integraron los conocimientos adquiridos en la formación académica en cuanto al análisis y diseño, además, se adquirió el conocimiento de diseño de planos estructurales, dimensionamiento de columnas, análisis de modelos estructurales teniendo en cuenta el software ETABS. (Ramos, 2020).

Moreno (2024) cumplió un rol de auxiliar de apoyo estructural y proyectista de Peralta Ingeniería S.A.S. Las actividades desarrolladas durante la práctica incluyeron la generación de informes de vulnerabilidad sísmica, verificación de diseños de conexiones, apoyo en el cálculo de cantidades de materiales, modelamiento en software de análisis y dibujo, seguimiento de diseño de edificaciones. Los proyectos ejecutados brindaron un gran aporte al conocimiento adquirido del estudiante, en los cuales, se implementó el análisis de método de fuerza horizontal equivalente y el método de análisis modal para el análisis de estructuras, se estudió los diferentes estados límites en conexiones de correas, columnas, vigas y conexiones necesarios para el diseño. (Moreno Rojas, 2024)

Rodriguez (2018) se desempeñó como auxiliar de ingeniería apoyando las labores de ejecución de estudios y diseños estructurales en la empresa Melo & Álvarez ingeniería S.A.S. Con ayuda del software CYPECAD colaboró en la elaboración de modelos estructurales en dos proyectos

realizados en la ciudad de Bucaramanga, reguló la información emitida al departamento de dibujo de la empresa, realizó el cálculo de cantidades de obra para el Puente Vehicular de Río del Hato y organizó la información de las memorias de cálculo de los proyectos. Al culminar el proceso de prácticas se concluyó que es muy importante usar un programa de modelación para el diseño estructural, cumpliendo la normativa NSR-10 y verificando que sus resultados sean correctos; también, se reconoce la importancia de las memorias de cálculo, las cantidades de obra y la regulación de documentación. (Rodríguez Serrano, 2018).

Mora (2021) realizó un debido acompañamiento en el diseño estructural del proyecto “centro comercial la carbonara”, desarrollado por el grupo inmobiliario Matinmo S.A.S en el anillo vial-Floridablanca. Esta práctica se centró en realizar un diseño estructural y diseño de una cubierta metálica para el centro comercial “La Carbonera” cumpliendo los requerimientos establecidos por la NSR-10, haciendo uso de programas como ETABS y AutoCad. Se concluyó que se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que se logró un buen diseño estructural y modelado para el centro comercial y su cubierta, los cuales cumplen con la normativa NSR-10. (Cardozo & Javier, 2022)

Núñez (2023) realizó la práctica empresarial como auxiliar de diseño estructural en una empresa ubicada en la ciudad de Bogotá, durante la pasantía se cumplieron actividades como el análisis y diseño estructural mediante el software ETABS, elaboración de despieces de elementos estructurales mediante el software dc-cad3 y la realización de planos estructurales, memoria de cálculo final con su respectivo diseño estructural. Se concluye que se obtuvieron buenos resultados tanto para la empresa como para la estudiante, donde aplicó los conocimientos adquiridos en su proceso de formación, además, tuvo un gran aprendizaje acerca del diseño estructural y el uso de los softwares anteriormente mencionados. (Núñez-Rojas, 2023).

Muñoz (2017) llevó a cabo su pasantía en la empresa H y C Ingeniería Estructural Colombia, en la cual, brindó apoyo en el análisis y diseño estructural de tres proyectos diferentes en los cuales se usaron programas como CYPE 3D, arquimet 2.0 y AutoCad, teniendo en cuenta la normativa NSR-10. Gracias a la pasantía se logró aplicar los conocimientos adquiridos en la academia referidos al análisis y diseño estructural, entendiendo la importancia de efectuar un diseño coherente, bajo las condiciones de cargas de gravedad y debidas al sismo, aplicando la norma colombiana NSR-10. (Muñoz Valderrama, 2017).

Farfán (2023) brindó apoyo técnico en la revisión y modelación estructural de proyectos de Stoa limitada ingeniería de Avanzada. Este apoyo se evidenció en el cumplimiento de actividades como: diseño estructural, elaboración de planos, informes y memorias de cálculo, aplicadas a 6 proyectos divididos en viviendas de dos plantas y tanques de almacenamiento de agua; en el cumplimiento de estas actividades se hizo uso de software como SAP2000 y AutoCad, donde se hizo un estudio previo de la zona del proyecto con el fin de obtener los datos necesarios para la modelación. Se concluyó que gracias al apoyo en la revisión de los proyectos y de los modelos desarrollados, siguiendo a lo que dicta la norma (NSR-10), se logra fortalecer el conocimiento de esta; por otro lado, se evidenció la importancia de las memorias de cálculo, los planos y los modelos, y como estos se deben integrar y trabajar de la mano. (Farfán Gómez, 2023).

Maldonado (2021) realizó la Pasantía empresarial como apoyo técnico al diseño estructural del proyecto “centro comercial soledad 2000 del grupo inmobiliario Matinmo SA. Se tiene como finalidad, prestar apoyo técnico en el análisis, calculo y diseño estructural para el proyecto anteriormente mencionado, cumpliendo con los requisitos exigidos por la empresa y de acuerdo con lo planteado en la norma NSR-10. Se concluyó que el diseño estructural cumplió con los

requerimientos de seguridad, funcionalidad y estética que exige la empresa, además se trabajó de la mano con la Norma sismorresistente NSR-10. (Maldonado Gómez, 2021).

Hernández (2022) apoyó el área de diseño estructural y funciones de consultoría con la empresa CPD ingeniería ltda. Dentro de las funciones asignadas se encuentra el apoyo en el diseño estructural, haciendo uso de programas como ETABS, AutoCad, DC CAD3, y recopilación de información en memorias de cálculo; estas funciones se cumplieron de manera satisfactoria a 5 proyectos distintos. En conclusión, se identificaron y ejecutaron labores en el área de diseño estructural, lo cual dio pie a enfrentarse a nuevos conocimientos por medio de la experiencia y a su vez identificar factores cruciales al momento de modelar una estructura. (Gómez & Natalia, 2022).

Ramírez y Doblado (2018) realizaron una práctica empresarial aplicada al análisis y diseño estructural del edificio centro cultural Nuevo Milenio, ubicado en la ciudad de Bogotá. Las actividades por realizar se centraron en predimensionar, evaluar y analizar la estructura de la edificación, diseñar los elementos estructurales y no estructurales sometidos a cargas sísmicas y la elaboración de memorias de cálculo, especificaciones de materiales y generación de planos de Ingeniería estructural de la edificación diseñada, donde se obtuvo un apoyo por medio del software ETABS y AutoCad. Se concluyó que la modelación por computación ayuda de manera significativa para el desarrollo de un proyecto, pero no solo se debe basar en los resultados modelados, siempre se hace necesario verificar matemáticamente dichos resultados. (Doblado-Urrego & Ramírez-Pérez, 2018).

Olano y Rivadeneyra (2022) realizaron el diseño sismorresistente de una edificación en concreto armado de 06 niveles para vivienda multifamiliar aplicando metodología BIM en la Universidad Tecnológica de Perú. Para cumplir este diseño los autores plantearon evaluar las

condiciones sísmicas del edificio a partir de un análisis estático y dinámico, realizar el diseño de los elementos estructurales empleando la normativa peruana y la metodología BIM, generar los planos de la especialidad de estructuras a partir de un modelo en Revit para mejorar la trabajabilidad del proyecto. Se concluye que la aplicación de un entorno BIM para la realización del diseño sismorresistente permite la gestión óptima para la formulación del proyecto; asimismo, permite tener un trabajo colaborativo e interoperabilidad entre los programas Etabs 2020 y Revit 2022 con lo que se pudo evitar errores e incompatibilidades del diseño. (Olano Restuccia & Rivadeneyra Torres, 2022)

Marco teórico

La propuesta de práctica empresarial en ingeniería civil para el diseño estructural y planificación del proyecto Institución Educativa Nueva Granada en Paipa, Boyacá, aborda aspectos fundamentales relacionados con la ingeniería estructural y la gestión técnica en obras civiles, enfocándonos así en tres áreas clave: el diseño estructural según la normativa vigente, el uso de herramientas computacionales avanzadas y la integración de procesos de diseño y presupuestación para garantizar eficiencia y calidad en el desarrollo del proyecto.

El diseño estructural constituye el eje central de cualquier proyecto de construcción, pues garantiza la estabilidad, seguridad y funcionalidad de las edificaciones. Según la Norma Sismorresistente Colombiana (NSR-10), las estructuras deben diseñarse para resistir las cargas mínimas de diseño, incluyendo fuerzas gravitacionales, de viento y sísmicas. Este reglamento establece requisitos técnicos que aseguran el correcto comportamiento de las edificaciones ante condiciones extremas, como terremotos, evitando colapsos y reduciendo riesgos para los usuarios (NSR-10, 2010).

El proceso de diseño estructural incluye varias etapas clave: predimensionamiento de los elementos estructurales, evaluación de cargas (vivas, muertas, sísmicas y por viento), análisis estructural y diseño detallado de los componentes principales como columnas, vigas y muros. Además, la verificación del diseño bajo las condiciones establecidas por la NSR-10 es fundamental para garantizar el cumplimiento normativo y la resistencia de la estructura en su ciclo de vida útil.

El uso de tecnologías como ETABS, DC CAD 3 y AutoCAD ha revolucionado el diseño y análisis estructural, permitiendo modelar estructuras complejas con mayor precisión y eficiencia. ETABS, en particular, es un software especializado para análisis tridimensional y diseño de sistemas estructurales, ampliamente utilizado en la industria por su capacidad para simular condiciones reales y calcular desplazamientos, fuerzas internas y derivas (Carlos, 2024).

Por otro lado, DC CAD 3 complementa este análisis al generar planos constructivos detallados de elementos de concreto reforzado, optimizando el diseño y facilitando la documentación técnica necesaria para la ejecución del proyecto. AutoCAD, en cambio, permite elaborar dibujos y esquemas detallados en 2D y 3D, necesarios para la coordinación entre disciplinas involucradas en el proyecto (¿Cómo se emplea AutoCAD en la Ingeniería?, s.f.).

Estas herramientas no solo incrementan la precisión del diseño, sino que también permiten detectar inconsistencias en etapas tempranas del proyecto, reduciendo costos y tiempos de ejecución. Además, facilitan la colaboración entre ingenieros, arquitectos y contratistas, mejorando la coordinación general del proyecto.

La correcta integración entre diseño estructural y planificación económica es esencial para garantizar que el proyecto cumpla con los objetivos establecidos en términos de calidad, tiempo y costo. La formulación de presupuestos detallados, basada en análisis de precios unitarios (APU),

permite estimar con precisión los recursos necesarios para la construcción, desde materiales hasta mano de obra.

Esta práctica empresarial contempla la elaboración de documentos técnicos y la organización de información obtenida durante las etapas de análisis y diseño estructural. Según la experiencia de proyectos similares, una planificación efectiva implica la sincronización de actividades, la consideración de restricciones presupuestarias y el uso de cronogramas detallados para supervisar el progreso del proyecto (O'Brien y Fischer, 2013).

La capacitación continua del personal en técnicas modernas y el uso de tecnologías avanzadas también desempeñan un papel vital. Esto permite adaptarse a las demandas cambiantes de la industria y mejora la capacidad de los equipos para enfrentar retos específicos, como las condiciones sísmicas en el departamento de Boyacá, una zona de amenaza sísmica intermedia a alta según el Servicio Geológico Colombiano.

El éxito en el desarrollo del proyecto Institución Educativa Nueva Granada requiere una combinación de diseño estructural riguroso, herramientas tecnológicas avanzadas y procesos de planificación bien integrados. La implementación de estas estrategias no solo garantiza la estabilidad y seguridad de la edificación, sino que también asegura que se cumplan los plazos y presupuestos previstos, contribuyendo al desarrollo sostenible y seguro de la región. Este enfoque integral refuerza la importancia del rol de la ingeniería estructural en el progreso de las comunidades.

Marco Legal

Para el correcto diseño de estructuras y edificios en Colombia se debe seguir y cumplir con lo descrito en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Esta normativa define los requisitos técnicos necesarios para el diseño, construcción y supervisión de

edificaciones en Colombia, asegurando su resistencia ante terremotos. El objetivo de esta norma es garantizar la seguridad de las edificaciones frente a eventos sísmicos, reduciendo el riesgo de pérdidas humanas, económicas y sociales, a través del cumplimiento de requisitos técnicos para el diseño, construcción y mantenimiento de estructuras. En el contexto del proyecto a realizar, principalmente se hará uso del título A, B y C de la norma, que se nombran: “REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE”, “CARGAS” y “CONCRETO ESTRUCTURAL”, respectivamente. En estos capítulos se resume el proceso de diseño de estructuras de concreto, los lineamientos y requisitos mínimos para el buen funcionamiento de estas.

La estructura jurídica de la normativa NSR-10 se encuentra de la siguiente manera:

Ley 400 de 1997, por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes. La presente Ley establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo. (*Ley 400 de 1997 - Gestor Normativo*, s. f.)

Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismorresistentes NSR-10. La Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismorresistentes basó la recomendación de favorable de la actualización del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10*. (*Decreto 926 de 2010 - Gestor Normativo*, s. f.)

Decreto 1580 de 2023. "Por el cual se corrige un yerro en el Decreto 1401 de 2023 "Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10"" (*DECRETO 1580 DE 2023*, s. f.)

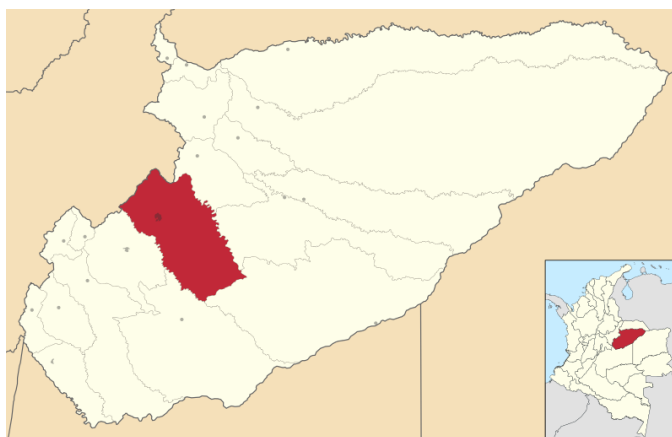
Marco Contextual

Ingeniería DW S.A.S. es una empresa cuya principal actividad está relacionada con ingeniería y consultoría técnica, especializada en el diseño estructural, ubicada en el municipio de Paipa, Boyacá. Su oficina se encuentra localizada en la Calle 25 #22-40 Edificio María Mercedes oficina 202, Barrio Centro. En este lugar se desarrolló el estudio y diseño estructural del proyecto Centro de Atención al Ciudadano, por lo tanto, fue el lugar de desarrollo de la práctica.

Es importante aclarar que el lugar en el que se llevará a cabo la construcción del proyecto Centro de Atención al Ciudadano, corresponde al municipio de Yopal Casanare.

El Municipio de Yopal, capital del Departamento de Casanare, se ubica en el piedemonte de la cordillera Orienta cerca del río Cravo Sur. La extensión territorial es de 2.595 km² y representa el 41% de la población proyectada departamental con 173.610 habitantes¹ para 2019. Su división política y administrativa se ha estructurado a partir de 5 comunas en el área urbana y 93 veredas en el área rural. (*ShowProperty.pdf*, s. f.)

Figura 1. *Ubicación geográfica de Yopal*



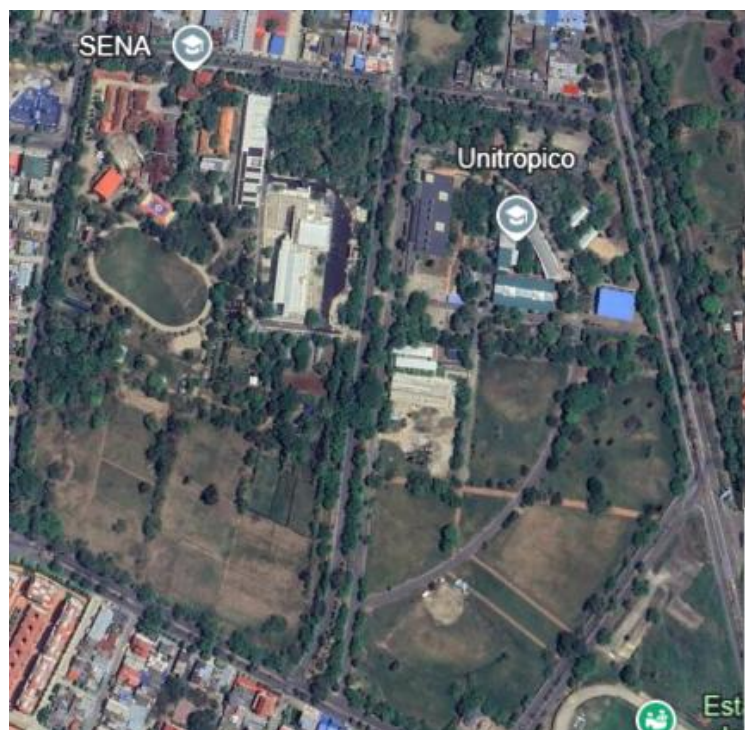
Nota. Tomada de (Archivo, 2012)

La Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano - Unitrópico, es una Institución de Educación Superior (I.E.S) colombiana, con sede en Yopal, departamento de Casanare, de naturaleza privada en transición a Universidad Pública, dicho claustro universitario actualmente ofrece programas académicos: de posgrado, profesionales, tecnológicos y técnicos.

La Universidad del Trópico se encuentra ubicada en Yopal, Casanare Carrera 19 No. 39-40.

En la siguiente figura se observa la ubicación de la Universidad del Trópico.

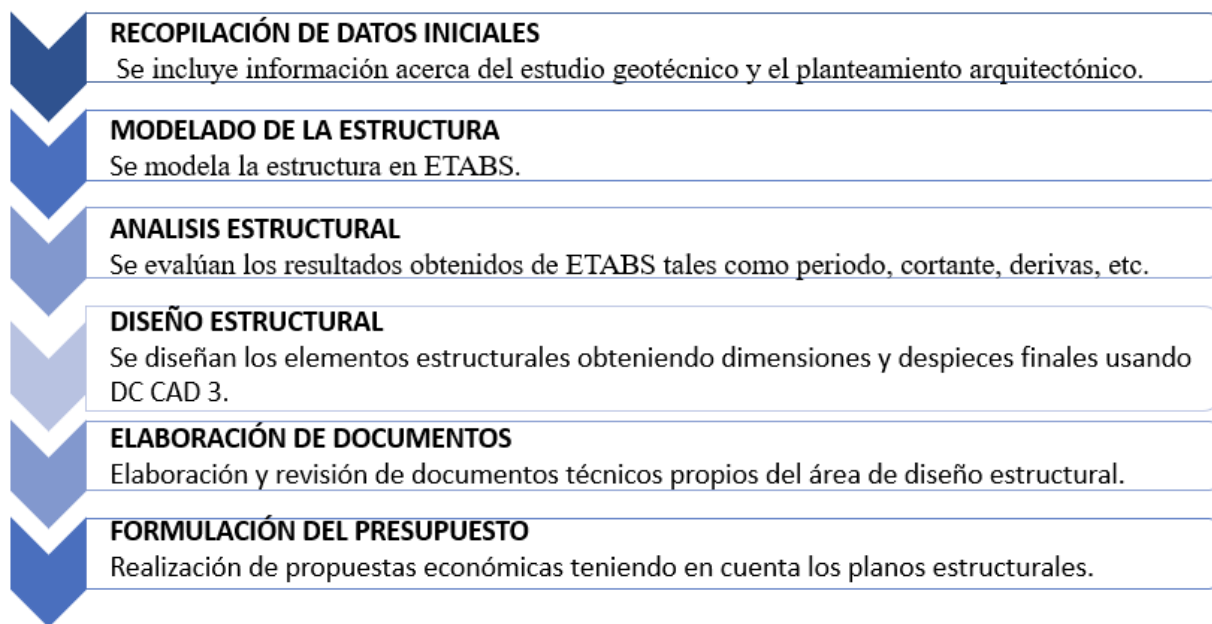
Figura 2. *Ubicación de la Universidad del Trópico*



Nota. Tomada de Google Earth

Metodología

Figura 3. *Diagrama de actividades*



Durante el período de cuatro meses, se llevó a cabo la práctica profesional, enfocada en el cumplimiento de los objetivos establecidos en la propuesta de trabajo de grado. Las actividades desarrolladas se enfocan en el diseño del centro de atención al ciudadano, edificación perteneciente a la Universidad del Trópico.

Para realizar el análisis estructural se llevó a cabo una recopilación de datos iniciales del proyecto, donde se incluye información acerca de las condiciones topográficas del terreno, los respectivos estudios geotécnicos y el planteamiento arquitectónico. Teniendo presente estos datos, se procedió a realizar la modelación de la estructura haciendo uso del software ETABS, donde se obtienen datos necesarios para el análisis estructural como los desplazamientos, los esfuerzos en elementos estructurales, distribución de fuerzas sísmicas, derivas, cumplimiento de periodo, irregularidad de la estructura, entre otros. Luego del modelado, se hace una revisión o análisis

detallado, mediante el cual se verifica el cumplimiento de los parámetros descritos en la normatividad.

Considerando los resultados del análisis estructural se procede a realizar el diseño de la estructura donde se tiene como objetivo dimensionar los elementos estructurales, garantizando el cumplimiento de los parámetros de momento, cortante y demás fuerzas que influyen en el desempeño de dichos elementos. Por otro lado, se realiza una verificación del diseño obtenido asegurando que se cumpla cada parámetro de la norma vigente, además, si se requiere se puede optimizar el diseño.

Con el diseño previamente revisado y verificado, se procede a realizar los planos estructurales y el detallado estructural en el software DC CAD 3, el cual permite obtener la distribución y cantidad de acero de refuerzo necesario para cada elemento estructural. Al obtener estos detalles estructurales, se revisan y organizan en un plano haciendo uso de AUTOCAD, complementando los planos estructurales generales.

De acuerdo con el proyecto diseñado, es necesaria la elaboración y revisión de documentos técnicos. Dentro de estos documentos se organiza la información obtenida durante la etapa de análisis y diseño, garantizando una buena organización de la información.

Por último, se plantea la estimación y evaluación de actividades desarrolladas durante el análisis y diseño estructural. Luego, se realiza la formulación del presupuesto, este considera las actividades anteriormente realizadas y las especificaciones del proyecto.

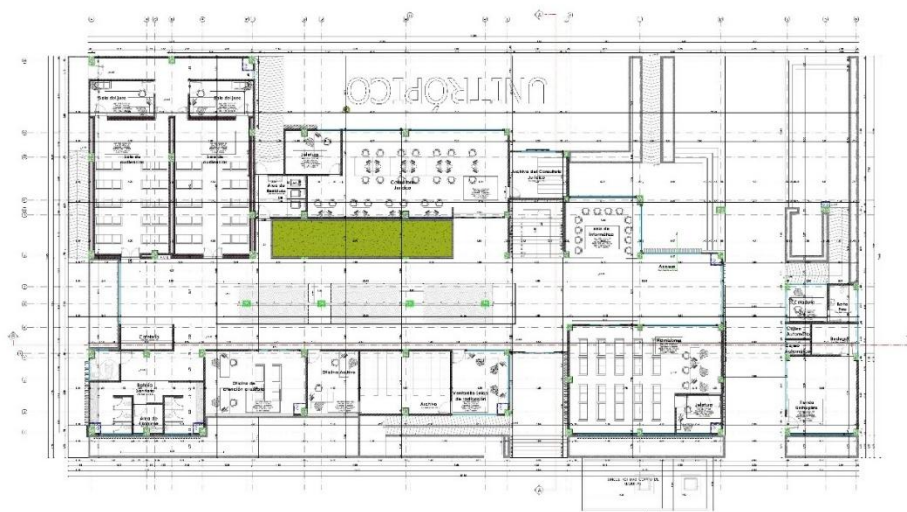
Resultados

Descripción del proyecto

El Centro de Atención al Ciudadano de la Universidad Internacional del Trópico tiene como objetivo principal fortalecer la comunicación entre la comunidad universitaria y la institución. De acuerdo con el planteamiento arquitectónico el Centro de Atención al Ciudadano se proyecta como una edificación de dos niveles con un área total de 3223.82 m², donde se distribuyen diferentes espacios como oficinas de atención, salas de juntas, salas de audiencias, entre otros.

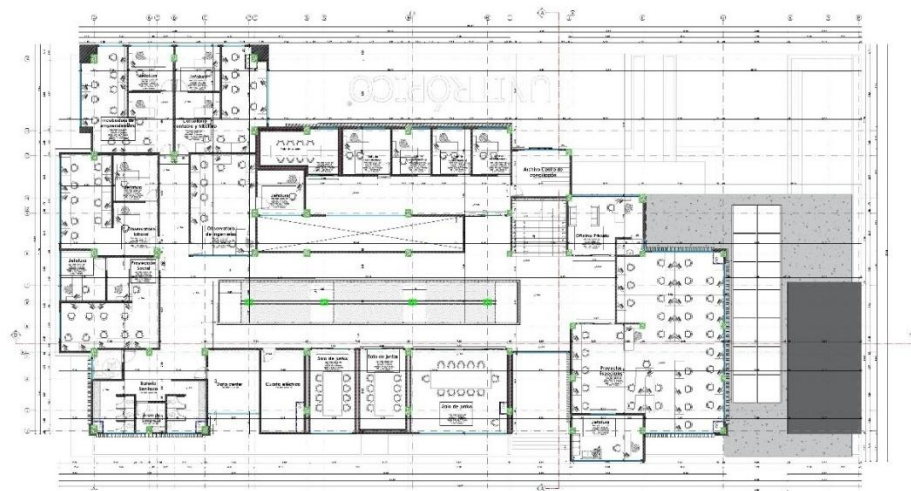
En las siguientes figuras se pueden observar las plantas arquitectónicas del proyecto.

Figura 4. *Planta arquitectónica primer nivel*



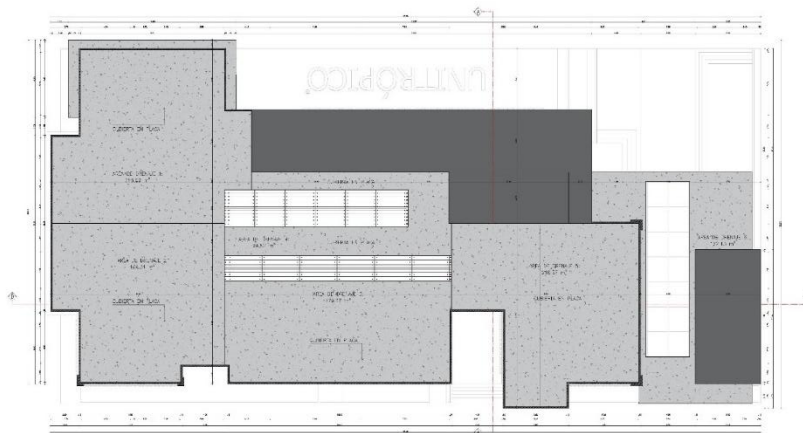
Nota. Tomada de planos arquitectónicos Centro de Atención al Ciudadano

Figura 5. *Planta arquitectónica segundo nivel*



Nota. Tomada de planos arquitectónicos Centro de Atención al Ciudadano

Figura 6. *Planta de cubierta*



Nota. Tomada de planos arquitectónicos Centro de Atención al Ciudadano

CAPITULO 1. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Recopilación de datos iniciales para el análisis estructural.

El centro de atención al ciudadano se proyecta como una edificación de dos niveles con un área total de 3223.82 m². El primer piso se encuentra a nivel de terreno +0.90 m, este cuenta con un área total de 2005.88 m², el cual cuenta con diferentes espacios como salas de audiencias, consultorio jurídico, sala de informática, oficina administrativa, cafetería, zonas de limpieza, entre otros. El segundo piso se encuentra a nivel + 4.60 m, este cuenta con un área total de 1217.94 m², el cual cuenta con espacios como: jefaturas, salas de conciliación, salas de juntas, sala de proyectos especiales, entre otros. Por último, se encuentra la planta de cubierta ubicada en el nivel + 8.50 m, donde se clasifica como una cubierta en placa de concreto.

Estudio de suelos

La empresa Geología Geotecnia E Ingeniería Especializada S A S de la ciudad de Yopal, se encargó de realizar el estudio de suelos en la ciudadela de la Universidad del Trópico, específicamente en el lugar donde se realizará la construcción del centro de atención al ciudadano, donde se realizaron tres sondeos con una profundidad de 6 metros. Luego de realizar el análisis geotécnico se obtuvieron los siguientes datos: el suelo explorado se clasifica en los grupos SM SC, el nivel superior y el aluvial que es el inferior como GP-GM y GW. En general, las propiedades geomecánicas del suelo explorado reflejan características favorables con relación a los requerimientos de fundación del proyecto. También revela que no se encontró nivel freático, como alternativa de cimentación se puede implementar una estructura de cimentación superficial, la cual se conforma de zapatas y vigas de amarre. Se recomienda una profundidad mínima de cimentación de 1.50 m. El asentamiento promedio esperado inmediato para los 3 sondeos

Los coeficientes de aceleración horizontal pico efectiva (A_a), de velocidad horizontal pico efectiva (A_v), de aceleración pico efectiva para el umbral de daño (A_d) y de aceleración pico efectiva deducida (A_e), son tomados del apéndice A-4 de la NSR-10 y los coeficientes de F_a y F_v usados para el espectro de diseño, se determinan teniendo en cuenta el tipo de perfil de suelo y la intensidad de los movimientos sísmicos (A_a y A_v), por lo que $F_a = 1.2$ y $F_v = 2.0$.

Respecto al grupo de uso de la edificación se tiene en cuenta el numeral A.2.5 de la norma sismo resistente, que especifica los grupos de uso y las edificaciones que hacen parte de cada uno de estos. El centro de atención al ciudadano se clasifica como grupo de uso III *Edificaciones de atención a la comunidad* de acuerdo con el numeral A.2.5.1.2 (d), en el cual se nombran: guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza. Teniendo en cuenta lo establecido por la norma sismo resistente en la tabla A.2.5-1, el coeficiente de importancia del Centro de Atención al Ciudadano es 1.25, dado que el grupo de uso de la edificación es III.

Figura 8. Valores del coeficiente de importancia, I

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

Nota. Tomada de la Norma sismo resistente NSR-10 título A, capítulo A.2, pag. A-26.

En la siguiente tabla se resume la información correspondiente a los parámetros de movimientos sísmicos de diseño, obtenidos de la norma y las características de la edificación.

Tabla 1. *Parámetros de movimientos sísmicos de diseño*

MOVIMIENTOS SISMICOS DE DISEÑO	VALOR
PERFIL TIPO	C
GRUPO DE USO	III
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1.25
ACELERACION HORIZONTAL PICO EFECTIVA (A_a)	0.3
VELOCIDAD HORIZONTAL PICO EFECTIVA (A_v)	0.2
ACELERACION PICO EFECTIVA PARA EL UMBRAL DE DAÑO (A_d)	0.06
ACELERACION PICO EFECTIVA DEDUCIDA (A_e)	0.15
COEFICIENTE (F_a)	1.1
COEFICIENTE (F_v)	1.6
ZONA DE AMENAZA SISMICA	ALTA

Nota. Autor propio

Pre dimensionamiento de elementos estructurales

Según el capítulo A.3 de la NSR-10, el primer paso a seguir es determinar el sistema estructural que se usará para el diseño de la edificación, para el centro de atención al ciudadano el sistema será pórtico con vigas y columnas en concreto reforzado, con placa de entrepiso aligerado con viguetas en una dirección.

Debido a que Yopal se encuentra en zona de amenaza sísmica alta, la estructura se diseña teniendo en cuenta una capacidad de disipación de energía especial (DES).

Figura 9. *Capacidad de disipación de energía*

CAPACIDAD DE DISIPACIÓN ENERGÍA	ZONA DE AMENAZA SÍSMICA		
	BAJA	INTERMEDIA	ALTA
MÍNIMA DMI	✓	no	no
MODERADA DMO	✓	✓	no
ESPECIAL DES	✓	✓	✓

Nota. Tomada de la Norma sismo resistente NSR-10 Prefacio – Apéndice I.

Según el artículo C.21.6.1.1 de la NSR-10, “la dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 300 mm”, esto se dispone para estructura con capacidad de disipación de energía especial (DES), por lo que la sección escogida para columnas inicialmente es de 30x30 cm.

Luego, teniendo en cuenta el planteamiento arquitectónico se procede a realizar la ubicación de columnas, respetando los espacios y cumpliendo con los requisitos estructurales.

Al realizar esta localización de columnas se encuentra una luz crítica de 7.38 m. La tabla C.9.5 (a) de la norma sismo resistente indica las alturas o espesores mínimos para vigas, inicialmente se asume una viga simplemente apoyada por lo que se tiene:

$$\frac{L}{16} = \frac{7.38 \text{ m}}{16} \Rightarrow 0.46 \text{ m}$$

Se verifica suponiendo una viga con un extremo continuo

$$\frac{L}{18.5} = \frac{7.38 \text{ m}}{18.5} \Rightarrow 0.40 \text{ m}$$

Por lo que se asume finalmente una altura de viga de 50 cm y se considera una base de 40 cm. Al relacionar las dimensiones de las vigas con las de las columnas se puede determinar que las secciones de las columnas deben aumentar para estar en concordancia. Por esto, se pre dimensiona una de las caras de las columnas de 50 cm y a la otra se le asigna una dimensión de 40 cm. El espesor de la placa de entrepiso se define de 50 cm.

Figura 10. *Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones*

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

Nota. Tomada de la Norma sismo resistente NSR-10 título C, capítulo C.9, pag. C-132.

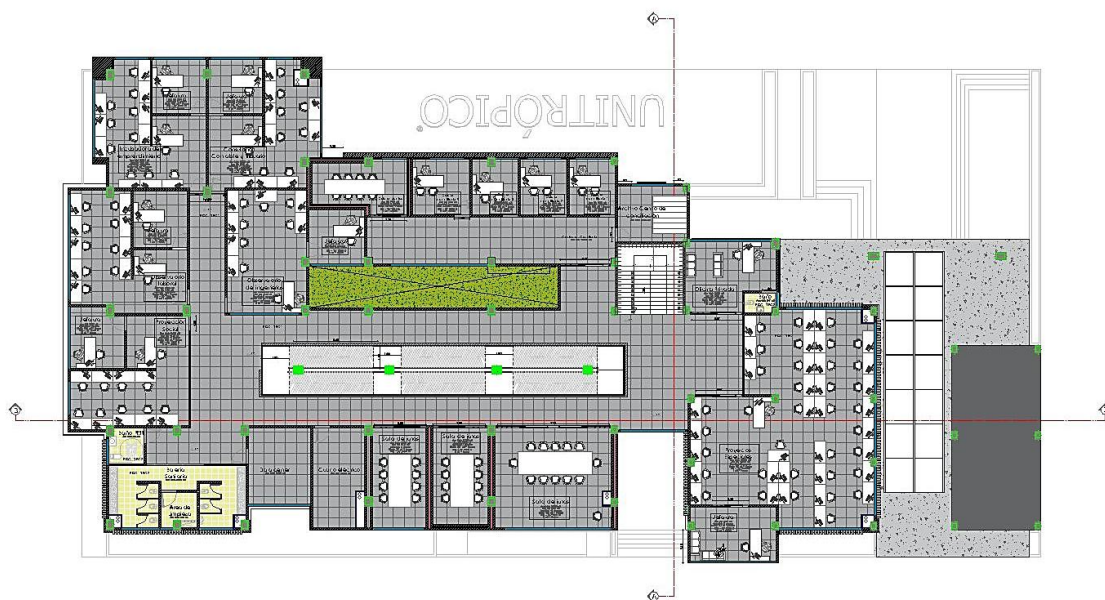
Con estas nuevas dimensiones se realiza la ubicación de columnas en los planos arquitectónicos en los puntos críticos, obteniendo la siguiente distribución.

Figura 11. *Distribución de columnas primera planta*



Nota. Fuente: Autor

Figura 12. *Distribución de columnas segunda planta*



Nota. Fuente: Autor

Después se asignan los ejes a las columnas en ambos sentidos (X y Y), obteniendo así, 20 ejes en el sentido X y 15 ejes en el sentido Y. En total para el edificio de centro de atención al ciudadano se obtienen 57 columnas.

El trazado de vigas se realiza de columna a columna y teniendo en cuenta los espacios arquitectónicos. El siguiente paso a seguir es el trazado de viguetas el cual se realiza en una dirección, con viguetas de 12 cm de espesor y con una distancia entre ellas de 1.12 m.

Modelado de la estructura

Al tener las plantas estructurales se procede a modelar la estructura haciendo uso del programa ETABS, esto se hace con el fin de aplicar cargas y simular las fuerzas sísmicas, donde se obtienen valores de diferentes variables necesarias para el análisis y diseño estructural.

Inicialmente se crea la cuadrícula de ejes teniendo en cuenta que existen 20 ejes en el sentido X y 15 ejes en el sentido Y. Luego se definen las especificaciones de los materiales que se tienen en cuenta para el diseño de la edificación, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2. *Especificaciones de materiales*

CONCRETO		
Elemento estructural	Resistencia MPa	Módulo de elasticidad (MPa)
Columnas	28	24870.06
Vigas aéreas y placas	28	24870.06
Vigas de cimentación	28	24870.06
Zapatas	28	24870.06

ACERO

Acero de refuerzo (para varillas #3 en adelante, mallas)

420

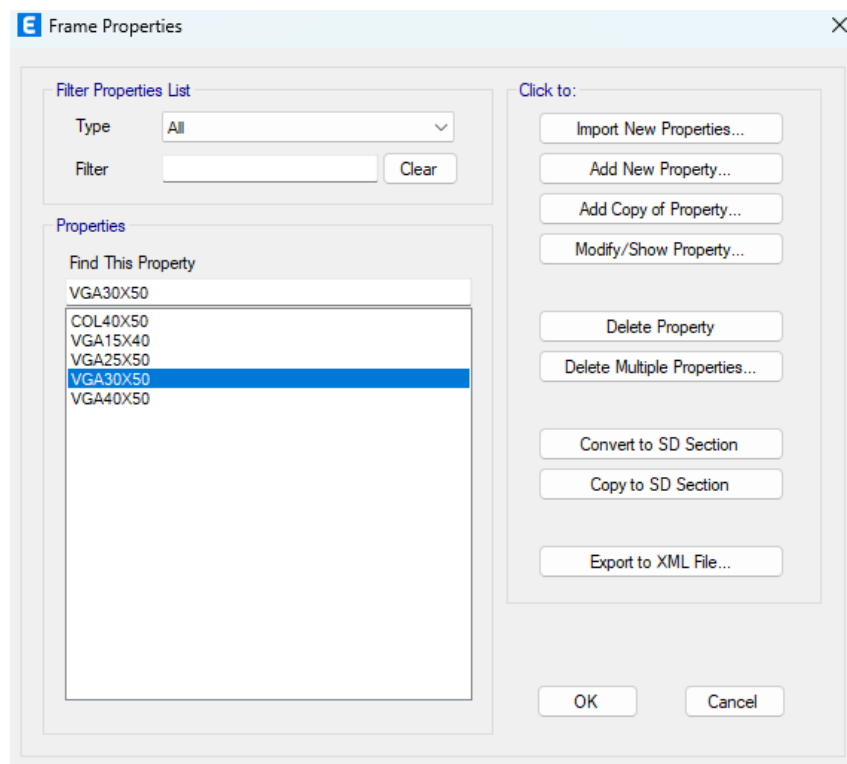
Acero estructural

A36 para pernos y platinas

Nota. Fuente: Autor

Las secciones iniciales de los elementos estructurales creadas dentro del modelo computacional son:

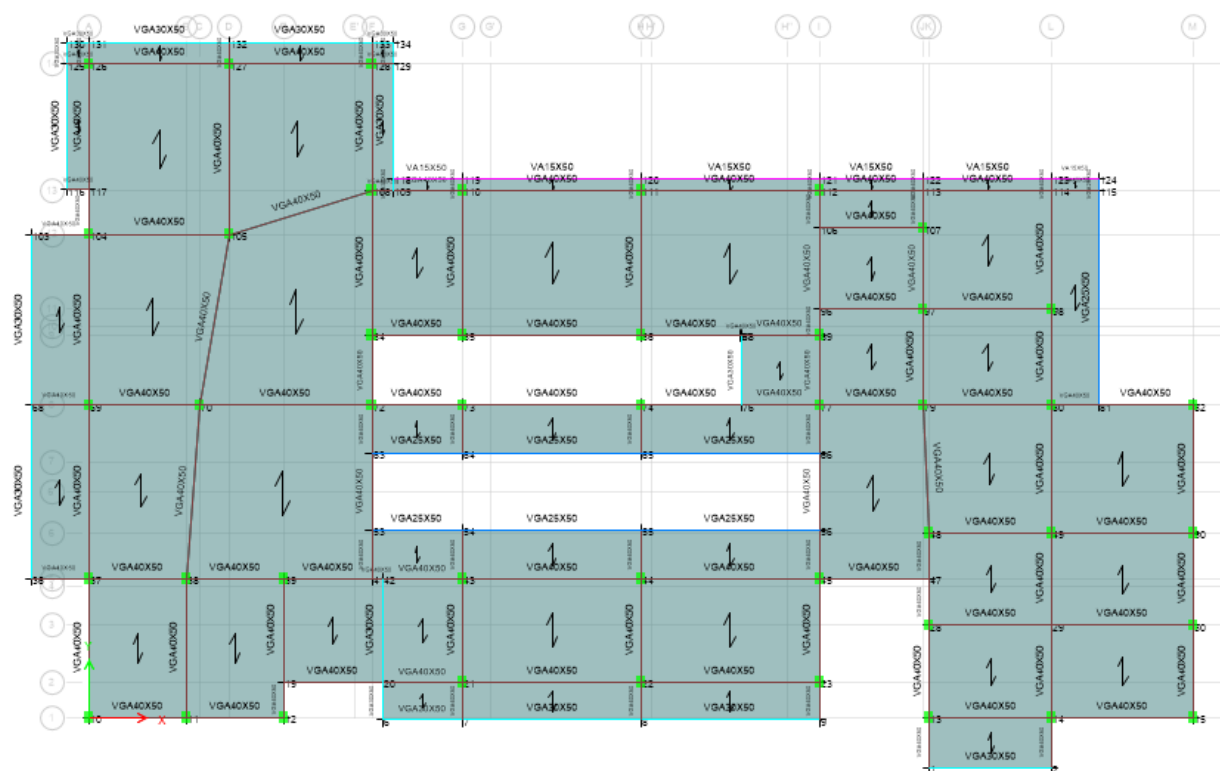
Figura 13. *Secciones de elementos estructurales*



Nota. Fuente: Autor

También es necesario definir las secciones de losa, dentro de los cuales se configura la losa de entrepiso y la cubierta.

Figura 16. Planta Nivel + 8.50



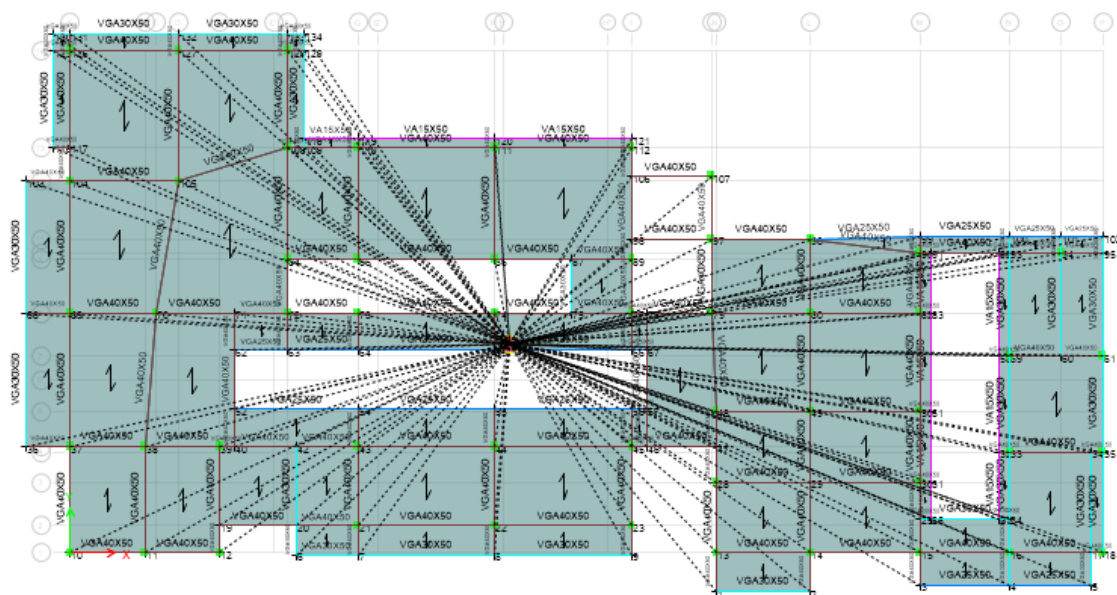
Nota. Fuente: Autor

Diaphragma

El diafragma puede suponerse rígido en su propio plano cuando se dispone su rigidez y su resistencia de tal manera que éste actúe como una unidad y sus propiedades de masa y de rigidez se puedan concentrar en el centro de masa y centro de rigidez de la estructura.

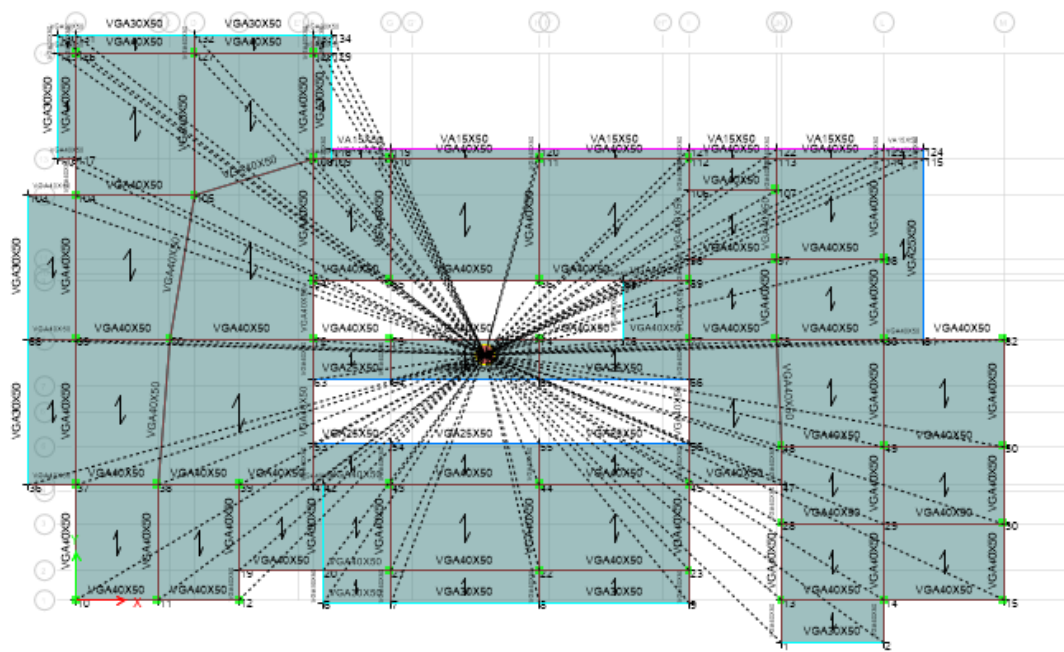
En la asignación de este diafragma dentro de ETABS es necesario crear uno para cada nivel teniendo en cuenta que este sea rígido y que se asigne seleccionando todos los puntos del nivel.

Figura 17. Diafragma nivel + 4.60 m



Nota. Fuente: Autor

Figura 18. Diafragma nivel + 8.50 m

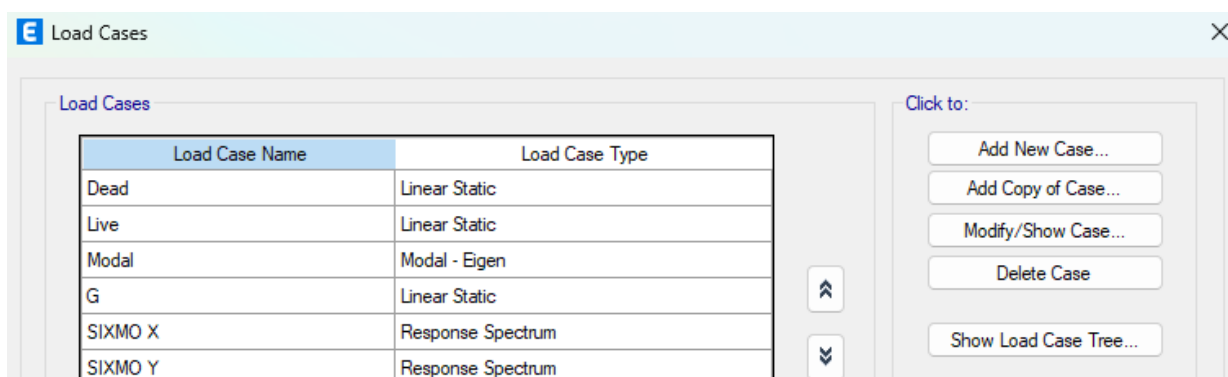


Nota. Fuente: Autor

Cargas

Las cargas actuantes en la estructura se clasifican en cargas muertas, cargas vivas, por empozamiento de agua y cargas sísmicas que actúan en el sentido X y Y. Estas cargas deben ser creadas dentro del modelo de ETABS, en la siguiente figura se pueden observar los casos de carga a aplicar.

Figura 19. *Casos de carga*



Load Case Name	Load Case Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
Modal	Modal - Eigen
G	Linear Static
SIXMO X	Response Spectrum
SIXMO Y	Response Spectrum

Nota. Fuente: Autor

En el análisis del avalúo de cargas actuantes en la estructura se tienen en cuenta las cargas de piso y las de cubierta donde en cada una se tiene carga viva y carga muerta. Para la carga de piso tipo se plantean diferentes cargas como: carga de viguetas, esta se calcula mediante el producto del ancho, alto y el peso específico del concreto, carga de fachada y particiones, afinado de piso y de cubierta, baldosa cerámica (20 mm) sobre 12 mm de mortero, cielorraso y aligeramiento, estos datos de carga son tomados de las tablas B.3.4.3-1 y B.3.4.3-3 del capítulo B.3 de la NSR-10.

Tabla 3. *Cargas muertas entrepiso*

1. ENTREPISO		
CARGAS MUERTAS		Sub total
Viguetas	0.12 x 0.50 x 24 KN/m ²	1,44
Aligeramiento		0,3
Fachada y particiones	Por tabla B.3.4.3-1	2
Afinado de piso	Por tabla B.3.4.3-1	1,5
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 12 mm de mortero	Por tabla B.3.4.1-3	0,8
Cielorraso	Por tabla B.3.4.3-3	0
TOTAL		6,04 KN/m²

Nota. Fuente: Autor

En cuanto a la carga viva, se toma en cuenta la tabla B.4.2.1-1 del capítulo B.4 de la NSR-10, debido a que se está diseñando una edificación de tipo educativa se aplica una carga viva de 2 KN/m² para salones de clase y de 5 KN/m² para escaleras y corredores.

Figura 20. *Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas*

Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Reunión	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestibulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
	Corredores y escaleras	3.0	300
Oficinas	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500
	Salones de clase	2.0	200
Educativos	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
	Estanterías	7.0	700
Fábricas	Industrias livianas	5.0	500
	Industrias pesadas	10.0	1000

Nota. Tomada de la Norma sismo resistente NSR-10 título B, capítulo B.4, pag. B-15.

En cuanto a la cubierta, debido a que esta se proyecta como una placa de concreto se plantea su diseño como una placa aligerada en la que intervienen las siguientes cargas muertas: de viguetas, de afinado de piso y de cubierta y de aligeramiento. Como se mencionó anteriormente la carga de viguetas se calcula mediante el producto del ancho, alto y el peso específico del concreto, la carga por afinado de piso y de cubierta se obtiene a partir de la tabla B.3.4.3-1 de la NSR-10. A continuación, se observan los valores para cada uno de los ítems anteriormente mencionados.

Tabla 4. *Cargas muertas cubierta*

2. CUBIERTA			
CARGA MUERTA			
Viguetas	0.12 x 0.50 x 24 KN/m ²	1,44	
Afinado de piso y de cubierta	Por tabla B.3.4.3-1	1,5	
Aligeramiento		0,3	
TOTAL		3,24	KN/m ²

Nota. Fuente: Autor

La carga viva de cubierta se elige teniendo en cuenta la tabla B.4.2.1-2 de la NSR-10 donde se elige una carga de 1.8 KN/m², debido a que esta cubierta es plana con acceso totalmente limitado al personal de mantenimiento y a través de un acceso (puerta, reja, o trampa) que permanezca siempre cerrada con llave.

Figura 21. Cargas vivas mínimas en cubiertas, azoteas y terrazas

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
(A) Cubiertas, azoteas y terrazas planas con acceso totalmente limitado al personal de mantenimiento y a través de un acceso (puerta, reja, o trampa) que permanezca siempre cerrada con llave, u otro elemento de seguridad equivalente, que esté bajo custodia y responsabilidad del propietario del inmueble o de su administrador. Esta limitación debe quedar consignada en el reglamento de copropiedad cuando se trata de copropiedades. Cualquier modificación a este tipo de acceso requiere licencia de construcción y constituirá un cambio de uso con las implicaciones correspondientes.	1.80	180
(B) Cubiertas, azoteas y terrazas a las cuales haya acceso al público o los usuarios de la edificación sin restricción (véanse las Notas 2 y 3)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
(C) Cubiertas, azoteas y terrazas con acceso únicamente desde un bien privado según la licencia de construcción y el reglamento de copropiedad (véanse las Notas 2 y 3)	La misma correspondiente en la Tabla B.4.2.1-1 del espacio desde el cual se les da acceso (Nota-4)	La misma correspondiente en la Tabla B.4.2.1-1 del espacio desde el cual se les da acceso (Nota-4)
(D) Cubiertas, azoteas y terrazas autorizadas en la licencia de construcción y el reglamento de copropiedad como elementos comunales recreativos, o como jardines comunales de cubierta, o para reuniones públicas o privadas (véanse las Notas 2 y 3)	5.00	500
(E) Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
(F) Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada y sin posibilidad alguna de acceso a personas diferentes del personal de mantenimiento	0.50	50

Nota. Tomada de la Norma sismo resistente NSR-10 título B, capítulo B.4, pag. B-16.

En el capítulo B de la norma NSR-10 se establece que para cubiertas se debe tener en cuenta un valor de carga que corresponde a la carga de empozamiento de agua, en este caso se escoge un valor de 1 KN/m².

Cada uno de los valores de carga anteriormente mencionados son ingresados al modelo donde se verifica la correcta asignación de carga a cada una de las losas. En las siguientes figuras se pueden observar las cargas actuantes sobre una losa de entrepiso y las actuantes sobre una losa de cubierta.

Figura 22. *Asignación de carga losa de entepiso*

Slab Information

Object ID

Story	Label	Unique Name
NIVEL+4.60	F59	14

GUID: b323d945f293-4e4d-bbc5-6d6b2fadac57

Object Data

Geometry Assignments Loads

- ▼ **Load Pattern: D**
 - > Uniform 6,04 kN/m²
- ▼ **Load Pattern: L**
 - > Uniform 2 kN/m²

Nota. Fuente: Autor

Figura 23. *Asignación de carga losa de cubierta*

Slab Information

Object ID

Story	Label	Unique Name
NIVEL+8.50	F59	84

GUID: 603768d2-3097-4d06-8382-370902aec3d

Object Data

Geometry Assignments Loads

- ▼ **Load Pattern: D**
 - > Uniform 3,24 kN/m²
- ▼ **Load Pattern: E**
 - > Uniform 1 kN/m²
- ▼ **Load Pattern: L**
 - > Uniform 1,8 kN/m²

Nota. Fuente: Autor

Por otro lado, es importante configurar la masa de la estructura dentro del modelo, es decir, la masa de la estructura estará determinada por el caso de carga muerta. A continuación, se puede ver la configuración de esta propiedad en ETABS, en la que se escoge la carga muerta como el caso de carga que determina la masa de la estructura.

Figura 24. Configuración de masa

Mass Source Data

Mass Source Name:

Mass Source

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

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
D	1

Buttons: Add, Modify, Delete

Mass Options

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

Buttons: OK, Cancel

Nota. Fuente: Autor

Análisis del modelo

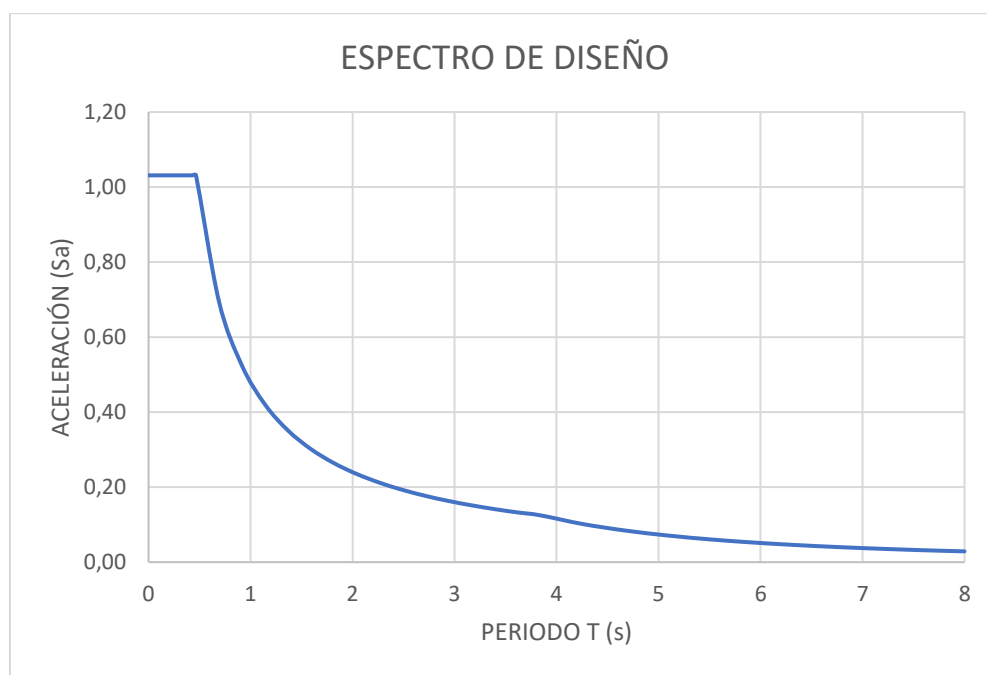
Espectro de diseño

El proceso para el cálculo del espectro elástico de aceleración para análisis como fracción de gravedad se tuvo en cuenta lo planteado en la NSR-10 Título A- Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. El espectro de diseño se grafica teniendo en cuenta la pseudo aceleración (S_a) y el periodo T dado en segundos, para el centro de atención al ciudadano se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

Tabla 5. *Valores para espectro de diseño*

Aa	0,3	Apéndice A-4
Av	0,2	Apéndice A-4
Fa	1,1	Tabla A.2.4-3
Fv	1,6	Tabla A.2.4-4
I	1,25	Tabla A.2.5-1
TC	0,47	A.2.6-2
TL	3,84	A.2.6-4

Nota. Fuente: Autor

Figura 25. *Espectro de diseño*

Periodo

Según el apartado A.4.2.1, el valor del período fundamental de la edificación, **T**, debe obtenerse a partir de las propiedades de su sistema de resistencia sísmica, en la dirección bajo consideración, de acuerdo con los principios de la dinámica estructural, utilizando un modelo matemático linealmente elástico de la estructura. También se establece que este periodo no puede exceder el valor de $C_u T_a$, donde C_u y T_a se calculan así:

$$C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$$

$$T_a = C_t h^\alpha$$

Los valores que intervienen en el cálculo de C_u , A_v y F_v son establecidos por la NSR-10 como se explicó anteriormente.

La tabla A.4.2-1 de la NSR-10 establece los valores de C_t y el coeficiente α para el cálculo del período aproximado (T_a), el Centro de Atención al Ciudadano se clasifica como un pórtico de concreto reforzado resistente a momentos, por lo que estos parámetros tendrán los valores que se indican a continuación.

Figura 26. Valores de los parámetros C_t y α

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9

Nota. Tomada de la Norma sismo resistente NSR-10 título A, capítulo A.4, pag. A-64.

Al tener estas condiciones presentes se procede a verificar el periodo de la estructura, en la siguiente figura se puede observar que estas no se cumplen.

Figura 27. Verificación del periodo

CALCULO DEL PERIODO (T_a)			
Ct	0,047		
α	0,9		
h	8,5	m	
T_a	0,32	$T_a = C_t h^\alpha$	A.4.2-3
Cu	1,37	$C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$	A.4.2-2
CuTa	0,44	S	
T modelo	0,605	S	
Verificación del periodo de la estructura			
Tmax =	0,44	Tmodelo =	0,61
NO CUMPLE			

Nota. Fuente: Autor

Derivas

El capítulo A.6 de la norma sismo resistente brinda los límites permisibles para los valores de deriva, si esta se expresa como porcentaje de la altura de piso se tiene que para estructuras de concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.1.3, la deriva máxima es el 1% de la altura de piso.

Con el fin de obtener los valores de las derivas de la estructura resulta necesario correr el modelo, donde se obtiene una matriz en la que se relacionan diferentes propiedades como el nivel del piso que se evalúa, su altura y los resultados de las derivas en el sentido X y en el sentido Y.

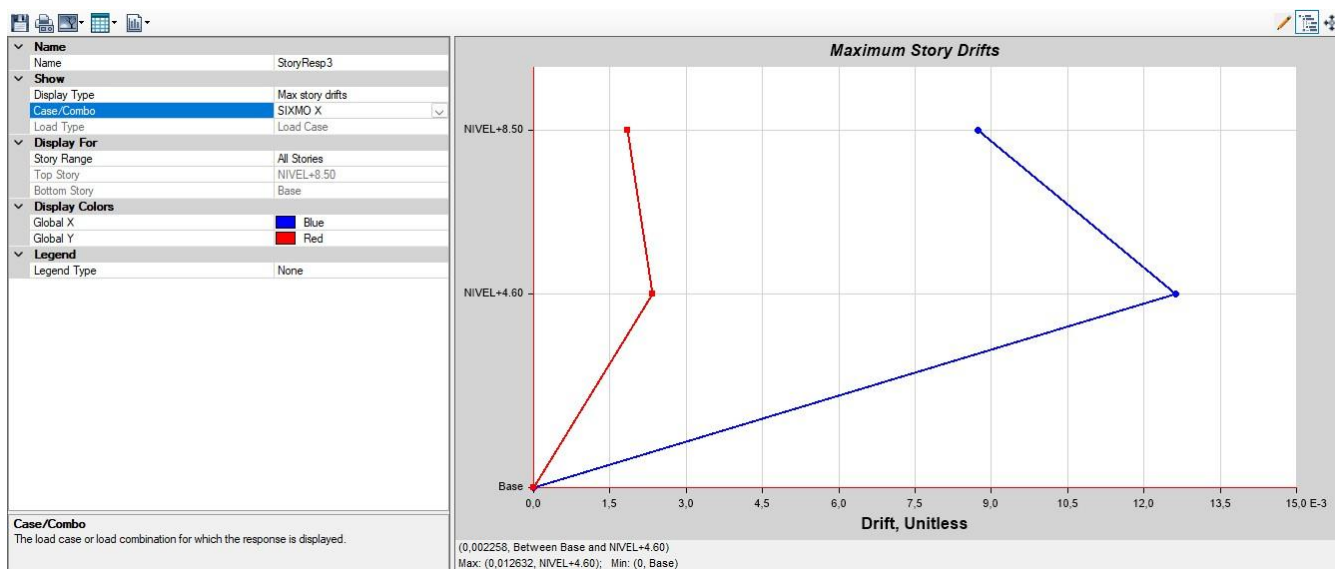
En las siguientes figuras se puede ver que las derivas en el sentido X y Y exceden el límite de la deriva, por lo que no está cumpliendo con lo establecido por la normativa.

Figura 28. Valores de deriva sentido X

Story Response					
	Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
▶	NIVEL+8.50	8,5	Top	0,008739	0,00184
	NIVEL+4.60	4,6	Top	0,012632	0,002343
	Base	0	Top	0	0

Nota. Fuente: Autor

Figura 29. Grafica de deriva sentido X



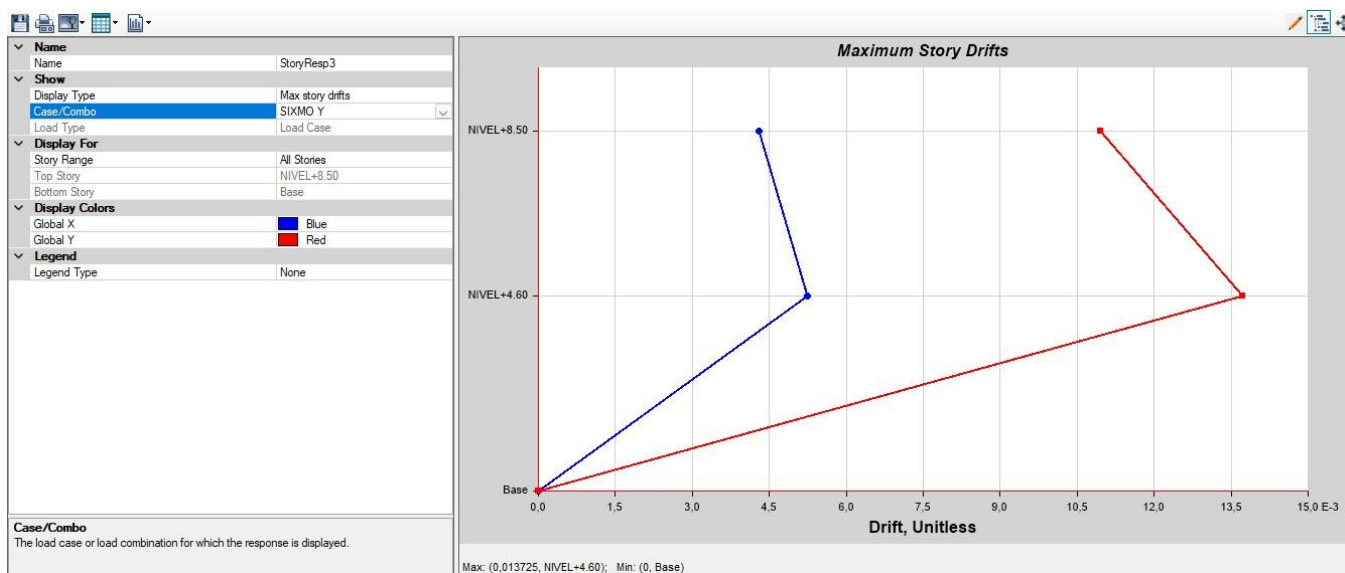
Nota. Fuente: Autor

Figura 30. Valores de deriva sentido Y

Story Response					
	Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
	NIVEL+8.50	8,5	Top	0,004298	0,010961
	NIVEL+4.60	4,6	Top	0,005233	0,013725
	Base	0	Top	0	0

Nota. Fuente: Autor

Figura 31. Grafica de deriva sentido Y



Nota. Fuente: Autor

Ajuste y optimización del diseño

Como se nombró anteriormente los requisitos de periodo y deriva no se están cumpliendo, por lo que es necesario realizar un ajuste en las secciones de columnas. En los puntos menos críticos

se incrementan las secciones a 50x60 cm, se aumenta la dimensión en el sentido Y ya que es el sentido en el que las derivas tienen un valor más crítico. Para las columnas del eje A se ajusta la sección a 50x70 cm ya que en estos puntos se presentaban derivas más críticas.

Al realizar estos ajustes se obtiene un valor de periodo de 0.43, el cual cumple con las especificaciones establecidas por la NSR-10.

Figura 32. Verificación del periodo ajustado

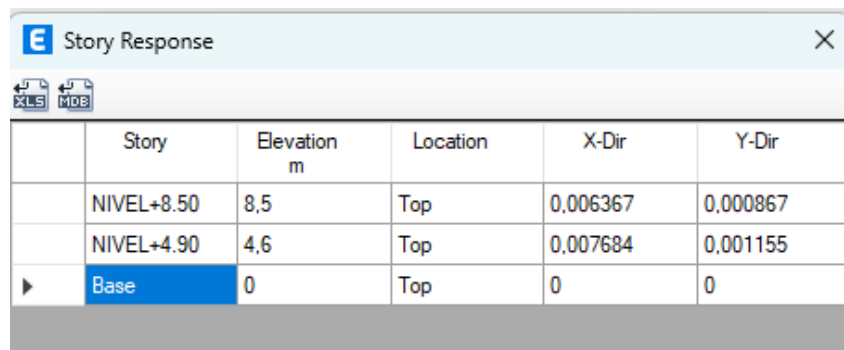
CALCULO DEL PERIODO (T_a)			
Ct	0,047		
α	0,9		
h	8,5	m	
T_a	0,32	$T_a = C_t h^\alpha$	A.4.2-3
Cu	1,37	$C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$	A.4.2-2
CuTa	0,44	S	
T modelo	0,43	S	

Verificación del periodo de la estructura			
Tmax =	0,44	Tmodelo =	0,43
CUMPLE			

Nota. Fuente: Autor

También las derivas en sentido X y sentido Y tienen un valor menor que el 1% de la altura de piso, por lo que ya cumplen con el límite establecido en el capítulo A.6 de la NSR-10.

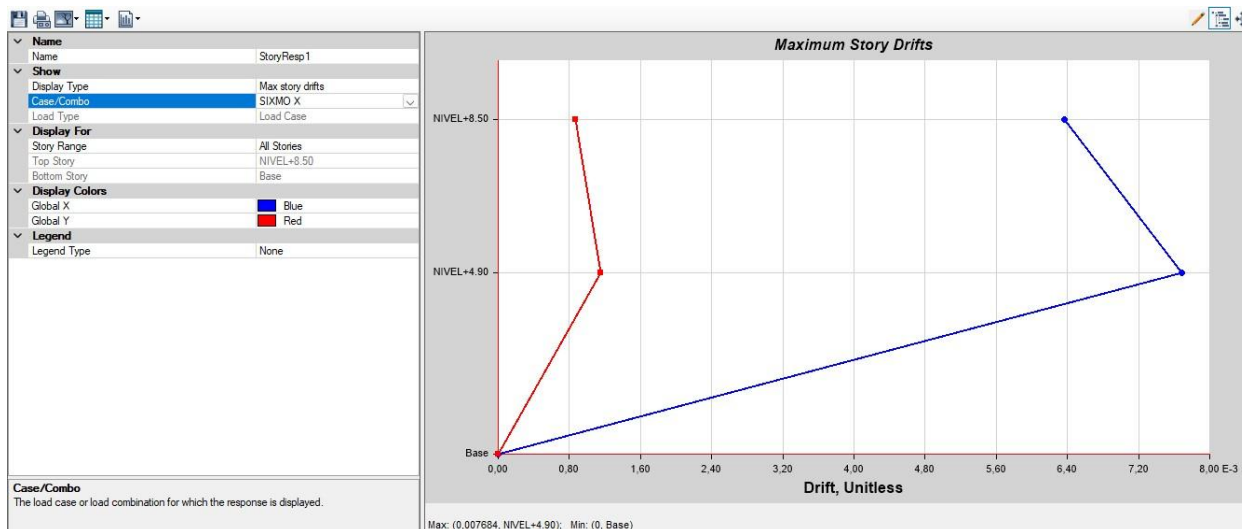
Figura 33. Verificación del periodo ajustado



	Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
	NIVEL+8.50	8,5	Top	0,006367	0,000867
	NIVEL+4.90	4,6	Top	0,007684	0,001155
▶	Base	0	Top	0	0

Nota. Fuente: Autor

Figura 34. Grafica de deriva ajustada sentido X



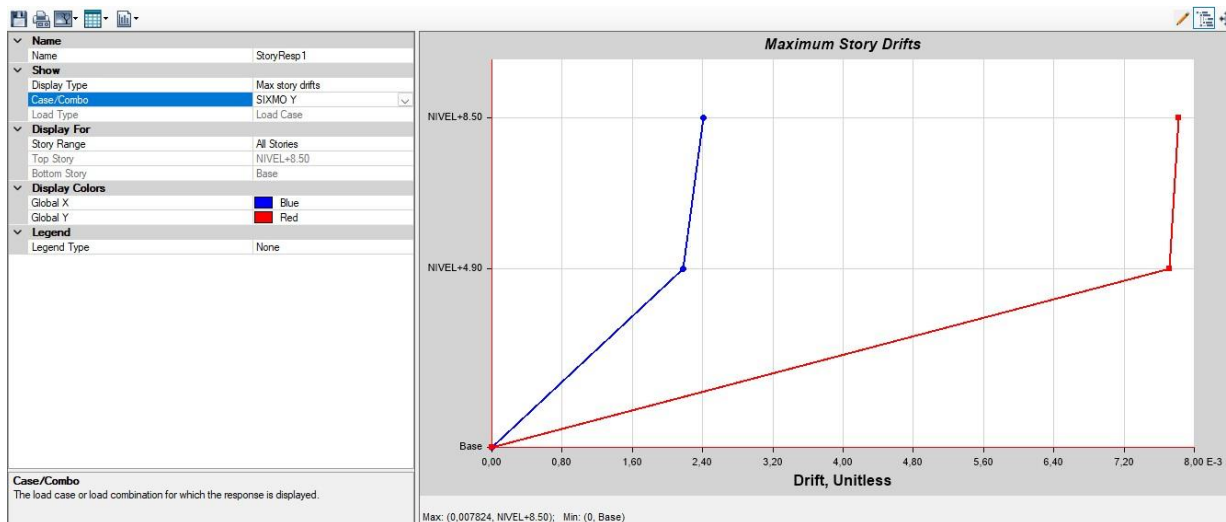
Nota. Fuente: Autor

Figura 35. Valores ajustados de deriva sentido Y

Story Response					
	Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
▶	NIVEL+8.50	8,5	Top	0,002405	0,007824
	NIVEL+4.90	4,6	Top	0,002181	0,007713
	Base	0	Top	0	0

Nota. Fuente: Autor

Figura 36. Grafica de deriva ajustada sentido Y



Nota. Fuente: Autor

Evaluación del coeficiente de capacidad de disipación de energía R

El apartado A.3.7 establece que las fuerzas sísmicas de diseño deben ser reducidas por el coeficiente de capacidad de disipación de energía R , el cual depende del sistema de resistencia sísmica. Este coeficiente se reduce por los coeficientes de reducción de capacidad de disipación de energía por irregularidades en altura, en planta, y por ausencia de redundancia del sistema estructural de resistencia sísmica.

La tabla A.3-3 indica que el valor de R_0 para un sistema de pórtico resistente a momentos de concreto y con capacidad de disipación de energía especial es 7.0.

Figura 37. Sistema estructural de pórtico resistente a momentos

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)									
a. De concreto (DES)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite

Al realizar la evaluación de la irregularidad en planta se puede identificar que la estructura tiene una irregularidad de tipo 2P que hace referencia a los retrocesos excesivos en las esquinas, por lo que el valor de ϕ_p se toma como 0,9.

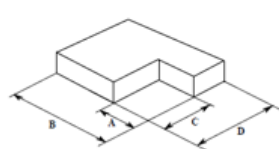
Figura 38. Evaluación de irregularidad en planta

IRREGULARIDADES EN PLANTA				
TIPO	DESCRIPCION	ϕ_p	REVISION	CUMPLE
1aP	Irregularidad torsional	0,9	Cumple	1
1bP	Irregularidad torsional extrema	0,8	Cumple	1
2P	Retrocesos excesivos en las esquinas	0,9	No Cumple	0,9
3P	Discontinuidades en el diafragma	0,9	Cumple	1
4P	Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales	0,8	Cumple	1
5P	Sistemas no paralelos	0,9	Cumple	1
CONFIGURACION IRREGULAR EN PLANTA				0,9

Nota. Fuente: Autor

Además, se hace una revisión por formulación donde se tienen en cuenta las dimensiones totales de la estructura en el sentido X y Y y las dimensiones del retroceso más crítico de la estructura. Por medio de esta fórmula se determina que la estructura está sometida bajo esta irregularidad.

Figura 39. Revisión por formulación irregularidad en planta

REVISION POR FORMULACION IRREGULARIDADES EN PLANTA				
A > 0.15B y C > 0.15D 	DATOS FORMULA		Revisión	Cumple
	RETROCESOS EN LAS ESQUINAS			
	Sentido X			
	A	22,79	9,2205	No Cumple
	B	61,47		
	Sentido Y			
	C	6,35	4,5915	No Cumple
	D	30,61		

Nota. Fuente: Autor

Para la irregularidad en altura, la edificación no presenta irregularidades de este tipo por lo que ϕ_a tiene un valor de 1.0.

Figura 40. Evaluación de irregularidad en altura

IRREGULARIDADES EN ALTURA				
TIPO	DESCRIPCION	ϕ_a	REVISION	CUMPLE
1aA	Piso flexible (Irregularidad en rigidez)	0,9	Cumple	1
1bA	Piso flexible (Irregularidad extrema en rigidez)	0,8	Cumple	1
2A	Irregularidad en la distribución de las masas	0,9	Cumple	1
3A	Irregularidad geométrica	0,9	Cumple	1
4A	Desplazamientos dentro del plano de acción	0,8	Cumple	1
5aA	Piso débil — Discontinuidad en la resistencia	0,9	Cumple	1
5bA	Piso débil — Discontinuidad extrema en la resistencia	0,8	Cumple	1
CONFIGURACION IRREGULAR EN ALTURA				1

Nota. Fuente: Autor

Para la configuración de irregularidad por ausencia de redundancia se tiene un ϕ_r de 1.0.

Figura 41. Evaluación de irregularidad por ausencia de redundancia estructural

REDUNDANCIA ESTRUCTURAL				
TIPO	DESCRIPCION	FR	REVISION	CUMPLE
1	Perdida de resistencia en Sistema Portico	0,75	CUMPLE	1
2	Perdida de Resistencia en Sistema con Muros Estructurales	0,75	CUMPLE	1
	Redundancia Estructural $Fr =$			1.00

Nota. Fuente: Autor

Finalmente se tiene un coeficiente de capacidad de disipación de energía de 6.3.

Figura 42. Evaluación del coeficiente de capacidad de disipación de energía R

$R_o =$	7
Configuración Irregular en planta $O_p =$	0,9
Configuración Irregular en alzado $O_a =$	1
Redundancia Estructural $Fr =$	1
$R =$	6,3

Nota. Fuente: Autor

Cortante basal

Dentro del análisis dinámico se establece la determinación del cortante en la base para la estructura mediante el producto de la masa de la estructura por la gravedad por la aceleración (S_a) obtenida anteriormente.

Figura 43 *Cálculo del cortante en la base*

CORTANTE EN LA BASE		
$V_s = S_a * W$		
W	24107,966	KN
Sa	0,98	
Vs	23625,8067	KN

Nota. Fuente: Autor

Según el apartado A.5.4.5 de la NSR-10 se debe realizar un ajuste de los resultados el valor del cortante dinámico total en la base, V_{tj} , obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, j , no puede ser menor que el 80 por ciento para estructuras regulares, o que el 90 por ciento para estructuras irregulares, del cortante sísmico en la base. Como la edificación es irregular se toma un ajuste del 90%.

Figura 44. *Ajuste del cortante basal*

CORTANTE BASAL LIMITE ESTRUCTURAS IRREGULARES		
Vs	90%	* Vb
Vs	21263,22601	KN

Nota. Fuente: Autor

Este cortante basal se debe verificar con los datos obtenidos por medio del modelo, por esto se comparará el valor del cortante basal corregido con el cortante basal en el sentido X y Y obtenido a través del modelo. Este cortante basal se obtiene de la aplicación del caso de carga Sismo X y Sismo Y.

Figura 45. *Ajuste del cortante en Sentido X y en Sentido Y*

AJUSTE DEL CORTANTE BASAL					
Cortante por Sismo X en X	V _x /V _s	Factor de ajuste (FajusteX)	Cortante por Sismo Y en Y	V _y /V _s	Factor de ajuste (FajusteY)
20970,6916	0,99	9,68	20305,7904	0,95	9,37

Nota. Fuente: Autor

Combinaciones de carga

La NSR-10 en el título B capítulo B.2 indica que “el diseño de las estructuras, sus componentes y cimentaciones debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas en las siguientes combinaciones:”

$$1.4D \quad (B.2.4-1)$$

$$1.2D + 1.6L + 0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.4-2)$$

$$1.2D + 1.6(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) + (1.0L \text{ ó } 0.5W) \quad (B.2.4-3)$$

$$1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.4-4)$$

$$1.2D + 1.0E + 1.0L \quad (B.2.4-5)$$

$$0.9D + 1.0W \quad (B.2.4-6)$$

$$0.9D + 1.0E \quad (B.2.4-7)$$

Donde las fuerzas sísmicas E deben estar reducidas por el inverso del coeficiente de capacidad de disipación de energía, es decir, $1/6.3 = 0.16$, por lo que se obtienen las siguientes combinaciones:

Figura 46. Combinaciones básicas

B.2.4.2 — COMBINACIONES BÁSICAS — El diseño de las estructuras, sus componentes y cimentaciones debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas en las siguientes combinaciones:							
COMBINACIÓN 1	1,4	D					
B.2.4-1							
COMBINACIÓN 2	1,2	D	1,6	L	0,5	G	
B.2.4-2							
COMBINACIÓN 3	1,2	D	1	L	1,6	G	
B.2.4-3							
COMBINACIÓN 4	1,2	D	1	L	0,5	G	
B.2.4-4							
COMBINACIÓN 5	1,2	D	1	L	1	FUERZA X	0,16
B.2.4-5							
COMBINACIÓN 6	1,2	D	1	L	1	FUERZA Y	0,16
B.2.4-5							
COMBINACIÓN 7	0,9	D	0,9	H			
B.2.4-6							
COMBINACIÓN 8	0,9	D	1	FUERZA X	0,16		
B.2.4-7							
COMBINACIÓN 9	0,9	D	1	FUERZA Y	0,16		
B.2.4-7							

Nota. Fuente: Autor

Cabe aclarar que según la NSR-10 en el apartado A.3.6.3 establece la dirección de aplicación de las fuerzas sísmicas, plantea que para evaluar efectos ortogonales en la estructura se considera la concurrencia simultánea del 100% de las fuerzas sísmicas en una dirección y el 30% de las fuerzas sísmicas en la dirección perpendicular. En este caso la Fuerza X está conformada por el sismo X y sismo Y, donde sismo X se usa al 100% mientras que Sismo Y se reduce al 30%, lo mismo sucede con la fuerza Y.

Figura 47. Fuerzas sísmicas

FUERZA X	SISMO X	1	
	SISMO Y	0,3	
FUERZA Y	SISMO X	1	
	SISMO Y	0,3	

Nota. Fuente: Autor

Las combinaciones 5 y 6 están basadas en la ecuación B.2.4-5, donde la combinación 5 actúa para la fuerza x y la combinación 6 se usa en función de la fuerza Y. Algo similar sucede con las combinaciones 8 y 9, donde se usa como base la ecuación B.2.4-7.

Además de las combinaciones básicas en el apartado A.3.3.9 de la NSR-10 se presenta la siguiente ecuación, la cual permite la estructuración de combinaciones para revisión de nudos y conexiones incluyendo el coeficiente de sobre resistencia.

$$E = \frac{\Omega_0 F_s}{R} \pm 0.5 A_a F_a D \quad (\text{A.3.3-2})$$

El factor de sobre resistencia Ω se obtiene de la tabla A.3-3 de la normativa, donde este tiene un valor de 3.00 para pórticos resistentes a momentos. El factor usado en las combinaciones de carga es Ω_0 y se obtiene así:

$$\Omega_0 = \frac{\Omega}{R}$$

La ecuación (A.3.3-2) aplicándola a las combinaciones de sismo e y y f queda reducida a:

$$(1.2 \pm 0.5 A_a F_a) D + \Omega_0 E + 1L$$

$$(0.9 \pm 0.5 A_a F_a) D + \Omega_0 E$$

Al aplicar estas ecuaciones se obtienen las siguientes combinaciones:

Figura 48. *Combinaciones para revisión de nudos y conexiones incluyendo el coeficiente de sobre resistencia*

COMBINACIÓN 10	1,365	D	1	L	1	FUERZA X	0,4762
COMBINACIÓN 11	1,035	D	1	L	1	FUERZA X	0,4762
COMBINACIÓN 12	1,365	D	1	L	1	FUERZA Y	0,4762
COMBINACIÓN 13	1,035	D	1	L	1	FUERZA Y	0,4762
COMBINACIÓN 14	1,065	D			1	FUERZA X	0,4762
COMBINACIÓN 15	0,735	D			1	FUERZA X	0,4762
COMBINACIÓN 16	1,065	D			1	FUERZA Y	0,4762
COMBINACIÓN 17	0,735	D			1	FUERZA Y	0,4762

Nota. Fuente: Autor

Por otro lado, existen combinaciones para revisión del diseño a cortante en vigas (Según C.21.3.3.B), donde se aplica la siguiente ecuación.

$$U = 1.2D + 2.0E + 1.0L$$

En este caso la norma establece que para el cortante de vigas se toma el doble de las cargas sísmicas que actúan sobre la estructura, por lo que resultan las siguientes combinaciones:

Figura 49. *Combinaciones para diseño a cortante de vigas*

COMBINACIÓN 18	1,2	D	1	L	2	FUERZA X	0,3175
COMBINACIÓN 19	1,2	D	1	L	2	FUERZA Y	0,3175
COMBINACIÓN 20	0,9	D			2	FUERZA X	0,3175
COMBINACIÓN 21	0,9	D			2	FUERZA Y	0,3175

Nota. Fuente: Autor

Cada una de las combinaciones anteriormente descritas se introducen en el modelo en ETABS para tenerlas presentes a la hora de diseñar los elementos estructurales.

Teniendo en cuenta el proceso de análisis anteriormente descrito se obtienen las dimensiones finales de los elementos estructurales, las cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6. *Resumen dimensiones elementos estructurales*

ELEMENTO ESTRUCTURAL	DIMENSIONES (cm)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (MPa)
COLUMNA	40x50	28
COLUMNA	50x60	28
COLUMNA	50x70	28
COLUMNA	70x50	28
VIGA	15X50	28
VIGA	25X50	28
VIGA	30X50	28
VIGA	40X50	28

Nota. Fuente: Autor

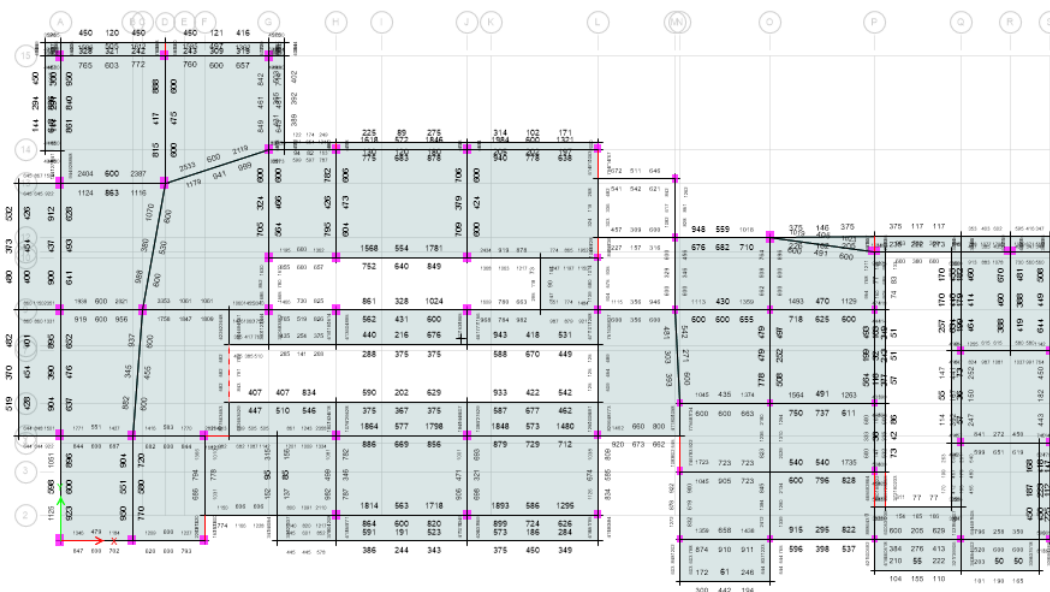
CAPITULO 2. ELABORACIÓN Y DETALLADO DE PLANOS ESTRUCTURALES

Elaboración del detallado estructural

El despiece de los elementos estructurales es una de las partes más importantes dentro del diseño estructural por lo que se debe ser muy cuidadoso y tener en cuenta diferentes especificaciones dadas por la norma en el título C. Para el detallado estructural del centro de atención al ciudadano se usa el software DC CAD 3 con licencia DDS-2022-08-15-K325, el cual permite el diseño de vigas y columnas.

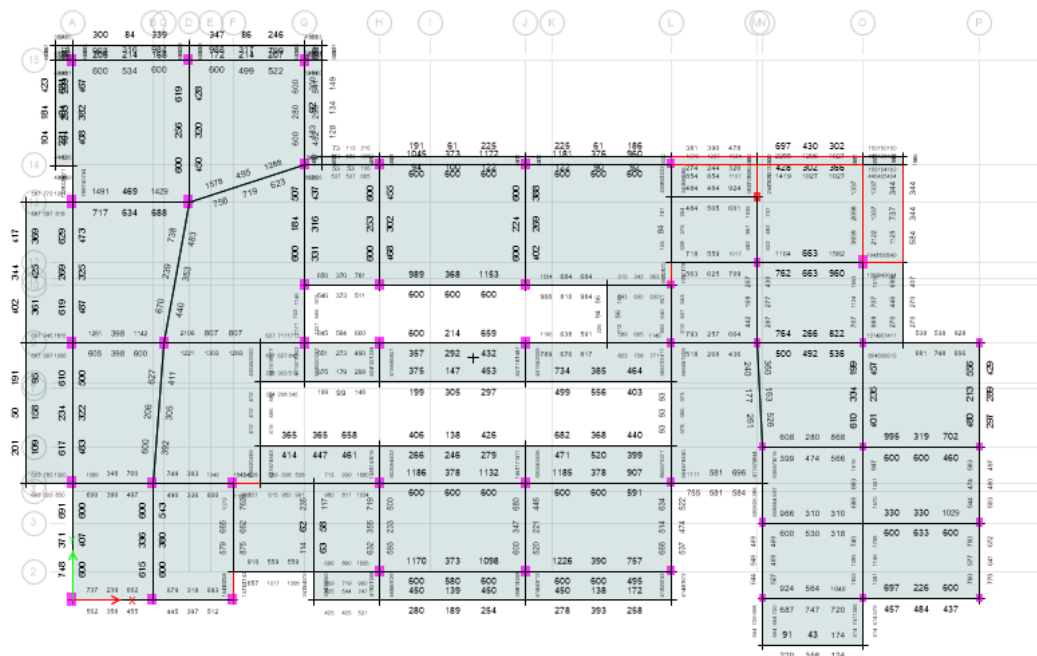
Inicialmente se deben diseñar los elementos estructurales en ETABS, el cual proporciona los valores del área de acero mínimo requerido para cada uno de los elementos estructurales.

Figura 50. Solicitaciones de acero para Nivel +4.60 m



Nota. Fuente: Autor

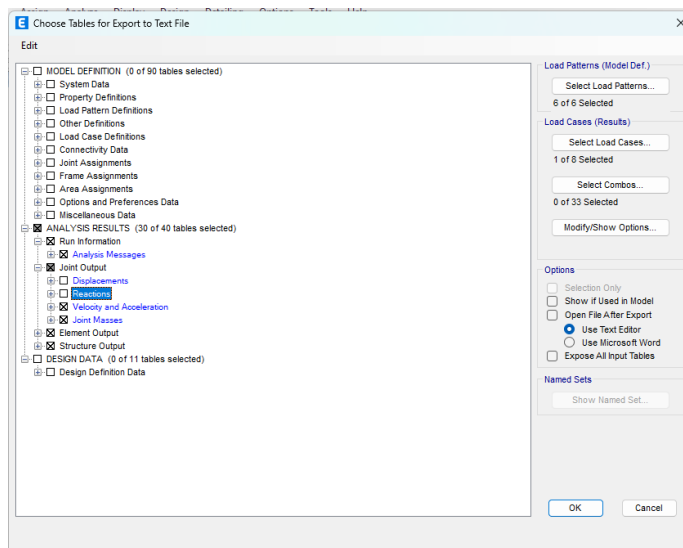
Figura 51. Solicitaciones de acero para Nivel +8.50 m



Nota. Fuente: Autor

Luego se deben exportar las fuerzas actuantes sobre los elementos estructurales desde ETABS hacia DC CAD 3, para esto se debe correr el modelo y exportar en un archivo de texto los resultados del análisis del modelo, en la siguiente figura se puede observar este proceso.

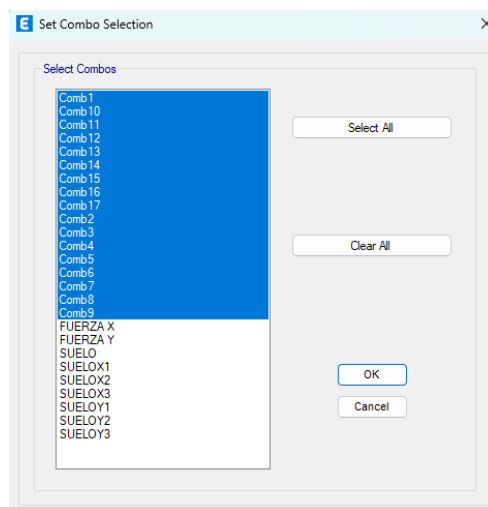
Figura 52. Resultados del modelo en ETABS a exportar



Nota. Fuente: Autor

Luego se seleccionan las combinaciones correspondientes al diseño de vigas y las combinaciones para el diseño de columnas. En el caso de las vigas se eligen las combinaciones del 1 al 9 y para columnas de 1 a 17.

Figura 53. Combinaciones seleccionadas para el diseño de los elementos estructurales



Nota. Fuente: Autor

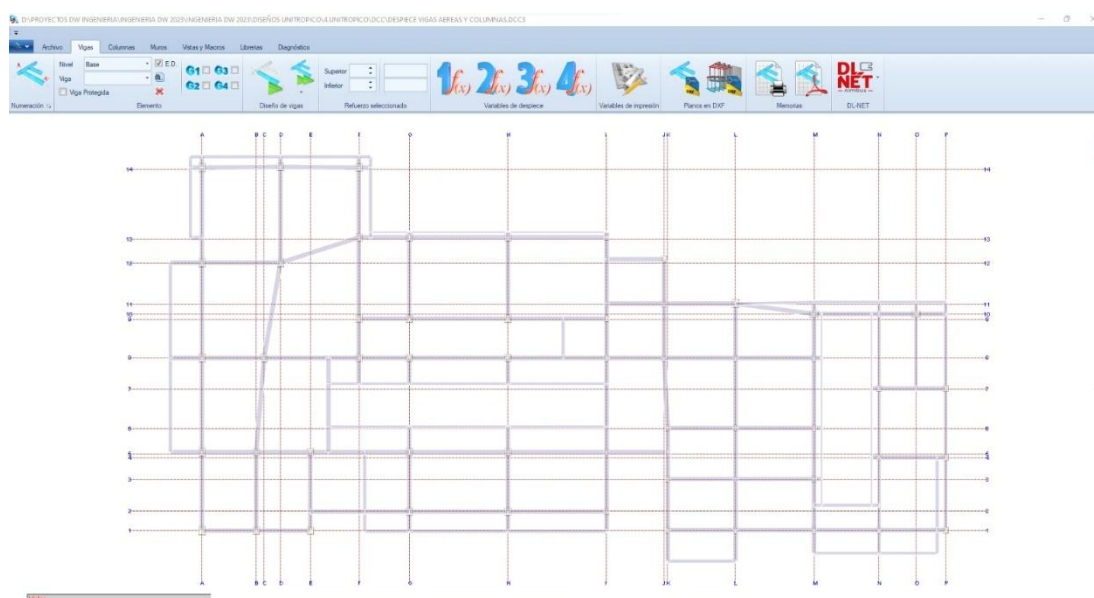
Al ingresar al programa DC CAD 3 se deben cargar las solicitaciones de carga que anteriormente fueron exportadas de ETABS, se selecciona la librería de barras de acero usadas para los despieces; además se configuran las variables de grupo, dentro de las cuales se seleccionan las combinaciones de carga a ser aplicadas, la resistencia del concreto, entre otras variables.

Diseño de vigas

Al iniciar el diseño de vigas estas deben ser numeradas en un orden específico, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

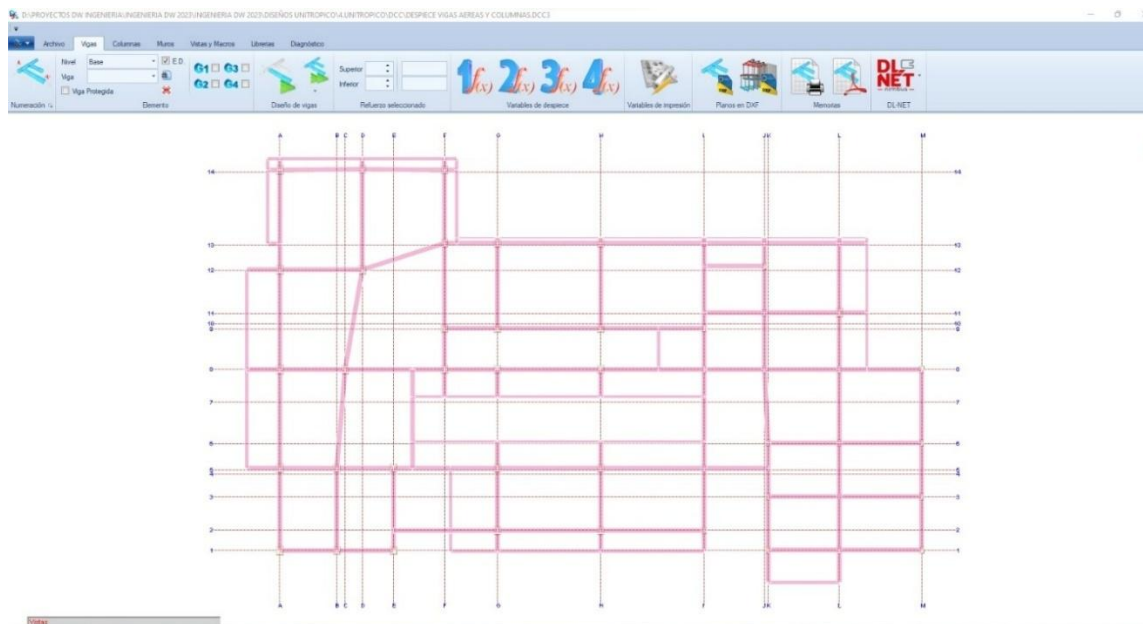
En las siguientes figuras se pueden observar las plantas de vigas del nivel +4.60 m y del nivel +8.50 m dentro del programa DC CAD 3.

Figura 54. *Planta de vigas nivel +4.60 m*



Nota. Fuente: Autor

Figura 55. Planta de vigas nivel +8.50 m



Nota. Fuente: Autor

Al tener todas las vigas numeradas se procede a generar el despiece para cada una, la cantidad de acero a implementar se calcula teniendo en cuenta las solicitudes y los diagramas que brinda el programa. Sumado a esto se deben considerar ciertas condiciones específicas que plantea la NRS-10 relacionadas con el concreto y acero de refuerzo.

El apartado C.7.7 — Protección de concreto para el refuerzo, describe la dimensión del recubrimiento requerido para los elementos estructurales, en el caso de vigas aéreas se tiene un recubrimiento de 40 mm.

En cuanto al refuerzo longitudinal el apartado C.21.5.2.1 establece que los elementos sometidos a flexión deben contener mínimo dos barras continuas en la parte superior e inferior.

Para las vigas del centro de atención al ciudadano se debe calcular la cuantía mínima, balanceada y máxima, obteniendo los siguientes valores:

Tabla 7. *Valores de cuantías*

$\beta =$	0.85
F_y (MPa)	420
F'_c (MPa)	28
ρ_{min}	0.0033
$\rho_{balanceada}$	0.02833

Nota. Fuente: Autor

En el caso del diseño en el programa DC CAD 3 este muestra diagramas de momentos y cortantes en los que se evidencia el área de acero requerida para el buen funcionamiento de las vigas.

Para la construcción del Centro de Atención al Ciudadano se usarán barras de acero de longitud de 12 m; debido a la gran longitud de la viga se deben realizar traslapos o empalmes en las barras longitudinales, siempre teniendo presente que se debe utilizar al máximo la longitud de la barra para evitar desperdicios y evitar una gran cantidad de empalmes que pueden generar efectos negativos en la funcionalidad de la viga.

El apartado C.12.15.3 establece que cuando se presentan traslapos de barras de diferente diámetro, la longitud del empalme debe ser el mayor valor entre la longitud del empalme de la barra de mayor tamaño y el valor de la longitud del empalme de la barra de diámetro menor.

Al traslapar las barras de acero se debe tener especial cuidado no ubicarlos cerca de los nudos, es decir, los empalmes o traslapos no se deben situar a una distancia menor de dos veces la altura de la viga medida desde la cara de la columna, en cambio se busca ubicar el traslapo en la mitad del vano. Además, la norma establece que estos deben ser confinados mediante estribos con una

separación correspondiente al menor valor entre $d/4$ y 100 mm. Donde $d = 437.8$ mm y $d/4=109.45$ mm, por lo que se escoge una separación de 100 mm.

Para el refuerzo transversal en el primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de (a), (b) y (c):

Tabla 8. *Separación de estribos de vigas*

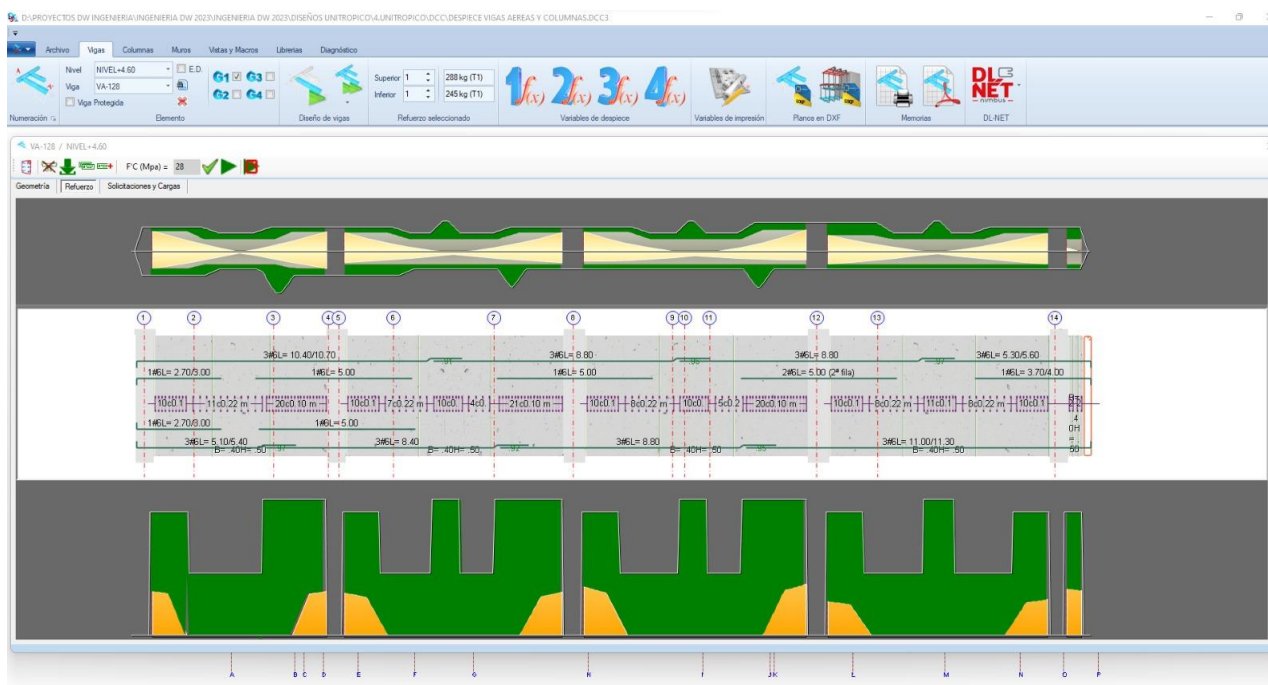
Parámetro	Resultado
$d/4$	109.45 mm
$6db$	133.2 mm
150 mm	150 mm

Nota. Fuente: Autor

Por lo que se escoge 109.45 mm.

En la siguiente figura se muestra el diseño de una viga aérea, la cual se nombra como VA-123 y se ubica en el nivel +4.60 m. En esta viga se puede identificar el cumplimiento de varias condiciones dadas por la NSR-10, al observar los diagramas dispuestos por el programa se verifica el cumplimiento de la cantidad de acero solicitada por la viga, tanto por flexión como por cortante. También se logra ver la correcta ubicación de los traslapes y su respectivo confinamiento con estribos. El programa regula la separación de los estribos y el cumplimiento de la distancia de 50 mm de la cara de la columna.

Figura 56. Diseño de viga VA-123



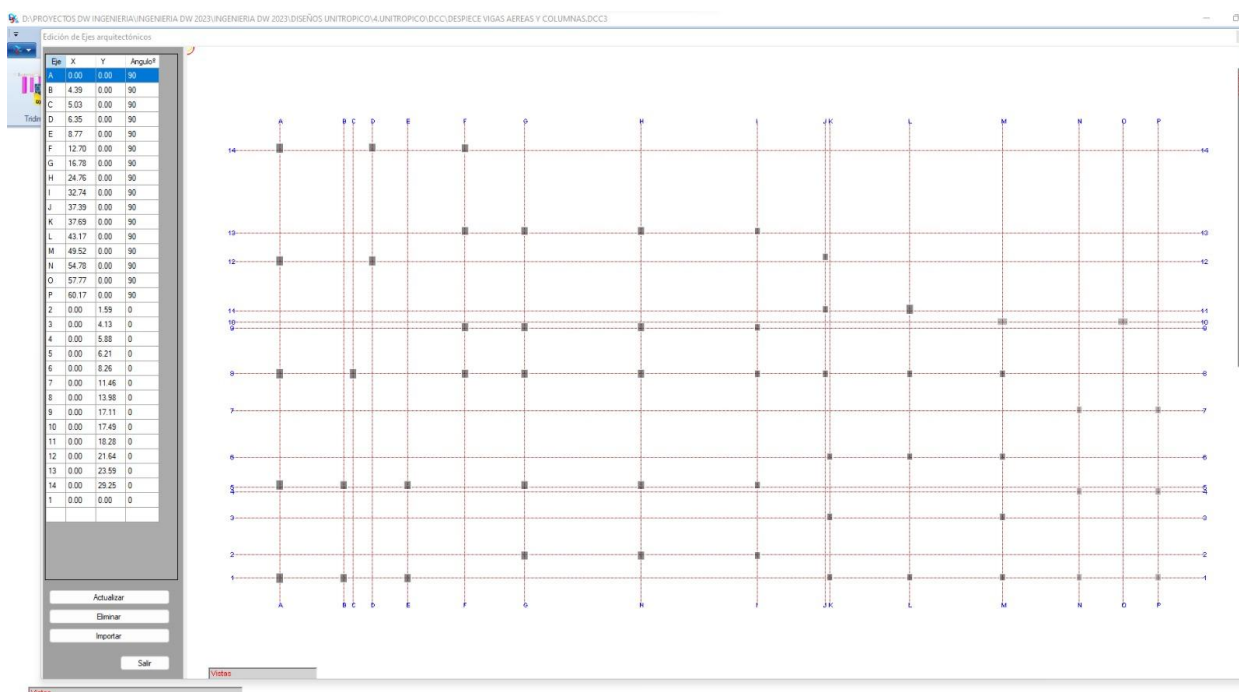
Nota. Fuente: Autor

En resumen, para el proceso de diseño de vigas, primero se deben exportar las solicitaciones de acero de cada viga resultantes luego del modelado y ajuste de la estructura en el programa ETABS, luego, estas se deben ingresar al programa DC CAD 3, el cual permite obtener la distribución de acero necesario para el buen funcionamiento de cada viga. Al realizar este despiece siempre se debe tener en cuenta el cumplimiento de los diferentes parámetros establecidos por la NSR-10 como lo son las zonas de traslapo, zonas de confinamiento y la correcta distribución del acero de refuerzo transversal. Para cada viga de la estructura se realizó el procedimiento anteriormente descrito obteniendo los diferentes despieces necesarios para la construcción de la edificación.

Diseño de columnas

A continuación, se muestra la planta de localización de columnas dentro de DC CAD 3 y la distancia a la que se encuentran los ejes de la estructura.

Figura 57. Localización de columnas en DC CAD 3

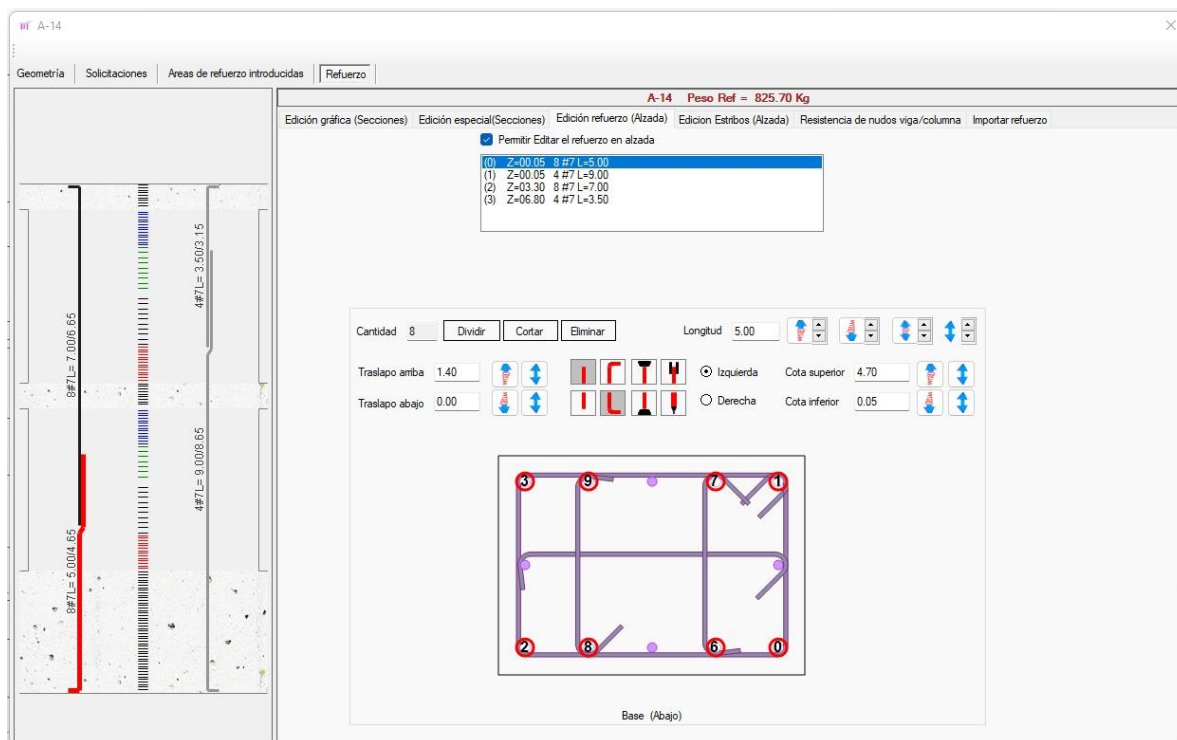


Nota. Fuente: Autor

Al igual que en las vigas, el recubrimiento mínimo es de 40 mm.

Para el diseño de columnas en DC CAD 3 se hace uso de la siguiente interfaz, donde se edita la cantidad de acero longitudinal y transversal necesaria para el cumplimiento de las solicitudes. En esta fase del diseño se escoge y edita la longitud de las barras, la longitud y ubicación del traslapo, buscando siempre usar al máximo la longitud de las barras.

Figura 58. Diseño de columna

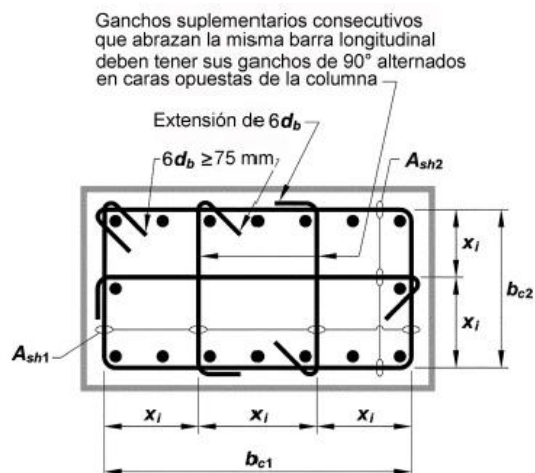


Nota. Fuente: Autor

Según el apartado 21.6.3 de la NSR-10 “Cuando se hace necesario emplear empalmes por traslapo, estos deben estar ubicados cerca del tercio central de la altura de la columna, donde las inversiones de esfuerzos probablemente estén limitadas a un rango menor de esfuerzos que en los lugares cercanos a los nudos.”

Por otro lado, mediante la siguiente figura la norma indica que la distancia x_i medida de centro a centro de las barras no debe ser mayor a 350 mm, de ser mayor se hace necesaria la implementación de un gancho suplementario.

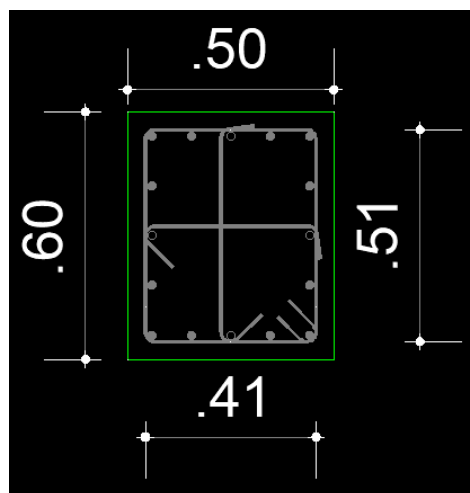
Figura 59. Requisitos ganchos suplementarios



Nota. Fuente: NSR-10

En el caso de la columna tomada de ejemplo esta distancia se supera por lo que se determinó implementar ganchos suplementarios en ambos sentidos.

Figura 60. Inclusión de ganchos suplementarios



Nota. Fuente: Autor

En las columnas se tiene una zona L_o medida desde cada cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos

laterales inelásticos del pórtico, el valor de esta zona se determina mediante la comparación de las siguientes relaciones:

Tabla 9. *Determinación L_o*

Parámetro	Resultado
600 mm	600 mm
$3400/6$	567 mm
450 mm	450 mm

Nota. Fuente: Autor

Entonces L_o será de 600 mm.

Al determinar la separación del refuerzo transversal se deben hacer las siguientes comparaciones dadas en el apartado C.21.6.4.3, tomando el menor valor entre estos.

- (a) La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento.
- (b) Seis veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal menor, y
- (c) So, según lo definido en la ecuación (C.21-5).

Tabla 10. *Separación de estribos de columnas*

Parámetro	Resultado
$500/4$	125 mm
$6*19.1$ mm	115 mm
$100 +(350-28/3)$	123 mm

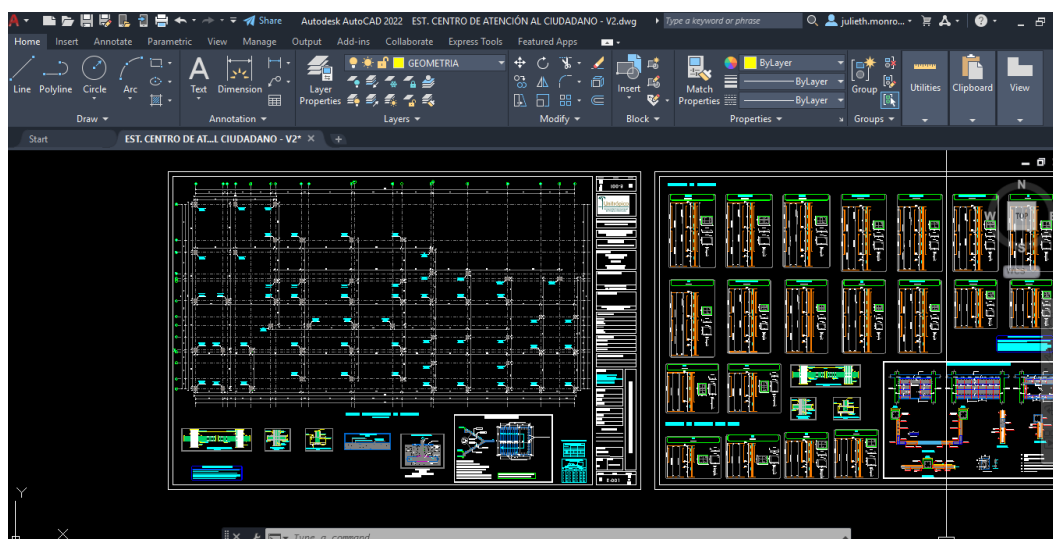
Nota. Fuente: Autor

La separación mínima del refuerzo transversal es de 115 mm.

Generar los planos generales

Dentro de la organización de los planos estructurales finales se encuentran diferentes actividades como la organización de los despieces estructurales generados desde DC CAD 3, acotar cada una de las plantas estructurales obtenidas, ajustar y ubicar distintos detalles estructurales dentro de los rótulos correspondientes, dibujar el corte estructural con el fin de obtener una mejor visualización de la estructura a la hora de revisar los planos y durante la etapa de construcción. En el anexo 3 se pueden observar los planos estructurales finales.

Figura 61. *Generación de planos estructurales*

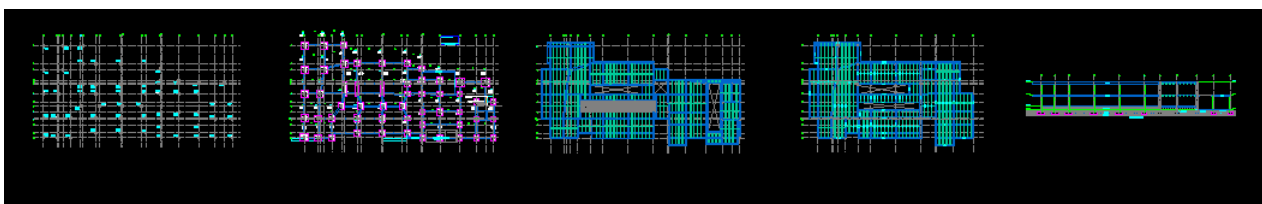


Nota. Fuente: Autor

CAPITULO 3. ELABORACIÓN, ORGANIZACIÓN Y REVISIÓN DE DOCUMENTOS TÉCNICOS

Durante el desarrollo de la práctica se brindó apoyo en el ajuste de la implantación estructural en el proyecto, donde esta es necesaria para la coordinación con otras áreas de diseño como la arquitectónica para la ubicación de los elementos estructurales. Dentro de esta implantación se incluyen plantas estructurales de: localización de columnas, planta inicial de cimentación, planta placa de entrepiso Nivel + 3.40 m, planta placa de cubierta aligerada Nivel + 8.50 m y un corte estructural para la visualización de los niveles.

Figura 62. *Implantación elementos estructurales Centro de Atención al Ciudadano*



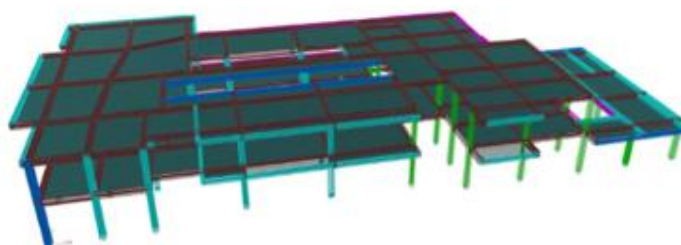
Nota. Fuente: Autor

También se brindó apoyo en la elaboración de las memorias de cálculo propias del centro de atención al ciudadano, en estas se resumen todos los aspectos tenidos durante la etapa de diseño y donde se evidencia el cumplimiento de la normativa colombiana. Inicialmente se anexa la carta de responsabilidad por parte del ingeniero estructural diseñador tal como lo exige la normativa, en este caso firma el ingeniero David Mauricio Díaz Pedraza. A continuación, se describe el sistema estructural implementado, datos generales del diseño y la localización del proyecto. Luego, se describe el pre dimensionamiento de los elementos estructurales, los materiales a usar, evaluación de las solicitaciones de carga, comprobación de la irregularidad de la estructura, chequeo de periodos y derivas. También se incluye el diseño de elementos estructurales, diseño

de cimentación y diseño de elementos no estructurales. En la primera parte de las memorias se describen brevemente cada uno de estos procesos de diseño y se anexan los resultados obtenidos en los programas de diseño ETABS y DC CAD 3.

Figura 63. *Memorias de calculo*

MEMORIAS DE CALCULO DISEÑO ESTRUCTURAL
EDIFICIO CENTRO DE ATENCION AL CIUDADANO
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL TRÓPICO
AMERICANO UNITRÓPICO



Nota. Fuente: Autor

CAPITULO 4. Formulación de presupuesto

Estimación de actividades

Las actividades incluidas dentro del presupuesto se escogen en base al diseño estructural realizado durante el proceso de práctica, por lo que estas actividades se centran principalmente en los elementos estructurales diseñados tales como: columnas, vigas, viguetas y zapatas. Las actividades se clasifican en tres capítulos: cimentación, estructura del nivel +4.60 m y estructura del nivel +8.50 m. A continuación, se pueden visualizar las actividades planteadas dentro de cada capítulo.

Figura 64. *Actividades cimentación*

Item	ACTIVIDAD CIMENTACION	UND
2.1	Excavación zapatas	m3
2.2	Fundida de solado	m3
2.3	Armado de zapatas	
2.3.1	Acero # 5	Kg
2.3.2	Acero # 6	Kg
2.3.3	Acero # 7	Kg
2.4	Fundida de zapatas	m3
2.5	Excavación vigas de cimentación	m3
2.6	Fundida de solados vigas cimentación	m3
2.7	Armado vigas de cimentación	kg
2.7.1	Acero # 3	kg
2.7.2	Acero # 5	kg
2.8	fundida de vigas	m3
2.9	Fundida de sobre piso	m3

Nota. Fuente: Autor

Figura 65. *Actividades Estructura Nivel +4.60 m*

ESTRUCTURA NIVEL + 4,60 m		
3.1	Armado de columnas	kg
3.1.1	Acero # 3	kg
3.1.2	Acero # 6	kg
3.1.3	Acero # 7	kg
3.2	Fundida de columnas	m3
3.3	Armado vigas de entrepiso	kg
3.3.1	Acero # 3	kg
3.3.2	Acero # 5	kg
3.3.3	Acero # 6	kg
3.3.4	Acero # 7	kg
3.3.5	Acero # 8	kg
3.4	Fundida vigas de entrepiso	m3
3.5	Armado viguetas	kg
3.5.1	Acero # 3	kg
3.5.2	Acero # 5	kg
3.5.3	Acero # 6	kg
3.5.4	Acero # 7	kg
3.6	Fundida viguetas	m3

Nota. Fuente: Autor

Figura 66. *Actividades Estructura Nivel +8.50 m*

ESTRUCTURA NIVEL 8.50 m		
4.1	Armado vigas de entrepiso	kg
4.1.1	Acero # 3	kg
4.1.2	Acero # 5	kg
4.1.3	Acero # 6	kg
4.1.4	Acero # 7	kg
4.1.5	Acero # 8	kg
4.2	Fundida vigas de entrepiso	m3

Nota. Fuente: Autor

Al plantear estas actividades y teniendo presentes los planos y especificaciones estructurales se procede a calcular las cantidades de obra, estas incluyen: volumen de excavación para la cimentación (zapatas y vigas de cimentación), volumen de solado, volumen de concreto de 4.000 PSI para toda la estructura, clasificado en zapatas, vigas de cimentación, columnas, vigas de entrepiso nivel +4.60 m, vigas de entrepiso nivel +8.50 m y viguetas; también se calculan las cantidades de acero de refuerzo con diámetros: #3, #5, #6, #7 y #8.

Figura 67. Cantidad de concreto de columnas

CONCRETO COLUMNAS (4.000 PSI)					
DIMENSIONES	BASE	LARGO	ALTURA	CANTIDAD	TOTAL
COLUMNA 50X70	0,5	0,7	10	8	28
COLUMNA 50X60	0,5	0,6	10	19	57
COLUMNA 40X50 TIPO 1	0,4	0,5	10	18	36
COLUMNA 40X50 TIPO 2	0,4	0,5	6,1	6	7,32
COLUMNA 70X50	0,7	0,5	6,1	2	4,27
				TOTAL	132,59

Nota. Fuente: Autor

Figura 68. Cantidad de acero para vigas aéreas nivel +4.60 m

ACERO TOTAL PARA VIGAS AEREAS NIVEL +4.60 m	
DIAMETRO DE BARRA	MASA TOTAL (Kg)
#3	5121
#5	1914
#6	10483
#7	2025
#8	298

Nota. Fuente: Autor

Para la formulación del presupuesto se realiza una búsqueda de precios de los materiales, mano de obra y los equipos que serán usados en la realización de estas actividades, esto se hace mediante el análisis de precios unitario (APU).

Finalmente, teniendo las cantidades de obra y el análisis de precio unitario se estima el valor total del presupuesto estructural el cual es aproximadamente \$ 1.101.811.509.

Figura 69. Presupuesto de obra

Presupuesto de Obra Centro de Atención Al Ciudadano					
Item	ACTIVIDAD	UND	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
2.1	Excavación zapatas	m3	109'7685	\$ 23.203	\$ 2.546.959
2.2	Fundida de solado	m3	21'858	\$ 296.376	\$ 6.478.187
2.3	Armado de zapatas	Kg	4299		
2.3.1	Acero # 5	Kg	3634	\$ 6.256	\$ 22.734.840
2.3.2	Acero # 6	Kg	309	\$ 6.191	\$ 1.911.427
2.3.3	Acero # 7	Kg	356	\$ 6.176	\$ 2.198.537
2.4	Fundida de zapatas	m3	109'7685	\$ 682.471	\$ 74.913.818
2.5	Excavación vigas de cimentación	m3	21'858	\$ 23.203	\$ 507.171
2.6	Fundida de solados vigas cimentación	m3	21'858	\$ 296.376	\$ 6.478.187
2.7	Armado vigas de cimentación	kg	5691		
2.7.1	Acero # 3	kg	2211	\$ 6.854	\$ 15.153.187
2.7.2	Acero # 5	kg	3481	\$ 6.256	\$ 21.774.275
2.8	Fundidad de vigas tipo 1 (0,30*0,30m)	m3	56'2982	\$ 682.471	\$ 38.421.889
2.9	Fundida de sobre piso	m3	200	\$ 682.471	\$ 136.494.200
					\$ 329.612.676
ESTRUCTURA NIVEL + 4,60 m					
3.1	Armado de columnas	kg	39017		
3.1.1	Acero # 3	kg	14342	\$ 6.854	\$ 98.299.802
3.1.2	Acero # 6	kg	5920	\$ 6.191	\$ 36.647.930
3.1.3	Acero # 7	kg	18756	\$ 6.176	\$ 115.835.544
3.2	Fundida de columnas	m3	132'59	\$ 682.471	\$ 90.488.830
3.3	Armado vigas de entrepiso	kg	19843		
3.3.1	Acero # 3	kg	5121	\$ 5.167	\$ 26.462.455
3.3.2	Acero # 5	kg	1914	\$ 6.256	\$ 11.975.519
3.3.3	Acero # 6	kg	10483	\$ 6.191	\$ 64.903.343
3.3.4	Acero # 7	kg	2025	\$ 6.176	\$ 12.508.646
3.3.5	Acero # 8	kg	298	\$ 6.279	\$ 1.873.340
3.4	Fundida vigas de entrepiso	m3	124'53825	\$ 682.471	\$ 84.993.744
3.5	Armado viguetas	kg	4541		
3.5.1	Acero # 3	kg	1549	\$ 6.854	\$ 10.617.690
3.5.2	Acero # 5	kg	203	\$ 6.256	\$ 1.273.073
3.5.3	Acero # 6	kg	2737	\$ 6.191	\$ 16.942.015
3.5.4	Acero # 7	kg	52	\$ 6.176	\$ 321.264
3.6	Fundida viguetas	m3	43'6758	\$ 682.471	\$ 29.807.467
					\$ 602.950.661
ESTRUCTURA NIVEL 8.50 m					
4.1	Armado vigas de entrepiso	kg	15102		
4.1.1	Acero # 3	kg	4216	\$ 6.854	\$ 28.895.930
4.1.2	Acero # 5	kg	1291	\$ 6.256	\$ 8.073.975
4.1.3	Acero # 6	kg	8509	\$ 6.191	\$ 52.678.465
4.1.4	Acero # 7	kg	866	\$ 6.176	\$ 5.348.771
4.1.5	Acero # 8	kg	220	\$ 6.279	\$ 1.383.774
4.2	Fundida vigas de entrepiso	m3	106'76975	\$ 682.471	\$ 72.867.258
					\$ 169.248.172
TOTAL					\$ 1.101.811.509

Nota. Fuente: Autor

Conclusiones

La práctica permitió aplicar y consolidar conocimientos en el uso de software especializado como ETABS, aplicado en el análisis y diseño de sistemas estructurales. Se logró modelar la estructura del Centro de Atención al Ciudadano con precisión, cumpliendo los requerimientos establecidos por la NSR-10 y verificando parámetros fundamentales como derivas, periodo, cortante, etc.

Se adquirieron conocimientos en el manejo de DC-CAD 3 para la elaboración del diseño y despiece de elementos estructurales, lo cuales tienen gran relevancia dentro de los planos estructurales. Así, se obtuvieron planos estructurales detallados asegurando que incluyeran todas las especificaciones técnicas, cotas, detalles constructivos necesarios para una ejecución eficiente y segura en campo.

Como auxiliar estructural, se colaboró activamente en la organización, revisión y elaboración de documentos técnicos del proyecto. Esta labor permitió mejorar la comprensión de los procesos administrativos y técnicos del área de diseño.

Gracias a la creación del presupuesto de obra se afianzaron habilidades para interpretar planos, cuantificar materiales y elaborar propuestas económicas basadas en criterios técnicos y normativos, teniendo presente la estrecha relación que mantienen el diseño estructural y la parte constructiva, lo que permitió la aplicación de diferentes conocimientos adquiridos previamente en dicha área.

Recomendaciones

Se recomienda continuar con el aprendizaje y dominio de programas como ETABS, y DC-CAD 3, ya que su uso eficiente optimiza significativamente los procesos de diseño y verificación estructural.

Es de suma importancia mantenerse actualizado respecto a la normativa ya que es esencial para asegurar la validez y seguridad de los diseños estructurales, por lo que se sugiere consultar frecuentemente la NSR-10.

La colaboración entre las áreas de arquitectura, estructuras, y presupuestos debe fortalecerse desde las etapas iniciales del proyecto para evitar incompatibilidades técnicas y optimizar tiempos y costos.

Referencias

- Archivo:Colombia—Casanare—Yopal.svg—Wikipedia, la enciclopedia libre. (2012, abril 26).
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Casanare_-_Yopal.svg
- Arequipa, A. (2019, octubre 14). Conoce más acerca del acero de refuerzo. Construyendo Seguro. <https://www.construyendoseguro.com/conoce-mas-acerca-del-acero-de-refuerzo/>
- Carlos. (2024, abril 18). Software ETABS: ¿Qué es y cómo puedes utilizarlo? *Design Modeling Academy*. <https://dgdesignmodeling.com/sin-categoria/software-etabs-que-es-y-como-puedes-utilizarlo/>
- CASANARE-YOPAL. (s. f.). Recuperado 4 de diciembre de 2024, de <https://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/CASANARE/MUNICIPIOS/YOPAL/YOPAL.htm>
- ¿Cómo se emplea AutoCAD en la Ingeniería? | Deusto Formación. (s. f.). Deusto. Recuperado 3 de diciembre de 2024, de <https://www.deustoformacion.com/cursos/disenio-arquitectura-audiovisual/curso-autocad/aplicaciones-autocad-ingenieria>
- CONCRETO, R. 360 E. (2022, junio 8). ¿QUÉ ES EL CONCRETO? 360 EN CONCRETO. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-el-concreto/>
- Cueva Sánchez, C. J., & Huamanchumo Jacinto, C. S. (2022). Evaluación estructural de la edificación esencial I.E N°10133-Mochumí, mediante el análisis estático no lineal pushover. *Repositorio Institucional - UTP*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6187>
- DC CAD3 | Programa para generar planos de construcción. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de <https://dccad3.com/>

Decreto 926 de 2010—Gestor Normativo. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39255>

DECRETO 1580 DE 2023. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30049135>

Ley 400 de 1997—Gestor Normativo. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=336>

LONDOÑO, E. (2022, junio 3). LOSA DE CONCRETO ARMADO: PROCESO CONSTRUCTIVO. 360 EN CONCRETO. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/losa-de-concreto-armado/>

Norma sismo resistente (NSR-10). (2010). <https://www.minvivienda.gov.co/taxonomy/term/2753>

Núñez-Rojas, M. A. (2023). Propuesta de trabajo de grado bajo la modalidad práctica empresarial como auxiliar de diseño estructural en la empresa Diseños & Estructuras Mj Proyectos S.A.S de la ciudad de Bogotá D.C. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/362d6009-aa8f-40e9-be82-cc94f9e7fb3f>

SILVA, O. J. (2022d, junio 10). CONOCIENDO Y ENTENDIENDO EL SISTEMA DE MUROS DE CARGA PARA EDIFICACIONES. 360 EN CONCRETO. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/sistema-de-muros-de-carga-para-edificaciones/>

Structuralia. (s. f.). Resistencia a la Torsión en Planta: Prevención Sísmica. Recuperado 18 de noviembre de 2024, de <https://blog.structuralia.com/resistencia-a-la-torsion-prevencion-sismica>

Zapata, J. A. A. (2022, abril 20). Una sencilla regla para obtener el período fundamental de un edificio. Estructurando. <https://estructurando.net/2022/04/20/una-sencilla-regla-obtener-periodo-fundamental-edificio/>



Pamplona, 10 junio de 2025

Señores:

Comité de Trabajo de Grado

Programa de Ingeniería Civil

Asunto: Aval Trabajo de Grado

Cordial Saludo

Por medio de la presente, me permito **AVALAR** el trabajo de grado desarrollado por la estudiante Julieth Vanessa Monroy Rodríguez, titulado: "Práctica empresarial como ingeniera auxiliar en DW Ingeniería S.A.S. para el apoyo en la elaboración de estudios técnicos, diseño estructural y propuesta económica del proyecto Institución Educativa Nueva Granada, municipio de Paipa, Boyacá.", el cual fue ejecutado durante el periodo académico 2025-1, en la modalidad de práctica empresarial.

Agradezco su atención y colaboración.

Ing. Esp. DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ

Docente

Ingeniería civil



"Formando nuevas generaciones con sello de excelencia comprometidos con la transformación social de las regiones y un país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (+57) 3153425435 - 3163244475
www.unipamplona.edu.co

Anexos

1. Modelo en ETABS Centro de Atención al Ciudadano.
2. Hoja de análisis.
3. Planos estructurales Centro de Atención al Ciudadano.
4. Memorias de cálculo.