

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño estructural de edificio residencial de 4 pisos en hormigón armado en

Salinas, Santa Elena

INGE-2905

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Merejildo Matías Selene Alejandra

Tumbaco Alcívar Michael Antonio

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Este proyecto lo dedico con mucho cariño a mi familia, en especial a mi madre, quien ha sido un pilar fundamental para mantenerme firme y constante a lo largo de mi carrera. Asimismo, lo dedico a todos mis amigos y personas que forman parte de mi vida, que con su aprecio y apoyo incondicional, me acompañaron en cada etapa de este proceso académico. Este logro también les pertenece a ustedes.

Michael Tumbaco

Dedicatoria

Este proyecto lo dedico, primero a Dios, quien ha sido, es y será mi guía en todo mi camino, quien me provee de sabiduría para poder tomar decisiones correctas y con propósito. Además, está dedicado a mi linda familia y especialmente a mis padres Rosario y Eduardo, por su apoyo incondicional y por su paciencia en mis tiempos de estrés.

Selene Merejildo

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mi familia y a todos mis amigos. En especial a Adrián Guevara, cuya influencia fue clave para que pudiera empezar este camino académico; a mi compañera de tesis y amiga Selene, por su dedicación, disciplina y compromiso; a Britany por su amistad y por el apoyo constante durante la carrera; y a Adriana, por su apoyo incondicional, sus consejos y su paciencia. Gracias a todos los amigos que hice en la carrera que de una u otra manera, me acompañaron con su apoyo y consejos.

De igual manera, quiero agradecer al MSc. David Valverde, quien además de ser mi tutor, con sus clases y orientación nos ayudó de manera fundamental en el desarrollo de este proyecto.

Michael Tumbaco

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a Dios porque es mi pilar fundamental, quien me ha ayudado en todo momento y siempre está presente en cada instante de mi vida. Agradezco a cada uno de los integrantes de mi familia, porque siempre me han apoyado con consejos, y palabras que me hacen sentir más segura y capaz de poder cumplir con mis metas. De manera especial a mi hermano Eduardo, quien ha sido mi ejemplo, y un apoyo invaluable, que ha estado presente desde el inicio de mi etapa universitaria.

Agradezco al Msc. David Valverde, quien nos brindó herramientas para desarrollar el proyecto de manera adecuada y a mi compañero Michael, por su esfuerzo y dedicación durante estos meses.

Selene Merejildo

Declaración Expresa

Nosotros Selene Alejandra Merejildo Matías y Michael Antonio Tumbaco Alcívar acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

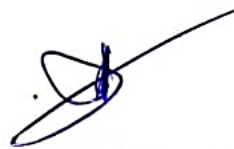
La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 21 de mayo del 2025.



Selene Alejandra Merejildo Matías



Michael Antonio Tumbaco Alcívar

Evaluadores

Ing. Lenín Dender MSc.

Profesor de Materia

Ing. David Valverde MSc.

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto aborda el diseño estructural de una edificación residencial de cuatro niveles en hormigón armado, ubicada en el cantón Salinas, provincia de Santa Elena, zona caracterizada por su dinamismo turístico y su alta vulnerabilidad sísmica. El objetivo fue desarrollar una estructura segura, eficiente y funcional, en concordancia con la normativa NEC-2015, incorporando la metodología BIM como herramienta clave para optimizar la extracción de cantidades de obra estructural. Para su desarrollo se ejecutaron ensayos de mecánica de suelos, análisis de cargas, selección de alternativas de losa, diseño de cimentaciones, columnas, vigas y losas aligeradas, además de la modelación 3D en BIM para la cuantificación de materiales. Los resultados mostraron una estructura con adecuada resistencia, rigidez y ductilidad frente a cargas sísmicas, así como un modelo digital que permitió reducir errores de diseño, optimizar tiempos y asegurar presupuestos más realistas. Se concluye que la aplicación del BIM, junto con un diseño estructural basado en criterios normativos y sostenibles, no solo garantiza la confiabilidad técnica de la edificación, sino que también potencia su valor económico y urbanístico, proyectándose como un referente replicable para futuros desarrollos en zonas costeras del país.

Palabras Clave: BIM, Normativa NEC-2015, Turismo costero, Desarrollo sostenible, Gestión de costos.

Abstract

This project deals with the structural design of a four-level residential building in reinforced concrete, located in the Salinas canton, province of Santa Elena, an area characterized by its tourist dynamism and high seismic vulnerability. The objective was to develop a safe, efficient and functional structure in accordance with the NEC-2015 standard, incorporating the BIM methodology as a key tool for optimizing the extraction of quantities of structural work. For its development, tests of soil mechanics, load analysis, selection of slab alternatives, design of foundations, columns, beams and lightened slabs were carried out, as well as 3D modeling in BIM for the quantification of materials. The results showed a structure with adequate strength, rigidity and ductility against seismic loads, as well as a digital model that allowed to reduce design errors, optimize times and ensure more realistic budgets. It is concluded that the application of BIM, together with a structural design based on normative and sustainable criteria, not only guarantees the technical reliability of the building, but also enhances its economic and urban value, as a replicable benchmark for future developments in coastal areas of the country.

Keywords: BIM, NEC-2015, coastal tourism, sustainable development, cost management.

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Índice general	III
Abreviaturas	VIII
Simbología	IX
Índice de figuras	X
Índice de tablas.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS	XVII
Capítulo 1	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Descripción del Problema	3
1.3. Justificación del Problema	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
Capítulo 2	6
2. MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1. Revisión de literatura	7

2.2.	Área de estudio.....	10
2.2.1.	Ubicación geográfica.....	10
2.2.2.	Descripción del sitio.....	11
2.3.	Trabajo de campo y laboratorio.....	12
2.3.1.	Excavación en el terreno	12
2.3.2.	Descripción de calicatas	13
2.3.3.	Ensayos de laboratorio	15
2.4.	Análisis de datos.....	18
2.4.1.	Contenido de humedad.....	18
2.4.2.	Granulometría.....	19
2.4.3.	Límite de Atterberg	27
2.4.4.	Corte Directo	35
2.5.	Análisis de alternativas.....	38
2.5.1.	Alternativa 1: Losa nervada en 2D sobre pórticos de hormigón armado..	38
2.5.2.	Alternativa 2: Losa colaborante con perfil Steel Deck sobre pórticos de hormigón armado.....	40
2.5.3.	Alternativa 3: Losa maciza prefabricada sobre pórticos de hormigón armado. 42	
2.5.4.	Selección de Alternativas	45
Capítulo 3		48
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	49
3.1.	Diseño arquitectónico.....	49

3.1.1.	Tipología habitacional y organización espacial	49
3.1.2.	Confort a través de diseño luminoso y vistas	50
3.1.3.	Vistas en planta y fachadas	51
3.2.	Pre-Diseño estructural	55
3.2.1.	Material	55
3.2.2.	Definición de cargas.....	55
3.2.3.	Espectro de respuesta elástico	59
3.2.4.	Periodos límite de vibración T_o y T_c	63
3.2.5.	Espectro de respuesta inelástico	64
3.2.6.	Importancia de la estructura (I)	64
3.2.7.	Factor de reducción (R).....	65
3.2.8.	Periodo fundamental T_a	66
3.2.9.	Distribución vertical de fuerzas sísmicas	68
3.2.10.	Predimensionamiento de vigas.....	71
3.2.11.	Predimensionamiento de columnas	81
3.2.12.	Predimensionamiento de losa nervada en 2D.....	85
3.3.	Diseño de la superestructura.....	89
3.3.1.	Diseño de viga a flexión.....	89
3.3.2.	Diseño de viga a cortante	95
3.3.3.	Diseño de columna	99
3.3.4.	Diseño de confinamiento de columna	109

3.3.5.	Diseño de losa	115
3.4.	Diseño de la subestructura.....	126
3.4.1.	Carga admisible.....	126
3.4.2.	Dimensionamiento	127
3.4.3.	Diseño a flexión de sub-estructura	135
Capítulo 4		141
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL	142
4.1.	Descripción del proyecto.....	142
4.2.	Línea base ambiental	143
4.2.1.	Medio Natural	143
4.2.2.	Medio humano.....	149
4.3.	Actividades del proyecto	151
4.4.	Identificación de impactos ambientales	155
4.5.	Valoración de impactos ambientales.....	164
4.6.	Medidas de prevención/mitigación	168
Capítulo 5		172
5.	PRESUPUESTO	173
5.1.	Estructura Desglosada de Trabajo	173
5.2.	Especificaciones Técnicas.....	174
5.2.1.	Vigas de cimentación.	174
5.2.2.	Columnas estructurales.	174

5.2.3.	Vigas estructurales.	175
5.2.4.	Losas nervadas.	176
5.3.	Rubros y análisis de precios unitarios	176
5.4.	Cantidades de obra	177
5.5.	Costo del proyecto.....	178
5.6.	Cronograma de obra	179
Capítulo 6.....		182
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	183
6.1.	Conclusiones	183
6.2.	Recomendaciones.....	185
Referencias.....		186
PLANOS Y ANEXOS		191
Planos		192
Anexo A: Modelado BIM estructural.....		199
Anexo B: Presupuesto		201
Anexo C: Cálculos Fuerza y cortante basal sísmico		209
Anexo D: Cálculos de diseño de cimentación.....		210
Anexo E: Cálculos de diseño de columnas		215
Anexo F: Cálculos de diseño de vigas		229
Anexo G: Cálculos de diseño de losa nervada 2D		248

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción

ACI American Concrete Institute

Simbología

F_y	Esfuerzo Máximo de Fluencia
F_u	Esfuerzo Máximo de Tensión
m^2	Metros cuadrados
mm^2	Milímetros cuadrados
mm^3	Milímetros cúbicos
mm^4	Milímetros a la cuarta
cm^2	Centímetros cuadrados
ton	Toneladas
kg	Kilogramos
kg/cm^2	Kilogramos por centímetro cuadrado
kg/m^2	Kilogramos por metro cuadrado
$ton * m$	Toneladas por metro
$f'c$	Resistencia especificada a la compresión del concreto
C_s	Coefficiente sísmico
V_x	Cortante Basal en sentido X
V_y	Cortante Basal en sentido Y
C_m	Carga muerta
C_v	Carga viva
w_u	Carga Mayorada
q_u	Carga lineal última
L	Longitud

Índice de figuras

Figura 1	10
Figura 2	13
Figura 3	14
Figura 4	19
Figura 5	21
Figura 6	22
Figura 7	23
Figura 8	24
Figura 9	26
Figura 10	28
Figura 11	30
Figura 12	31
Figura 13	33
Figura 14	34
Figura 15	34
Figura 16	40
Figura 17	42
Figura 18	44
Figura 19	51
Figura 20	52
Figura 21	52
Figura 22	53

Figura 23	53
Figura 24	54
Figura 25	54
Figura 26	60
Figura 27	60
Figura 28	69
Figura 29	71
Figura 30	72
Figura 31	73
Figura 32	74
Figura 33	75
Figura 34	76
Figura 35	78
Figura 36	82
Figura 37	85
Figura 38	88
Figura 39	89
Figura 40	91
Figura 41	92
Figura 42	103
Figura 43	104
Figura 44	109
Figura 45	111

Figura 46	116
Figura 47	118
Figura 48	118
Figura 49	120
Figura 50	121
Figura 51	124
Figura 52	125
Figura 53	126
Figura 54	128
Figura 55	133
Figura 56	135
Figura 57	140
Figura 58	161
Figura 59	162
Figura 60	163
Figura 61	166
Figura 62	167
Figura 63	167
Figura 64	173
Figura 65	178
Figura 66	180
Figura 67	181

Índice de tablas

Tabla 1.....	13
Tabla 2.....	14
Tabla 3.....	15
Tabla 4.....	18
Tabla 5.....	19
Tabla 6.....	20
Tabla 7.....	21
Tabla 8.....	23
Tabla 9.....	24
Tabla 10.....	25
Tabla 11.....	26
Tabla 12.....	28
Tabla 13.....	29
Tabla 14.....	29
Tabla 15.....	30
Tabla 16.....	31
Tabla 17.....	32
Tabla 18.....	32
Tabla 19.....	33
Tabla 20.....	36

Tabla 21.....	37
Tabla 22.....	45
Tabla 23.....	46
Tabla 24.....	46
Tabla 25.....	58
Tabla 26.....	59
Tabla 27.....	61
Tabla 28.....	61
Tabla 29.....	62
Tabla 30.....	62
Tabla 31.....	65
Tabla 32.....	66
Tabla 33.....	68
Tabla 34.....	70
Tabla 35.....	73
Tabla 36.....	79
Tabla 37.....	81
Tabla 38.....	82
Tabla 39.....	85
Tabla 40.....	90
Tabla 41.....	90
Tabla 42.....	92
Tabla 43.....	92

Tabla 44.....	94
Tabla 45.....	96
Tabla 46.....	99
Tabla 47.....	107
Tabla 48.....	122
Tabla 49.....	123
Tabla 50.....	123
Tabla 51.....	128
Tabla 52.....	130
Tabla 53.....	131
Tabla 54.....	135
Tabla 55.....	136
Tabla 56.....	137
Tabla 57.....	144
Tabla 58.....	145
Tabla 59.....	145
Tabla 60.....	146
Tabla 61.....	148
Tabla 62.....	149
Tabla 63.....	150
Tabla 64.....	151
Tabla 65.....	153
Tabla 66.....	154

Tabla 67.....	156
Tabla 68.....	158
Tabla 69.....	159
Tabla 70.....	164
Tabla 71.....	169
Tabla 72.....	170
Tabla 73.....	174
Tabla 74.....	175
Tabla 75.....	175
Tabla 76.....	176
Tabla 77.....	177
Tabla 78.....	178
Tabla 79.....	179

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Detalle de cimentación

PLANO 2 Detalle de columnas

PLANO 3 Detalle de Losas Nervada 2D

PLANO 4 Detalle de vigas del Piso 1

PLANO 5 Detalle de vigas del Piso 2

PLANO 6 Detalle de vigas del Piso 3

PLANO 7 Detalle de vigas del Piso 4

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El crecimiento urbano en Ecuador ha potenciado de forma considerable el sector de la construcción, sobre todo en zonas costeras donde la demanda de vivienda se ha incrementado por factores como el turismo, la migración interna y la expansión del comercio (Castro & Humberto, 2021).

El cantón Salinas, ubicado en la provincia de Santa Elena, se ha posicionado como uno de los principales destinos turísticos del litoral según el Ministerio de Turismo del Ecuador (2020). Este reconocimiento se debe a la presencia de playas emblemáticas como Chipipe y San Lorenzo que cuentan con clima cálido durante todo el año y una presencia turística que incrementa con el paso del tiempo (Padilla et al., 2019). Dicho aumento ha influido en el avance de la infraestructura cantonal. De hecho, el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2024) del cantón Salinas, destaca mejoras en las vías de acceso, redes eléctricas, sistemas de agua potable y saneamiento, así como la habilitación de espacios recreativos como malecones, plazas y parques.

En la actualidad, la edificación en hormigón armado se mantiene como una de las técnicas constructivas más empleadas en el país, debido a sus propiedades de resistencia, durabilidad y versatilidad frente a diversas condiciones geográficas (Torres & Díaz, 2023). Sin embargo, un estudio de vulnerabilidad sísmica, realizado mediante el método de inspección visual FEMA P-154 en la parroquia Anconcito, reveló que muchas viviendas presentan características estructurales similares a aquellas que colapsaron durante el terremoto de abril de 2016. Esto ha identificado un riesgo considerable en el perfil costanero de la provincia (Baque et al., 2024).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en la sección NEC-SE-DS (2015) muestra que Santa Elena se encuentra ubicado en una zona de alta actividad sísmica, según su zona sísmica nacional. Por ello, la normativa proporciona lineamientos técnicos específicos orientados a garantizar un diseño estructural seguro y resiliente frente a eventos sísmicos.

En este contexto, el diseño estructural moderno ha incorporado el uso de softwares de análisis y modelación sísmica, que permiten simular con mayor realismo el comportamiento dinámico de las estructuras frente a sismos. Estos programas no solo mejoran la precisión del cálculo estructural, sino que también facilitan la verificación del cumplimiento normativo y la optimización de materiales, contribuyendo así a edificaciones adaptadas al riesgo sísmico (Herrera & Tumbaco, 2025).

1.2. Descripción del Problema

En el sector Conchas Municipales, ubicado en la zona costera del cantón Salinas, existe una evidente falta de edificaciones residenciales modernas y bien planificadas. Esta carencia impide el desarrollo urbano del lugar y limita su capacidad para recibir turistas, lo que frena el crecimiento económico local y el aprovechamiento del potencial turístico de la zona.

La ausencia de infraestructura habitacional adecuada influye directamente en el estado general del sector. Como no se construyen nuevas viviendas ni proyectos residenciales, el área permanece desatendida, las calles siguen sin pavimentar, el transporte público no cubre la zona y el movimiento turístico es muy bajo. Todo esto afecta negativamente tanto a los residentes como a los pequeños negocios y emprendedores que dependen del turismo.

Mientras no se desarrollen edificaciones residenciales que impulsen el ordenamiento y la urbanización del sector, este continuará marginado frente al crecimiento de otras zonas de Salinas. El resultado es un entorno estancado, con menos oportunidades laborales, inseguridad y una imagen desfavorable que aleja a visitantes e inversionistas.

1.3. Justificación del Problema

En el cantón Salinas, provincia de Santa Elena, se ha generado un incremento del turismo. Sin embargo, este crecimiento no ha sido acompañado por un desarrollo adecuado de infraestructura hotelera moderna, segura y sostenible, especialmente en el sector costero Conchas Municipales. La falta de infraestructuras ha incidido en una baja demanda de turistas, afectando el desarrollo económico de la localidad. Además, la ausencia de edificaciones limita aún más una densificación planificada del sector según lo establecido en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT, 2023).

En este contexto, la construcción de una edificación segura y moderna ubicada cerca de la playa no solo ofrecerá una experiencia única y confortable para el cliente, sino que beneficiará a la comunidad local. Este proyecto impulsará la economía del sector, promoverá la creación y fortalecimiento de pequeñas y/o medianas empresas relacionados con el turismo y la construcción. Por último, impulsará una mejor conectividad, accesibilidad y planificación urbana, lo que contribuirá al desarrollo de ciudades y comunidades más inclusivas y sostenibles alineándose a los ODS.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar una edificación de hormigón armado de cuatro niveles en un terreno de 500 m², aplicando criterios estructurales conforme a normativas vigentes, priorizando seguridad, funcionalidad y sostenibilidad para el beneficio del cliente y del sector asociado.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar una estructura de hormigón armado sismorresistente aplicando criterios establecidos en la normativa NEC –2015, obteniendo así una mayor resistencia, rigidez y ductilidad.
- Implementar la metodología BIM mediante la automatización de la cuantificación de materiales de los elementos estructurales para una mayor eficiencia en la planificación constructiva.
- Impulsar el desarrollo sostenible mediante el diseño de una infraestructura resiliente para la generación del empleo local y el fortalecimiento del entorno urbano.

Capítulo 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Revisión de literatura

El diseño estructural de edificaciones en Ecuador enfrenta múltiples desafíos técnicos, principalmente por las condiciones geográficas y sísmicas del país. Ecuador está ubicado en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, una de las regiones con mayor actividad sísmica y volcánica del mundo. Esta realidad geológica implica un riesgo constante que debe ser considerado de forma rigurosa en los procesos de planificación y construcción.

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) ha advertido sobre la necesidad de incorporar criterios técnicos especializados en el diseño estructural, orientados a garantizar la seguridad de las edificaciones ante eventos sísmicos de gran magnitud. Borrero & García (2025) destacan que, tras el terremoto ocurrido en la costa ecuatoriana en 2016, se fortalecieron las normativas estructurales, promoviendo la adopción de herramientas como el análisis dinámico, el uso de sistemas de disipación de energía y materiales estructurales de alta resistencia.

El crecimiento urbano, impulsado por el turismo, el comercio y el aumento poblacional, ha generado una creciente demanda de infraestructura habitacional segura y eficiente. No obstante, estas regiones están expuestas no solo a amenazas sísmicas, sino también a factores ambientales como la humedad, salinidad y erosión costera. Según Baque Solís et al. (2024), este tipo de entornos requiere una planificación urbana integral, así como el uso de materiales y soluciones constructivas que garanticen la resiliencia estructural frente a los riesgos naturales presentes.

Uno de los materiales estructurales más utilizados en este tipo de entornos es el hormigón armado, debido a sus propiedades mecánicas y su adaptabilidad a diversas condiciones ambientales. El hormigón armado combina las fortalezas del concreto (resistencia a la

compresión) y del acero (resistencia a la tracción), proporcionando una solución robusta y duradera ante cargas estructurales variadas, incluyendo cargas sísmicas. Este tipo de material ofrece un excelente desempeño ante eventos sísmicos, razón por la cual es ampliamente utilizado en edificaciones residenciales de mediana y gran altura, especialmente en zonas de alto riesgo geológico (Harmsen, 2005).

No obstante, el éxito de una edificación estructural no depende únicamente del material utilizado, sino también del método de análisis empleado durante su diseño. En regiones de alta sismicidad, como la costa ecuatoriana, es fundamental aplicar métodos que simulen adecuadamente el comportamiento dinámico de las estructuras. En este sentido, el análisis modal espectral se ha posicionado como una herramienta clave. Este método permite evaluar los efectos de diferentes modos de vibración y estimar con mayor precisión desplazamientos, esfuerzos internos y posibles puntos críticos de una estructura, así, permite optimizar los diseños estructurales y prever con mayor exactitud el comportamiento de las construcciones ante sismos (García Vincés et al., 2021).

A la par del desarrollo de nuevas técnicas de análisis, la industria de la construcción ha experimentado una transformación gracias a la digitalización de procesos. Una de las herramientas más relevantes en la actualidad es la metodología Building Information Modeling (BIM), la cual permite la creación de modelos digitales tridimensionales que integran información geométrica, estructural, económica y logística de un proyecto.

BIM no solo facilita la coordinación entre disciplinas, sino que también mejora la eficiencia en la gestión del diseño y la construcción. El uso de esta metodología en proyectos estructurales permite vincular los modelos con software de análisis, lo que favorece una evaluación más precisa del comportamiento de la estructura frente a diversas solicitaciones (Gómez et al., 2023).

Diversas investigaciones respaldan la efectividad de BIM en la optimización de recursos y tiempos. K. Das et al. (2025) encontraron que su implementación reduce en promedio un 20 % los tiempos de ejecución, un 15 % los costos totales de construcción y hasta un 30 % los errores en el diseño. Asimismo, David & Chariguaman (2024) subrayan la ventaja de integrar parámetros estructurales basados en la normativa ecuatoriana de la construcción (NEC) directamente en el modelo BIM, lo que permite una toma de decisiones más informada y precisa desde las etapas iniciales del proyecto.

Uno de los enfoques más utilizados actualmente en el diseño estructural es el método basado en factores de carga y resistencia, conocido como LRFD por sus siglas en inglés. Este sistema reconoce que tanto las cargas aplicadas como la resistencia de los materiales implican incertidumbres, por lo que aplica factores de seguridad distintos a cada componente, mejorando la precisión del diseño. A diferencia del método tradicional de cargas admisibles, que emplea un único factor global, el LRFD permite una evaluación más realista del comportamiento estructural al considerar por separado las posibles variaciones en las acciones externas como el peso propio, el viento o los sismos y en las propiedades de los materiales, como el acero y el hormigón.

Además, el método LRFD está alineado con los principios del diseño por desempeño, que buscan asegurar que una estructura cumpla su función bajo diferentes niveles de carga o ante eventos extremos. Esto permite establecer límites aceptables de probabilidad de falla y tomar decisiones más informadas en el diseño. En contextos como el ecuatoriano, donde la amenaza sísmica es permanente, este enfoque representa una herramienta clave para garantizar la seguridad y la confiabilidad de las edificaciones.

2.2. Área de estudio

2.2.1. Ubicación geográfica

Salinas se encuentra ubicado en la provincia de Santa Elena, en el centro sur de la región litoral del Ecuador, a una altitud de 8 m.s.n.m. El proyecto se desarrollará en la parroquia de Santa Rosa, específicamente en el sector “Las Conchas”, cuya delimitación del terreno se puede visualizar en la Figura 1. El terreno cuenta con un área de 500 m² y sus coordenadas UTM en la zona 17S son:

- UTM X: 506455.31 m
- UTM Y: 9754499.13 m

Figura 1

Ubicación del sector “Las Conchas”



Nota. Mapa de la ubicación del proyecto, extraído de Google Earth Pro.

2.2.2. Descripción del sitio

Los datos obtenidos fueron basados en la información proporcionada por el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Salinas (PDOT, 2023).

Condiciones Climáticas. En base al Plan de desarrollo de Ordenamiento Territorial (PDOT), el Cantón Salinas presenta una temperatura entre 17 y 28 °C, siendo marzo el mes más cálido. Las precipitaciones anuales son inferiores a 500 mm. Así mismo, la humedad tiene un valor promedio del 80%. Por último, la dirección del viento es en sentido suroeste, cuya velocidad promedio varía entre 8 y 11 mph (PDOT, 2023).

Flora y Fauna. Debido a que gran parte de la zona es desértica, favorece el crecimiento del matorral seco tropical. La vegetación posee diversos tipos de herbazales y matorrales identificándose el herbazal ribereño, y la sabana ecuatorial. En cuanto a la fauna, existen aves migratorias, mamíferos y reptiles dentro de la zona (Henríquez, 2018).

El principal grupo faunístico está representado por aves migratorias como chorlitos, pelícanos, gaviotas, fragatas, cigüeñelas o cormoranes. También se encuentran mamíferos, como el lobo marino, ballena jorobada, y murciélago; y reptiles como tortugas, lagartijas, iguanas, entre otros. Con respecto a la flora se pueden observar individuos dispersos de *Cordia lutea* (muyuyo) y *Cryptocarpus pyriformis* en las planicies costeras y en las colinas bajas, así como arbustos achaparrados de 2 a 4 m de alto, herbáceas rastreras o trepadoras, *Bursera graveolens* (palo santo), *Loxotegium huasango* (guazango), *Libidia corymbosa* (cascol), *Tamarindus* (tamarindo), arbustos como el “muyumuyu” *Cordia lutea* y el “barbasco” *Jacquinia pubescens* (PDOT, 2023).

Topografía. El relieve de Salinas es, en su mayoría plano, con pocas elevaciones, como el Cerro “El Morro”, perteneciente a la Reserva de Producción de Fauna Marino Costera Puntilla de Santa Elena (REMACOPSE), así como la colina “Punta Carnero”. Alrededor de la puntilla, se encuentran acantilados menores a 10 m con areniscas cimentadas con carbonato, lutitas y arcillas (PDOT, 2023).

Paisaje y Desarrollo Económico. Salinas está dominado por playas, que rodean la superficie terrestre. Hacia el oeste se encuentra “La Chokolatera”. Hacia el suroeste se localizan áreas costeras naturales y artificiales que permiten la acumulación de agua salada. Además de la calidad paisajística del sector, este se dedica a la producción de sal, extracción de canteras, el turismo, construcción, pesca y acuicultura (PDOT, 2023).

2.3. Trabajo de campo y laboratorio

2.3.1. Excavación en el terreno

Con el fin de conocer la composición del suelo, se realizaron calicatas en puntos estratégicos del terreno. Se realizaron 2 calicatas con dimensiones de 1x1m de largo y ancho, así como de 1.3 m de profundidad debido a que se presentó un estrato complicado de excavar. En la Figura 2 se puede visualizar como es la distribución de ambas calicatas y en la Tabla 1 se encuentra la ubicación UTM de cada una. Cabe mencionar que el área de construcción del edificio es de 500 m² (20mx25m), por lo que fue necesario hacer el ensayo de campo en zonas más representativas, es decir cerca de la esquina, y en el lado opuesto más cercano al centro, separados una distancia de 15m aproximadamente. De esta manera, se puede tener una mejor visualización de como variará el suelo. Además, se consideró un área adicional que permita la circulación de vehículos hacia dentro del edificio (100 m²).

Figura 2

Ubicación de calicatas



Nota. Ubicación de las calicatas dentro del terreno de 500 m², extraído de Google Earth Pro.

Tabla 1

Ubicación de calicatas C1 y C2

Calicata	WGS84 / UTM Zona 17 S		Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
	Este	Norte		
C1	506421.00	9754497	1.255	No Detectado
C2	506402.00	9754497	1.08	No Detectado

Nota. Coordenadas de ubicación de las calicatas en la zona del terreno.

2.3.2. Descripción de calicatas

Comparando los resultados obtenidos en la Tabla 2 y Tabla 3, ambas calicatas mostraron una estratigrafía similar, presentando tres estratos principales además del relleno superficial. Los espesores de los estratos no difirieron significativamente entre las dos excavaciones. En particular, el tercer estrato se caracterizó por una mayor dureza producto de que el suelo presentó consolidación. En la Figura 3, se puede observar que no se detectó la presencia de nivel freático en la calicata 1 hasta la profundidad máxima alcanzada, ocurriendo la misma situación en la calicata 2.

Tabla 2

Estratigrafía de la Calicata 1

C1-Profundidad de inicio de estrato		
Relleno superficial	0	cm
Estrato 1	25,5	cm
Estrato 2	45,5	cm
Estrato 3	113,5	cm
Profundidad de Calicata	125,5	cm

Nota. Profundidad a la que comienzan los estratos de la calicata 1.

Figura 3

Estratigrafía de la Calicata 1



Nota. Calicata 1, sin presencia de nivel freático.

Tabla 3*Estratigrafía de la Calicata 2*

C2-Profundidad de inicio de estrato		
Relleno superficial	0	cm
Estrato 1	13	cm
Estrato 2	53	cm
Estrato 3	95	cm
Profundidad de Calicata	108	cm

Nota. Profundidad a la que comienzan los estratos de la calicata 2.

2.3.3. Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio permiten caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, información fundamental para el diseño adecuado de cimentaciones y estructuras. A través de estos análisis se determina el comportamiento del terreno frente a cargas, su capacidad de soporte y su estabilidad.

Contenido de humedad. Sirve para determinar el porcentaje de agua presente en una muestra de suelo en su estado natural. El contenido de humedad es una propiedad fundamental que influye en la compresibilidad, la cohesión y la resistencia al corte del suelo. Conocer este valor es esencial para evaluar el comportamiento del terreno en distintas condiciones de carga y humedad.

$$w = \frac{(W_h - W_s)}{W_s - W_r} \times 100 \quad (2.1)$$

Donde:

w: contenido de humedad (%)

W_h : peso de la muestra húmeda (g)

W_s : peso de la muestra seca (g)

W_r : peso del recipiente (g)

Granulometría. Este ensayo permite identificar la distribución del tamaño de las partículas que componen el suelo, y obtener los coeficientes de curvatura (CC) y uniformidad (Cu), lo cual es fundamental para su clasificación y para evaluar su comportamiento mecánico e hidráulico. Los resultados permiten establecer si el suelo es bien gradado o mal gradado, así como identificar posibles problemas de compactación o drenaje.

- Curva granulométrica

$$Ret = \frac{W_{Parcial}}{W_{Total}} \times 100 \quad (1.2)$$

$$Ret_{Ac} = \sum Ret \quad (2.3)$$

$$Pas_{Ac} = 1 - Ret \quad (2.4)$$

Donde:

Ret : Porcentaje de muestra retenida en cada tamiz (%)

Ret_{Ac} : Sumatoria de los porcentajes retenidos (%)

Pas_{Ac} : Porcentaje pasante de la muestra en cada tamiz (%)

- Coeficientes de curvatura (CC) y uniformidad (Cu)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2.5)$$

$$C_u = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} \quad (2.6)$$

Donde:

D_{10} : Es el tamaño donde pasa el 10% de la muestra

D_{30} : Es el tamaño donde pasa el 30% de la muestra

D_{60} : Es el tamaño donde pasa el 60% de la muestra

Estos valores se los obtiene a partir de la Curva Granulométrica

Límite de Atteberg. Se definen como aquellos límites que permiten caracterizar el estado del suelo: estado sólido, semisólido, plástico y líquido.

- Estado líquido: Poca o nula resistencia al corte
- Estado plástico: Material plástico, y moldeable sin agrietarse
- Estado semisólido: Apariencia de sólido, pero con variación de volumen
- Estado sólido: sin variación de volumen, y fácil de que el material se rompa

Para el cálculo del límite líquido y plástico se emplea lo siguiente:

$$M_w = masa_{suelo\ húmedo+recipiente} - masa_{suelo\ seco+recipiente} \quad (2.7)$$

$$M_s = masa_{suelo\ seco+recipiente} - masa_{recipiente} \quad (2.8)$$

$$Humedad (\%) = \frac{M_w}{M_s} * 100 \quad (2.9)$$

Corte Directo. Este tipo de ensayos permite analizar problemas como la estabilidad de taludes, capacidad de carga de cimentaciones superficiales y de pilotes, contenciones, etc. Es un procedimiento que ayuda a establecer las propiedades de resistencia bajo cargas combinadas sometidas a deformaciones que simulen el movimiento del terreno. Se trata de inducir a la falla a través de un plano sobre el cual actúan dos esfuerzos: normal y cortante, para que se obtengan dos valores: cohesión y ángulo de rozamiento interno, cuyas definiciones se encuentran a continuación.

- Cohesión de suelos (c) : Parámetro que mide la fuerza interna que mantienen unidas las partículas de un suelo.
- Ángulo de fricción (φ): Representación del coeficiente de rozamiento que describe la resistencia al corte por fricción junto con el esfuerzo efectivo normal.

De manera que para obtener la resistencia al corte τ se aplica la siguiente ecuación

$$\tau = c + \tan(\varphi) \quad (2.10)$$

2.4. Análisis de datos

2.4.1. Contenido de humedad

Las muestras analizadas corresponden a tres estratos representativos de dos calicatas excavadas en el terreno. Los valores de humedad natural obtenidos se presentan a continuación.

Tabla 4

Contenido de humedad de C1 y C2

	Código	Peso Recipiente [g]	Peso recipiente + Muestra humedad [g]	Peso recipiente + Muestra seca [g]	Humedad [g]	Muestra seca [g]	Humedad [%]
Calicata 1	C1-E1	70,29	231,29	209,21	22,08	138,92	15,89%
	C1-E2	69,34	259,92	231,15	28,77	161,81	17,78%
	C1-E3	68,2	264,39	241,28	23,11	173,08	13,35%
Calicata 2	C2-E1	71,38	277,19	251,58	25,61	180,2	14,21%
	C2-E2	69,75	274,38	243,95	30,43	174,2	17,47%
	C2-E3	69,44	277,59	254,41	23,18	184,97	12,53%

Nota. El estrato 3 presenta menor contenido de humedad en ambas calicatas.

En la tabla 4 se observa que los valores de humedad natural varían entre un mínimo de 12,53 % (C2-E3) y un máximo de 17,78 % (C1-E2). Esta variación está relacionada con la profundidad y las características de la textura del suelo, ya que, en ambas calicatas los estratos presentaron predominantemente una textura arenosa, sin embargo, el estrato 2 mostró una textura arenosa con mayor presencia de limos, lo cual justifica su mayor contenido de humedad. Además, es importante destacar que no se identificó nivel freático hasta la profundidad alcanzada en las calicatas, lo que respalda la presencia de humedades moderadas en todo el perfil investigado.

2.4.2. Granulometría

Tabla 5

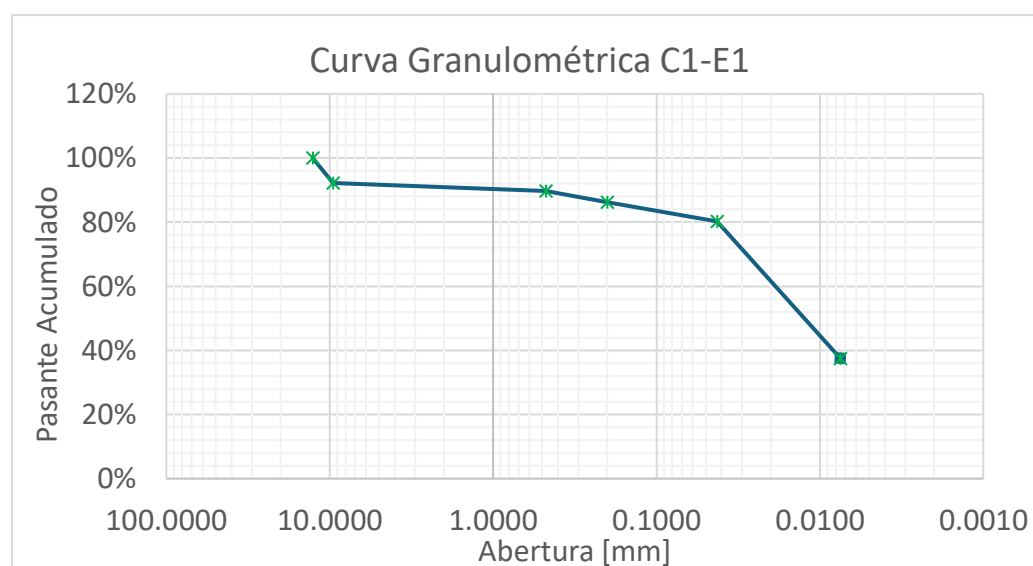
Resultados de ensayo de granulometría, Calicata 1 - Estrato 1

C1 - E1					
N.Tamiz	Abertura (mm)	Peso ret. (g)	% Ret	% Ret Acum	% Pasante Acum
1/2"	12,7000	0	0,00%	0,00%	100%
3/8"	9,5250	40,29	7,76%	7,76%	92%
N. 4	0,4750	13,53	2,60%	10,36%	90%
N. 10	0,2000	18,15	3,49%	13,85%	86%
N. 40	0,0425	30,69	5,91%	19,76%	80%
N. 200	0,0075	221,7	42,68%	62,44%	38%
Fondo		195,11	37,56%	100,00%	
Total		519,47	100%		

Nota. El estrato 1 de la calicata 1, presenta el 42,68% de retención y 37,56% de pasante de la muestra en el tamiz N.200, indicando predominancia de arenas con presencia de finos.

Figura 4

Curva granulométrica C1-E1



Nota. Gráfico de curva granulométrica C1-E1, que depende del pasante retenido en cada tamiz.

En la tabla 5 se presenta la distribución del material retenido y pasante a través de los diferentes tamices normalizados para el estrato C1-E1, permitiendo calcular los porcentajes de gravas (10,36 %), el material retenido entre los tamices N.4 y N.200 correspondiente a arenas (52,08 %) y finos (37,56 %). Estos datos también se representan gráficamente en la curva granulométrica (Figura 4), la cual muestra una pendiente intermedia y una distribución continua, indicando un suelo mal gradado, con predominio de arenas y una fracción considerable de finos.

Tabla 6

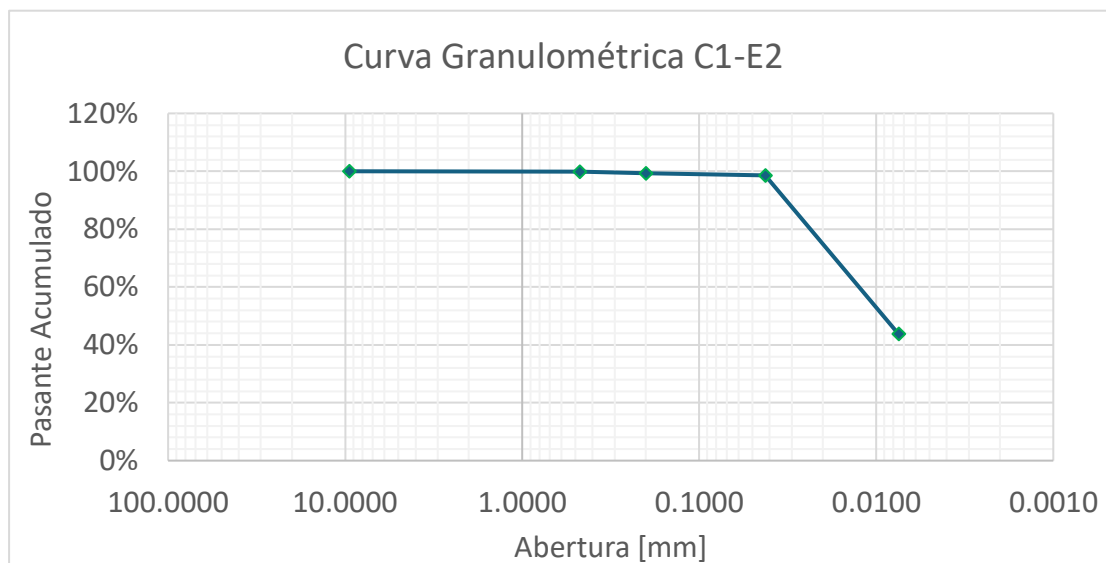
Resultados de ensayo de granulometría, Calicata 1 - Estrato 2

C1 - E2					
N.Tamiz	Abertura (mm)	Peso ret. (g)	% Ret	% Ret Acum	% Pasante Acum
3/8"	9,5250	0	0,00%	0,00%	100%
N. 4	0,4750	1,06	0,21%	0,21%	99,79%
N. 10	0,2000	2,48	0,49%	0,70%	99,30%
N. 40	0,0425	3,84	0,76%	1,47%	98,53%
N. 200	0,0075	274,95	54,72%	56,19%	43,81%
Fondo		220,13	43,81%	100,00%	
Total		502,46	100%		

Nota. El ensayo presenta gran porcentaje de retención y pasante en el tamiz N.200.

Figura 5

Curva granulométrica C1-E2



Nota. Gráfico de curva granulométrica C1-E2, que depende del pasante retenido en cada tamiz.

En la tabla 6 correspondiente al estrato C1-E2 se observa una distribución dominada por arenas (55,98 %) y un alta de material que pasa por el tamiz N.º200 (43,81 %). Las fracciones de grava son prácticamente inexistentes, con un total combinado inferior al 0,21 %. La curva granulométrica asociada refleja una pendiente muy pronunciada y un cambio abrupto en el tramo correspondiente a las arenas finas y los finos. Esta curva indica una distribución no uniforme de tamaños de partícula, con una gran concentración de materiales finos y arenas muy finas.

Tabla 7

Resultados de ensayo de granulometría, Calicata 1 - Estrato 3

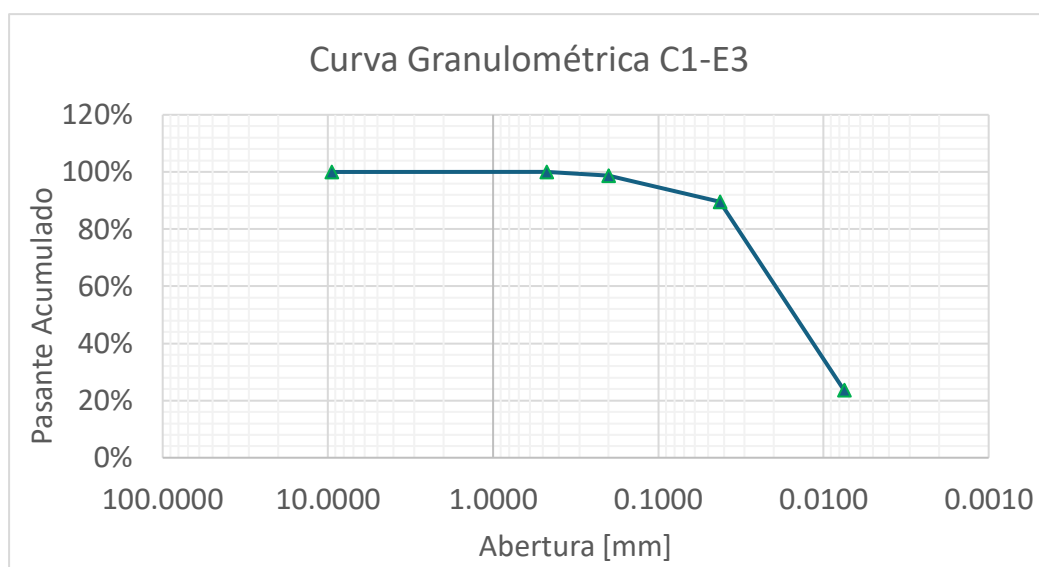
C1 - E3					
N.Tamiz	Abertura (mm)	Peso ret. (g)	% Ret	% Ret Acum	% Pasante Acum
3/8"	9,5250	0	0,00%	0,00%	100,00%
N. 4	0,4750	0,25	0,05%	0,05%	99,95%
N. 10	0,2000	6,78	1,31%	1,36%	98,64%

N. 40	0,0425	46,7	9,01%	10,37%	89,63%
N. 200	0,0075	342,12	66,03%	76,40%	23,60%
Fondo		122,26	23,60%	100,00%	
Total		518,11	100%		

Nota. El ensayo presenta un porcentaje significativo de retención en el tamiz N.200 indicando predominancia de arenas finas.

Figura 6

Curva granulométrica C1-E3



Nota. Gráfico de curva granulométrica C1-E2, que depende del pasante retenido en cada tamiz.

La tabla 7 correspondiente al estrato C1-E3 revela que el suelo está compuesto principalmente por materiales arenosos (76,35 %). Dentro de esta fracción, predomina la arena fina, evidenciada por el alto porcentaje retenido en el tamiz N.º 200 (66,03 %). Los finos representan un 23,60 %, lo que indica una proporción significativa de partículas muy pequeñas, probablemente limosas. En cuanto a las gravas, su presencia es despreciable, con un valor inferior al 0,05 %. La curva granulométrica muestra una pendiente moderada hasta el tamiz N.º

40 y luego un cambio más abrupto hacia el tamiz N.º 200, lo que refleja una alta concentración de partículas en el rango de arena fina.

Tabla 8

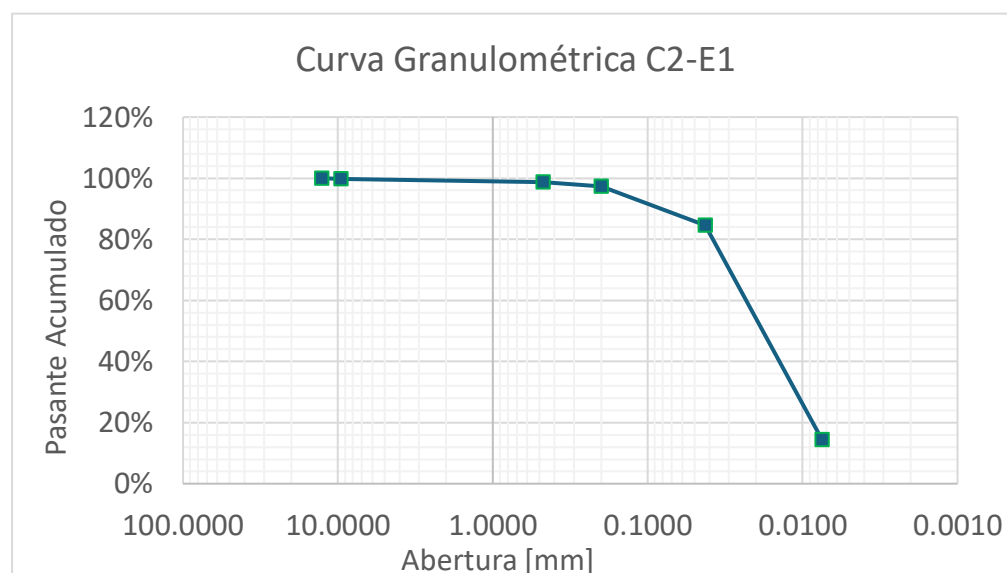
Resultados de ensayo de granulometría, Calicata 2 - Estrato 1

C2 - E1					
N.Tamiz	Abertura (mm)	Peso ret. (g)	% Ret	% Ret Acum	% Pasante Acum
1/2"	12,7000	0	0,00%	0,00%	100%
3/8"	9,5250	1,11	0,21%	0,21%	100%
N. 4	0,4750	5,66	1,08%	1,30%	99%
N. 10	0,2000	7,07	1,35%	2,65%	97%
N. 40	0,0425	66,54	12,73%	15,38%	85%
N. 200	0,0075	366,86	70,18%	85,55%	14%
Fondo		75,52	14,45%	100,00%	
Total		522,76	100%		

Nota. El ensayo presenta un elevado porcentaje de retención en el tamiz N.200 indicando predominancia de arenas finas.

Figura 7

Curva granulométrica C2-E1



Nota. Gráfico de curva granulométrica C2-E1, que depende del pasante retenido en cada tamiz.

La curva granulométrica en relación a la tabla 8, muestra un alto porcentaje de arenas de 84,26%, con una marcada acumulación del 70.18% de las partículas en el tamiz N°200, lo que indica una predominancia de arena muy fina con un contenido de finos del 14.45%. Este patrón difiere notablemente del C1-E1, que, aunque en campo visualmente es similar al C1-E2, presenta diferencias significativas en su composición.

Tabla 9

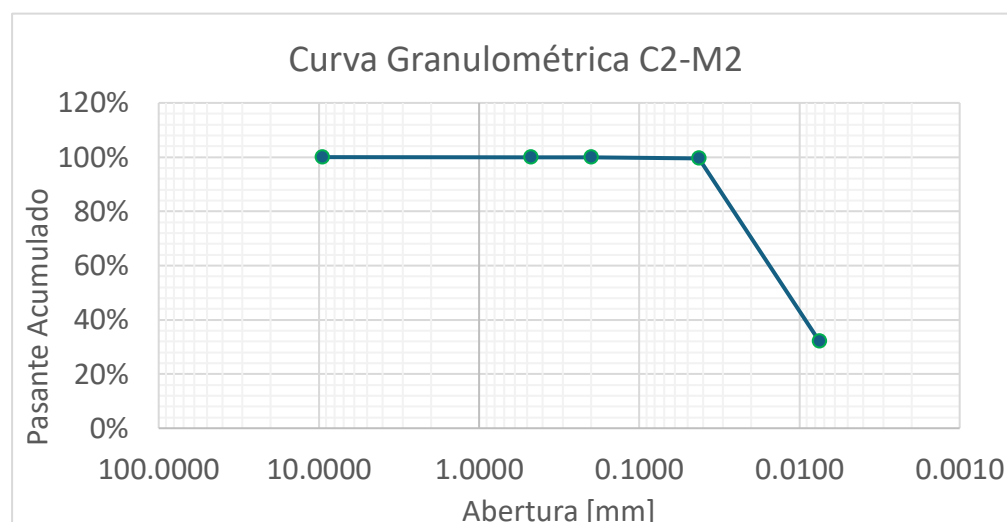
Resultados de ensayo de granulometría, Calicata 2 - Estrato 2

C2 - E2					
N.Tamiz	Abertura (mm)	Peso ret. (g)	% Ret	% Ret Acum	% Pasante Acum
3/8"	9,5250	0	0,00%	0,00%	100,00%
N. 4	0,4750	0,31	0,06%	0,06%	99,94%
N. 10	0,2000	0,31	0,06%	0,12%	99,88%
N. 40	0,0425	1,78	0,34%	0,46%	99,54%
N. 200	0,0075	350,65	67,53%	67,99%	32,01%
Fondo		166,18	32,01%	100,00%	
Total		519,23	100%		

Nota. El ensayo de la muestra C2-E2 presenta similitud a los resultados de la muestra C1-E2.

Figura 8

Curva granulométrica C2-E2



Nota. Gráfico de curva granulométrica C2-E2, que depende del pasante retenido en cada tamiz.

El estrato C2-E2 está compuesto mayoritariamente por arenas en un 67,96%, especialmente por arenas finas con un 67,53 % retenido en el tamiz N.200, y un pasante de 32,01 % correspondiente a partículas más finas. Este comportamiento es comparable al del estrato C1-E3, donde también se observó un predominio de arenas finas (66,03 %) y un porcentaje similar de finos (23,60 %). En ambos casos, las fracciones más gruesas son prácticamente inexistentes, lo cual coincide con la textura visual observada en campo suelos sueltos y de apariencia homogénea. Así mismo, la curva granulométrica en C2-E2 muestra una tendencia similar, con un cambio abrupto hacia los finos, lo que confirma la clasificación como un material poco graduado, con baja capacidad de filtración.

Tabla 10

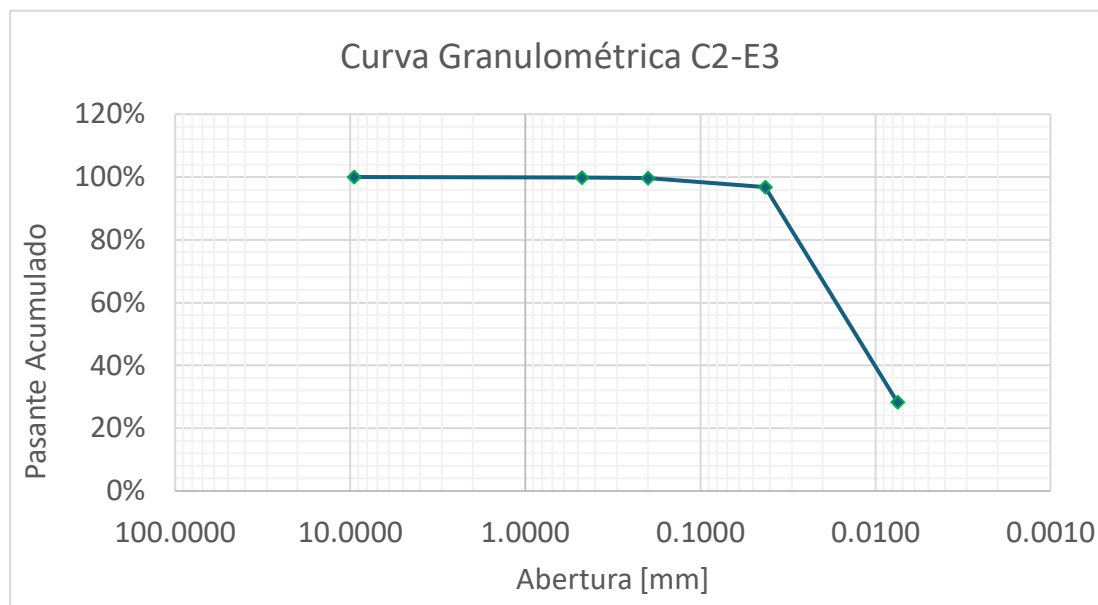
Resultados de ensayo de granulometría, Calicata 2 - Estrato 3

C3 - E3					
N.Tamiz	Abertura (mm)	Peso ret. (g)	% Ret	% Ret Acum	% Pasante Acum
3/8"	9,5250	0	0,00%	0,00%	100,00%
N. 4	0,4750	0,46	0,09%	0,09%	99,91%
N. 10	0,2000	1,27	0,25%	0,34%	99,66%
N. 40	0,0425	14,63	2,90%	3,24%	96,76%
N. 200	0,0075	345,71	68,41%	71,65%	28,35%
Fondo		143,26	28,35%	100,00%	
Total		505,33	100%		

Nota. El ensayo presenta un elevado porcentaje de retención en el tamiz N.200 indicando predominancia de arenas finas y usencia significativa de gravas.

Figura 9

Curva granulométrica C2-E3



Nota. Gráfico de curva granulométrica C2-E3, que depende del pasante retenido en cada tamiz.

Los resultados obtenidos para el estrato C3-E3 presenta un 71,56% de arenas, donde el 68,41 % del material fue retenido en el tamiz N.º 200, lo que indica una marcada presencia de arenas. Las fracciones gruesas, representadas por el material retenido por los tamices N.3/8" y N.º 4, apenas alcanzan un 0,09 %, lo que descarta la presencia significativa de gravas. La curva granulométrica presenta una pendiente suave al inicio y un cambio abrupto a partir del tamiz N.º 40, comportamiento muy similar al observado en el estrato C2-E2.

Tabla 11

Resultados: coeficientes de curvatura y uniformidad

Calicata - Estrato	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	Cu	Cc
C1 - E1	0,0075	0,0075	0,0187	1,67	0,4
C1 - E2	0,0075	0,0075	0,0125	2,6	0,6
C1 - E3	0,0075	0,0089	0,0195	2,6	0,54
C2 - E1	0,0075	0,011	0,0231	3,08	0,7
C2 - E2	0,0075	0,0075	0,0154	2,05	0,49

C2 - E3	0,0075	0,0078	0,0167	2,23	0,49
----------------	--------	--------	--------	------	------

Nota. Tabla de coeficientes Cu y Cc de estratos de la calicata 1 y la calicata 2.

Al observar la tabla 11 de coeficientes granulométricos de los diferentes estratos en ambas calicatas, se evidencia una tendencia general hacia suelos poco uniformes, con predominancia de finos y arenas finas. En todos los casos, el valor de D10 se mantiene constante en 0,0075 mm, lo que refuerza la presencia de partículas muy pequeñas en todas las muestras.

De todos los estratos se muestra el mayor valor de Cu 3,8, indicando que todas las muestras representan un suelo pobremente graduado. En contraste, C1-E1 presenta el valor más bajo (1,67), reflejando muy poca variabilidad en los tamaños de partícula.

El coeficiente de curvatura (Cc) oscila entre 0,40 y 0,70, y en ningún caso se encuentra dentro del rango típico para suelos bien graduados (entre 1 y 3), lo que confirma que ninguno de los estratos puede considerarse bien graduado según los criterios granulométricos tradicionales.

En conjunto, los valores de los coeficientes granulométricos respaldan las observaciones de los análisis anteriores, donde se identificó una predominancia de materiales finos y arenas, con muy poca presencia de gravas y sin una gradación bien distribuida.

2.4.3. Límite de Atterberg

El ensayo de límite de Atterberg fue realizado para verificar la consistencia del suelo fino en función del contenido de humedad. Dicho ensayo únicamente fue posible realizar en las muestras C1-E1, C1-E2, C2-E2 y C3-E3. A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada muestra representativa.

Para la muestra C1-E1 se determina el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) en base a los resultados obtenidos en la Tabla 12.

Tabla 12

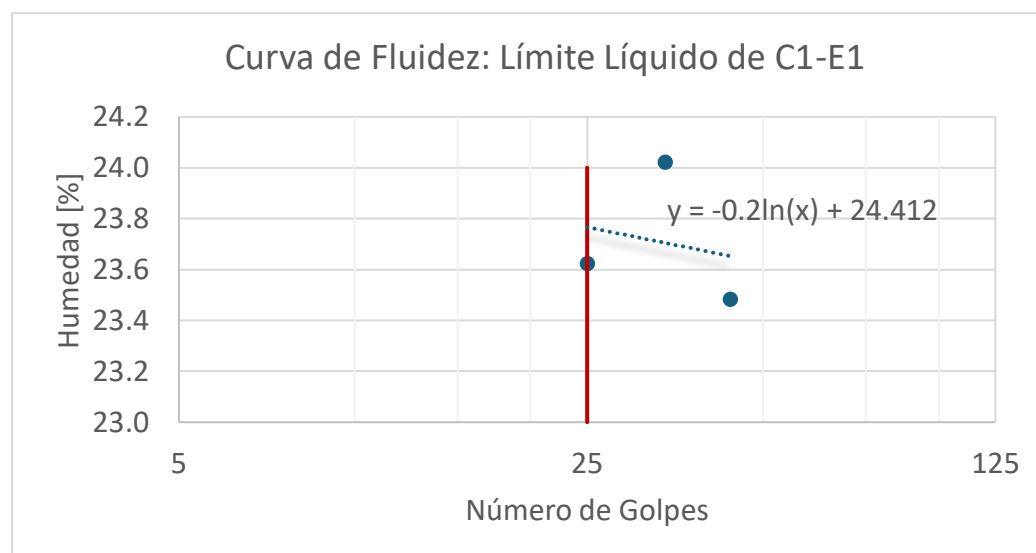
LL y LP de C1-E1

C1-E1	Límite Líquido			Límite Plástico	
Masa del recipiente (g)	6.42	6.16	6.02	6.29	6.1
Número de Golpes	25	34	44	-	-
Masa del suelo húmedo + recipiente (g)	20.55	17.88	18.01	8.04	8.52
Masa del suelo seco + recipiente (g)	17.85	15.61	15.73	7.81	8.16
Masa de agua evaporada (Mw)	2.7	2.27	2.28	0.23	0.36
Masa de suelo seco (Ms)	11.43	9.45	9.71	1.52	2.06
Humedad (%)	23.62	24.02	23.48	15.13	17.48

Nota. Resultados de laboratorio del ensayo de Límite de Atterberg para la determinación del LL y LP de la muestra C1-E1.

Figura 10

Límite Líquido (LL) de la muestra C1-E1



Nota. Representación de la variación de la humedad en función del número de golpes desde un estado líquido a un estado plástico (LL= 23.8%).

Con los resultados presentados se realizó una representación visual para determinar el límite líquido, que equivale al contenido de humedad a los 25 golpes, como muestra la Figura 10.

Como se puede observar, la humedad tiende a disminuir conforme aumenta el número de golpes, este comportamiento está asociado a la pérdida de agua al estar expuesto al ambiente. Los resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se encuentran en la Tabla 13.

Tabla 13

Límites de consistencia de la muestra C1-E1

C1-E1	
LL	23.8%
LP	17%
IP	7%

Nota. Resultados de LL, LP y IP

Debido a que la muestra presenta un índice de plasticidad de 7, y un LL de 23.8% se considera de baja plasticidad. Además, como posee una humedad natural del 15.89%, significa que el suelo es poco expansivo.

Con respecto a la muestra C1-E2, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 14

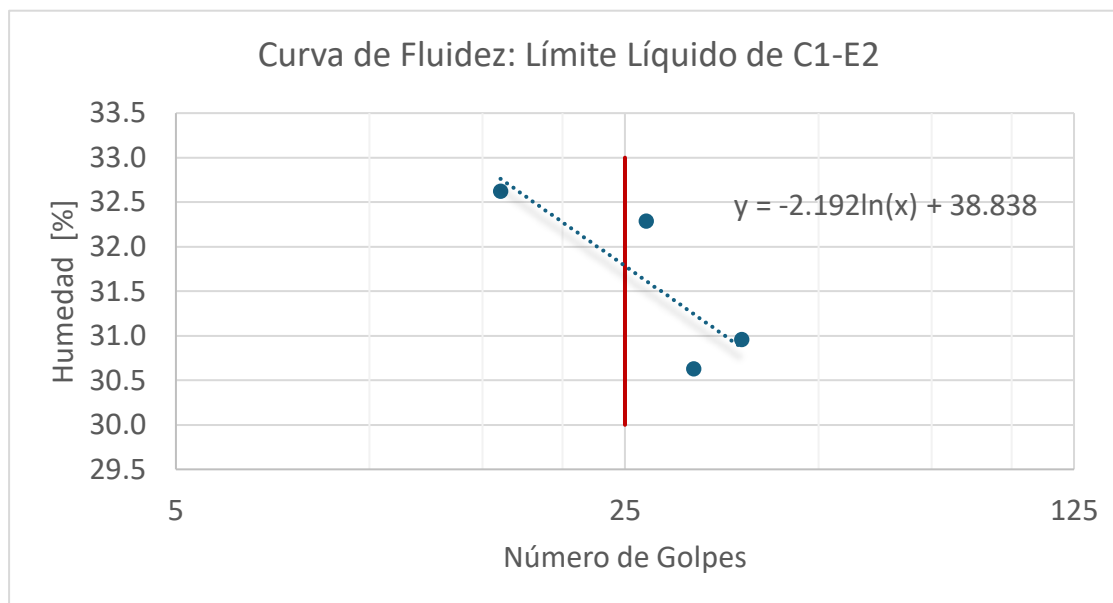
LL y LP de C1-E2

C1-E2	Límite Líquido				Límite Plástico	
Masa del recipiente (g)	6.17	6.17	6.36	6.14	5.99	6.06
Número de Golpes	16	27	32	38	-	-
Masa del suelo húmedo + recipiente (g)	16.09	17.52	18.43	16.97	8.64	8.66
Masa del suelo seco + recipiente (g)	13.65	14.75	15.6	14.41	8.22	8.21
Masa de agua evaporada (Mw)	2.44	2.77	2.83	2.56	0.42	0.45
Masa de suelo seco (Ms)	7.48	8.58	9.24	8.27	2.23	2.15
Humedad (%)	32.62	32.28	30.63	30.96	18.83	20.93

Nota. Resultados de laboratorio del ensayo de Límite de Atterberg para la determinación del LL y LP de la muestra C1-E2.

Figura 11

Límite Líquido (LL) de la muestra C1-E2



Nota. Representación de la variación de la humedad en función del número de golpes desde un estado líquido a un estado plástico (LL= 32%).

La Figura 11 representa la curva de fluidez de la muestra C1-E2. Los puntos están un poco dispersos con respecto a la línea de tendencia, sin embargo, el ensayo realizado es aceptable.

Tabla 15

Límites de consistencia de la muestra C1-E2

C1-E2	
LL	32%
LP	20%
IP	12%

Nota. Resultados de LL, LP y IP.

En la .

Figura 11 se observa un comportamiento lineal descendiente con un valor de LL de 32%. Así mismo se tiene un IP de 12, lo que significa que tiene una plasticidad moderada, y por tanto el

suelo puede desmoronarse sin agrietarse. La humedad natural es de 17.78%, por lo cual el suelo es levemente expansivo.

Para el análisis de la muestra C2-E2, se tiene lo siguiente:

Tabla 16

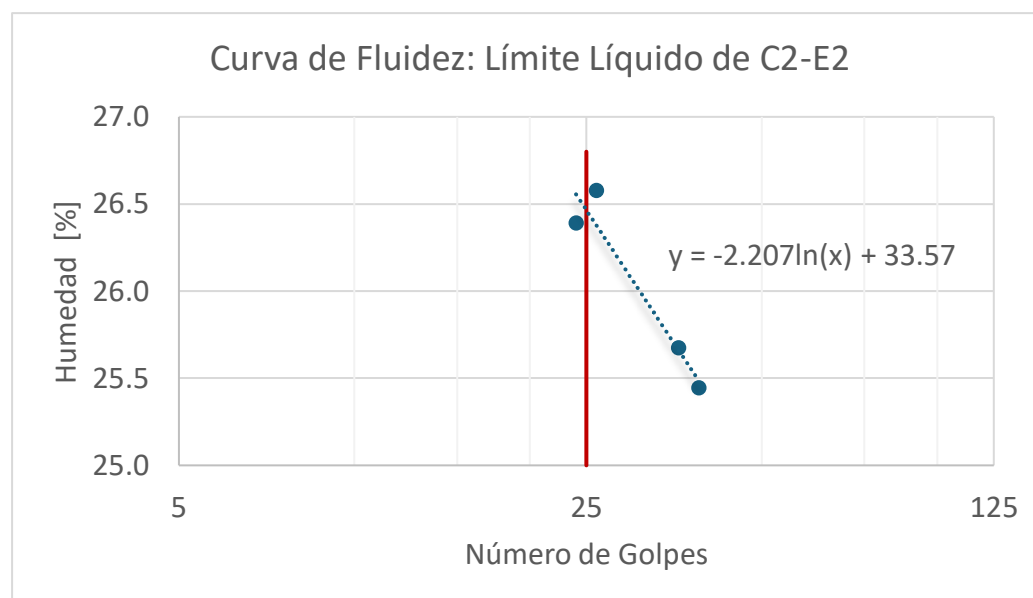
LL y LP de C2-E2

C2-E2	Límite Líquido				Límite Plástico	
Masa del recipiente (g)	6.29	6.08	6.28	5.79	6.17	6.1
Número de Golpes	24	26	36	39	-	-
Masa del suelo húmedo + recipiente (g)	19.94	19.13	21.7	19.99	7.54	7.51
Masa del suelo seco + recipiente (g)	17.09	16.39	18.55	17.11	7.31	7.28
Masa de agua evaporada (Mw)	2.85	2.74	3.15	2.88	0.23	0.23
Masa de suelo seco (Ms)	10.8	10.31	12.27	11.32	1.14	1.18
Humedad (%)	26.39	26.58	25.67	25.44	20.18	19.49

Nota. Resultados de laboratorio del ensayo de Límite de Atterberg para la determinación del LL y LP de la muestra C2-E2.

Figura 12

Límite Líquido (LL) de la muestra C2-E2



Nota. Representación de la variación de la humedad en función del número de golpes desde un estado líquido a un estado plástico (LL= 26.5%)

La Figura 12 tiene valores más precisos y con poca dispersión, con un valor de $R= 0.92$, asegurando un ensayo adecuado. De hecho, de todas es la que mejor se ajusta a la línea de tendencia.

Tabla 17

Límites de consistencia de la muestra C2-E2

C2-E2	
LL	26.5%
LP	21%
IP	6%

Nota. Resultados de LL, LP y IP.

Con respecto a los límites de consistencia se tiene un valor de LL de 26.5% y un IP de 6% aproximadamente. El valor de humedad natural de 17.47% muestra que el suelo es un poco expansivo.

Por último, para la muestra C2-E3 se tiene lo siguiente

Tabla 18

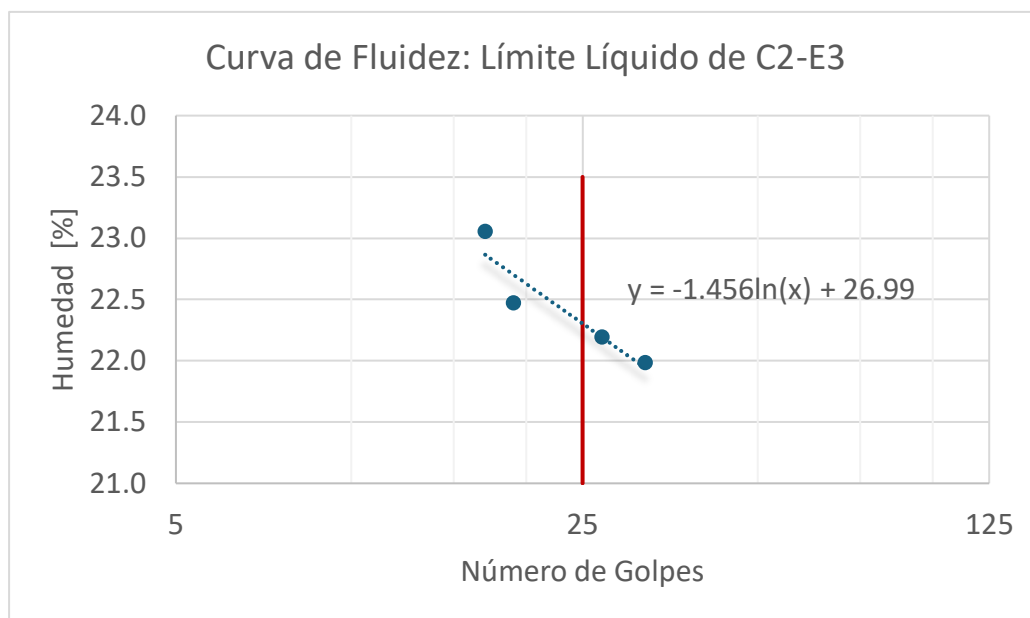
LL y LP de C2-E3

C2-E3	Límite Líquido				Límite Plástico	
Masa del recipiente (g)	6.09	6.15	5.93	6.05	6.14	5.69
Número de Golpes	17	19	27	32	-	-
Masa del suelo húmedo + recipiente (g)	19.7	19.23	19.31	19.2	8.29	7.83
Masa del suelo seco + recipiente (g)	17.15	16.83	16.88	16.83	7.99	7.53
Masa de agua evaporada (Mw)	2.55	2.4	2.43	2.37	0.3	0.3
Masa de suelo seco (Ms)	11.06	10.68	10.95	10.78	1.85	1.84
Humedad (%)	23.06	22.47	22.19	21.99	16.22	16.30

Nota. Resultados de laboratorio del ensayo de Límite de Atterberg para la determinación del LL y LP de la muestra C2-E3.

Figura 13

Límite Líquido (LL) de la muestra C2-E3



Nota. Representación de la variación de la humedad en función del número de golpes desde un estado líquido a un estado plástico (LL= 22.5%).

Tabla 19

Límites de consistencia de la muestra C2-E3

C2-E3	
LL	22.5%
LP	17%
IP	6%

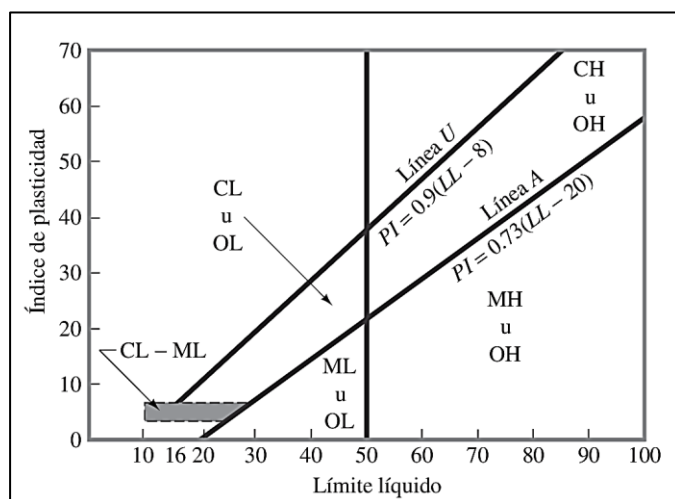
Nota. Resultados de LL, LP y IP

Según la tabla 19 se tiene que el LL es de 22.5% y el IP de 6% siendo este de baja plasticidad, pero como la humedad es de 12.53%, el suelo es poco expansivo.

Luego de haber determinado la granulometría y los límites de consistencia, se procede a clasificar el suelo usando la carta de plasticidad (Figura 14) y mediante el criterio del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) mostrado en la Figura 15.

Figura 14

Carta de plasticidad



Nota. Carta de plasticidad. Fuente: (Das B., 2013).

Figura 15

Criterio para la clasificación de suelo por SUCS

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW
	Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Menos de 5% finos ^a	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP
		Gravas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM
		Más de 12% finos ^{a,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC
Suelos de grano fino 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW
	50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Menos de 5% finos ^b	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP
		Arenas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM
		Más de 12% finos ^{b,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e	CL
			$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^e	ML
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Orgánico	Límite líquido: secado $\frac{(D_{60})^2}{D_{60} \times D_{10}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL	OL
			Límite líquido: no secado	
		Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CH
			Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico	Límite líquido: secado $\frac{(D_{60})^2}{D_{60} \times D_{10}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH	OH	
		Límite líquido: no secado		

^a Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^b Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

^c $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$

^d Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^e Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

17

^a Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^b Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

^c $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$

^d Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^e Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

17

Nota. Sistema unificado de clasificación de suelo. Fuente: (Das B., 2013).

De esta manera, de acuerdo con la Figura 15, se tienen las siguientes conclusiones de cada una de las muestras.

- Para la muestra C1-E1, queda retenido más del 50% en el tamiz número 200, y más del 50% pasa el tamiz número 4. Además, la muestra tiene más del 12% de finos (37.56%), un IP y LL de 7 y 24% respectivamente. Por todo esto y verificando la carta de plasticidad (Figura 14), se concluye que pertenece a una *arena limo arcillosa SC-SM* (menor al 15% de grava). Es decir, predomina la arena, pero con fracciones importantes de limos y arcillas.
- En la muestra C1-E2, queda retenido más del 50% en el tamiz número 200, y más del 50% pasa el tamiz número 4. Además, la muestra tiene más del 12% de finos (43.81%). Como el índice de plasticidad es mayor a 7 (12%), la muestra de suelo pertenece al subgrupo SC y como tiene un porcentaje de grava de 0.49% (menor a 15%), se considera *Arena arcillosa SC*.
- La muestra C2-E1, es una arena, y tiene más de 12% de finos (14.45%). Además, el LL y IP son de 26.5 y 6% respectivamente. Por tanto, se tiene una *arena limo arcillosa SC-SM*.
- La muestra C2-E2 es una arena, tiene más de 12% de finos (28.35%). El IP es de 6. Como el porcentaje de grava es de 0.09%, (menor a 15%) es una *arena limo arcillosa SC-SM*.

2.4.4. Corte Directo

Valor teórico de Angulo de fricción ϕ . Para la estimación preliminar de la capacidad de corte se ha tomado como referencia el libro de Burt. G Look, específicamente el capítulo 2.17, que trata de la consistencia de suelos no cohesivos y el capítulo 21.4, en referencia a los parámetros de resistencia a partir de la descripción del suelo.

Tabla 20*Consistencia de suelo no cohesivo*

Término	Símbolo	Evaluación de campo		SPT	Índice de densidad
Muy Suelto	VL	Clavija de 50 mm de fácil instalación	Huellas de pisada fácil	<4	<15
Suelto	L	Barra de refuerzo de 12mm fácil de empujar	Fácil de excavar	4-10	15-35
Medianamente denso	MD	Barra de 12 mm necesita un martillo para clavar > 200mm	Difícil de excavar	10-30	35-65
Denso	D	Clavija de 50 mm de difícil instalación Barra de 12 mm necesita un martillo para clavar < 200mm	Necesita pico para excavación	30-50	65-85
Muy denso	VD	Barra de 12 mm necesita un martillo para clavar < 60mm	Difícil de excavar	>50	>85
Cementado	C	Barra de 12 mm necesita un martillo para clavar < 20mm	partículas cementadas, endurecidas o de gran tamaño	>50	N/A

Nota. Consistencia del suelo en base a ensayos realizados en campo. Si la tabla aplica a arena medianamente densa, se debe aplicar corrección. Fuente: (Look, 2014).

La estimación se hace en base a la descripción del suelo que, en este caso, es una arena medianamente densa (MD) debido a que en la práctica fue difícil excavar en el estrato 3 de ambas calicatas. De acuerdo con el ensayo de campo una barra de aproximadamente 12 mm necesitó de un martillo para impulsar una distancia mayor a 200 mm (Tabla 20).

Tabla 21*Estimación preliminar de la capacidad de carga*

Tabla 21.4 Estimación preliminar de la capacidad de carga				
Material	Descripción	Esfuerzo		Valor de la capacidad estimado (kPa)
Arenas	Muy suelto	$Dr < 15\%$	$\phi < 30^\circ$	< 40
	Suelto	$Dr = 15-35\%$	$\phi = 30-35^\circ$	40-100
	Medianamente denso	$Dr = 35-65\%$	$\phi = 35-40^\circ$	100-275
	Denso	$Dr = 65-85\%$	$\phi = 40-45^\circ$	275-450
	Muy denso	$Dr > 85\%$	$\phi > 45^\circ$	> 450

Nota. Para arenas arcillosas reducir ϕ por 5° . Para arenas con grava incrementar por 5° . Fuente: (Look, 2014).

De acuerdo con la tabla 21, y considerando una arena medianamente densa, se selecciona una densidad relativa (Dr) de 35%, lo cual proporciona una resistencia al corte moderado. Se seleccionó el ángulo de fricción de 40° para ser conservador. Sin embargo, debido a que se trata de una arena con presencia de finos se debe aplicar un factor de corrección de 5° , resultando un $\phi = 35^\circ$. Así mismo, el factor de cohesión (c') debido a que se trata mayormente de una arena limo arcillosa SC-CM, tiene un valor de 10 kPa.

Angulo de fricción ϕ experimental. El ensayo de corte directo se realizó en la calicata 2, específicamente en el estrato 3 (E3), ya que era necesario determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo o cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ) en el sitio donde se proyecta la cimentación.

Este ensayo consiste en someter una muestra de suelo a diferentes niveles de carga normal, aplicando simultáneamente un esfuerzo cortante hasta alcanzar un desplazamiento horizontal en la placa de la muestra. A partir de estos datos, se construye la gráfica de esfuerzo

normal vs. esfuerzo cortante, la cual permite obtener los parámetros de corte. Como resultado del ensayo, se obtuvieron los siguientes valores:

$$\phi = 34.92^\circ$$

$$C = 0 \text{ Kpa}$$

Al comparar el valor teórico con el obtenido experimentalmente, se observa una buena congruencia entre ambos resultados, lo que valida la consistencia del ensayo. Por lo tanto, el valor obtenido es considerado aceptable y representativo del comportamiento del suelo en el estrato analizado.

2.5. Análisis de alternativas

La selección del sistema de losa a emplear en una edificación es una decisión fundamental dentro del proceso de diseño estructural, ya que influye directamente en la eficiencia constructiva, el comportamiento estructural, los costos del proyecto y el tiempo de ejecución. En el caso del presente proyecto, que contempla una edificación de cuatro niveles de hormigón armado para uso residencial, se analizaron varias alternativas que respondan tanto a las condiciones técnicas del diseño como a las realidades constructivas del sitio.

2.5.1. Alternativa 1: Losa nervada en 2D sobre pórticos de hormigón armado.

Una losa nervada es un sistema de construcción que consta básicamente de nervios de hormigón armado que son ubicados perpendicularmente entre sí. A diferencia de las macizas, las nervadas presentan una condición aligerada mediante nervaduras. Este tipo de sistema proporciona rigidez, eficiencia estructural, aislamiento acústico y es muy usado en edificaciones para uso residencial, comercial y turístico.

Las losas nervadas son usadas en edificaciones con grandes luces y es muy común en naves industriales, infraestructura con plantas libres como los centros comerciales, instituciones

educativas, e incluso en edificios de varios niveles o estacionamientos tanto en sótano como en altura para optimizar el concreto y reducir costos estructurales.

En las losas en dos direcciones las nervaduras se entrecruzan en ángulos perpendiculares permitiendo que las cargas se distribuyan uniformemente en ambos sentidos (X y Y) y es muy usado para áreas que son amplias y de varios pisos. Para ser considerada losa nervada en 2D, se debe cumplir una relación (largo / ancho menor o igual a 2). Al ser en dos direcciones mejora la distribución de cargas, tiene menor deformación y mayor rigidez, y se adapta de mejor manera a un diseño arquitectónico, puesto que permite columnas separadas a una mayor distancia.

Con respecto a la optimización de los costos y materiales, una losa nervada con casetón perdido por lo general tiene un costo de $(70-76)\$/m^2$. Al estar compuesto por nervaduras y permitir el uso de casetones de poliestireno o concreto reforzado, se tiene una ventaja significativa porque le brinda a la estructura menores cargas en las columnas y de esta manera puede reducir los costos de construcción, siendo mejor que otros sistemas constructivos

Cabe mencionar que, al estar compuesto de hormigón armado, la huella de carbono se va a ver afectada. El factor de emisión del hormigón es de $0.159 \text{ kg CO}_2/\text{kg}$ y del acero de refuerzo es de $1.623 \text{ kg CO}_2/\text{kg}$, Entonces se tiene una huella de carbono del hormigón de 41.97 kg CO_2 para 0.11 m^3 , y para el acero de refuerzo un valor de 25.97 kgCO_2 .

Figura 16

Losa Nervada en 2D



Nota. Fuente: (Juan Sánchez, 2022).

2.5.2. Alternativa 2: Losa colaborante con perfil Steel Deck sobre pórticos de hormigón armado.

Una de las alternativas viables y eficientes para el diseño estructural de edificaciones de varios niveles es la combinación de losas colaborantes con Steel Deck sobre una estructura principal conformada por pórticos de hormigón armado. Este sistema mixto ha sido ampliamente adoptado en proyectos residenciales, comerciales e industriales debido a su eficiencia estructural, rapidez constructiva y ventajas en la reducción de peso propio.

El Steel Deck es un perfil metálico acanalado que actúa como encofrado perdido y, una vez fraguado el hormigón, forma parte activa del sistema resistente, trabajando conjuntamente con la losa de concreto como un elemento composite o colaborante. Este sistema permite prescindir de encofrados tradicionales, reduciendo considerablemente los tiempos y costos de mano de obra en obra.

Su implementación permite menores espesores de losa en comparación con losas macizas tradicionales, optimización del uso de materiales y, al reducir el peso muerto, puede resultar en cimentaciones más económicas o menos exigentes. Además, el Steel Deck también puede actuar

como diafragma rígido en el plano de losas, mejorando el comportamiento estructural frente a cargas sísmicas.

En este sentido, el uso de losas con Steel Deck permite cubrir mayores luces entre ejes de columnas, reduciendo la necesidad de vigas intermedias y ofreciendo mayor flexibilidad en la distribución arquitectónica. No obstante, estas mayores distancias requieren un análisis cuidadoso del espesor de la losa, el tipo de perfil utilizado y la cuantía de refuerzo adicional, ya que el sistema debe responder adecuadamente ante esfuerzos de flexión y deflexiones admisibles.

A pesar de sus beneficios, se deben considerar ciertos aspectos como la protección contra la corrosión del perfil metálico, la necesidad de un diseño especializado en conexiones (anclajes, pernos de cortante, etc.), y un mayor control técnico durante la ejecución, especialmente en la interacción entre acero y hormigón. Además, el uso del sistema puede estar limitado por la disponibilidad local de materiales y mano de obra especializada.

A nivel económico, en el caso de la losa colaborante con perfil Steel Deck, se ha identificado que el costo estimado del sistema por metro cuadrado es de aproximadamente \$(60-65)/m². Este valor puede variar dependiendo de factores como el tipo de perfil utilizado, el espesor de la losa, el tipo y cantidad de acero de refuerzo, y la ubicación del proyecto, especialmente por los costos de transporte y la disponibilidad local.

La emisión aproximada de CO₂ asociada a la losa colaborante con perfil Steel Deck es de 80,07 kg CO₂/m², considerando únicamente las emisiones generadas por los materiales principales. De este total, alrededor de 35.21 kg CO₂/m² corresponden al acero galvanizado del perfil Steel Deck, refuerzo y viga de acero, mientras que el 44,86 kg CO₂/m² se atribuye a la producción del concreto y sus agregados. Este valor representa un promedio estimado que puede variar según la calidad de los materiales y las condiciones específicas del proyecto.

Figura 17

Losa colaborante con perfil Steel Deck



Nota. Fuente Foshan TianPuAn Building Materials Technology Co. (2016).

2.5.3. Alternativa 3: Losa maciza prefabricada sobre pórticos de hormigón armado.

La losa maciza prefabricada representa una solución estructural que responde adecuadamente a las exigencias de eficiencia constructiva, control de calidad y resistencia uniforme. Este sistema consiste en paneles de concreto armado fabricados industrialmente, que funcionan como una losa sólida y que se disponen sobre vigas o apoyos previamente dispuestos en la estructura. Una vez montados los paneles, se suele verter una capa superior de compresión in situ para lograr la continuidad estructural y garantizar el trabajo monolítico entre los componentes prefabricados y los elementos de concreto fundido.

Su implementación sobre pórticos de hormigón armado resulta compatible tanto a nivel estructural como constructivo. La prefabricación permite anticipar la producción de los elementos durante las etapas previas del proyecto, optimizando los plazos de obra y minimizando el uso de encofrados y apuntalamientos en sitio. Además, el control de calidad en planta favorece una mejor precisión en la disposición del refuerzo, en la resistencia del concreto

y en los acabados superficiales, aspectos que pueden traducirse en una mayor durabilidad y menores errores durante la construcción.

En términos de configuración estructural, esta alternativa se adapta mejor a edificaciones con geometrías regulares y luces entre 4 y 6 metros, permitiendo una transmisión efectiva de cargas sin necesidad de elementos intermedios. Esta condición, sin embargo, también plantea una de sus principales limitaciones, la prefabricación exige una planificación rigurosa de la modulación estructural y una mayor precisión en la ejecución de los elementos portantes, ya que cualquier desviación puede comprometer la colocación y el encaje de los paneles

Adicionalmente, la necesidad de medios de izaje para el montaje de los elementos implica considerar las condiciones logísticas de acceso y maniobrabilidad en el sitio de obra, lo que puede restringir su uso en zonas urbanas densas o con limitaciones de espacio. También es relevante considerar el costo inicial de producción y transporte de los paneles, que, aunque puede equilibrarse con el ahorro en tiempo y mano de obra, podría resultar menos competitivo frente a otros sistemas si no se optimizan adecuadamente los volúmenes y secuencias constructivas.

En promedio, el costo estimado de una losa maciza prefabricada puede situarse alrededor de (65-70)\$ por metro cuadrado, dependiendo del diseño específico, la logística y la ubicación del proyecto. La huella de carbono para este sistema estructural ronda los 65 a 75 kg de CO₂/m² de losa considerando los materiales. Este valor incluye aproximadamente entre 10 y 15 kg CO₂/m² atribuibles al acero de refuerzo y el resto a la producción del concreto.

Figura 18

Losa maciza prefabricada



Nota. Fuente Ebawe (n.d.) .

2.5.4. Selección de Alternativas

Cada alternativa fue evaluada con base en los siguientes criterios de selección.

Tabla 22

Criterios de Evaluación

Criterio	Descripción
Rigidez y desempeño sísmico	Evalúa la capacidad del sistema para soportar cargas sísmicas, considerando la interacción con los pórticos de hormigón armado.
Optimización de materiales y costos	Considera el equilibrio entre cantidad de materiales, eficiencia estructural y costos totales (material y transporte).
Flexibilidad de diseño arquitectónico	Capacidad del sistema para adaptarse a diferentes distribuciones espaciales y distancias entre apoyos sin perder eficiencia estructural.
Mantenimiento y durabilidad	Se refiere al comportamiento del sistema ante el paso del tiempo, exposición ambiental y necesidades de mantenimiento preventivo o correctivo.
Velocidad de construcción	Tiempo requerido para el montaje y ejecución del sistema en obra, considerando también el grado de industrialización.
Huella de carbono	Evalúa la cantidad de emisiones de CO ₂ generados durante la fase de producción del material.

Nota. Descripción los criterios aplicados para la evaluación de las alternativas.

La metodología con la que se analizó cada alternativa fue mediante una escala de Likert del 1 al 5.

Tabla 23*Criterios de Evaluación*

Valor	Interpretación
1	Muy desfavorable
2	Desfavorable
3	Neutro / Regular
4	Favorable
5	Muy favorable

Nota. Escala de Likert del 1 al 5.

Tabla 24*Comparación de Alternativas*

Criterio	Factor de importancia	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Rigidez y Desempeño	0.9	5	4.5	5	4.5	5	4.5
Optimización de Materiales y Costos	0.7	3	2.1	4	2.8	3	2.1
Flexibilidad de Diseño Arquitectónico	0.7	4	2.8	4	2.8	3	2.1
Mantenimiento y Durabilidad	0.6	4	2.4	3	1.8	4	2.4
Velocidad de Construcción	0.4	3	1.2	4	1.6	4	1.6
Huella de carbono	0.4	4	1.6	2	0.8	3	1.2
Calificación Total		14.6		14.3		13.9	

Nota. Matriz comparativa de evaluación de las tres alternativas.

En base al método de evaluación de Likert (tabla 23), se analizaron y compararon las tres alternativas como se presenta en la tabla 24. Para ello, se estableció un factor de importancia para cada criterio de evaluación en base a las necesidades del proyecto y especificaciones del cliente.

Para el criterio de “Rigidez y desempeño”, las tres alternativas deben obligatoriamente cumplir con la eficiencia en su diseño, por tanto, un valor de 5 fue asignado, ya que todas son favorables. Por otro lado, para el criterio “Optimización de Materiales y Costos”, se identificaron diferencias significativas entre las opciones.

Aunque el kg de acero es más caro que el hormigón, ese precio superior es compensado en la duración de construcción de la misma y en materiales de obra, que se traduce a menor inversión, por ende, la Alternativa 2 mostró un costo más reducido. Por su parte, la Alternativa 3, al estar basada en elementos prefabricados cuya producción nacional es limitada, incurre en altos costos de transporte hacia el sitio de obra, incrementando notablemente el costo total de ejecución. En contraste, la Alternativa 1 que a pesar de también ser de hormigón armado presenta costos más competitivos

Para el criterio “Flexibilidad de Diseño Arquitectónico”, la alternativa 3 tiene dimensiones de los elementos prefabricados ya definidos, lo cual hace que su diseño sea más restringido.

Mientras que en “Mantenimiento y Durabilidad”, se identificó que el uso de acero (Alternativa 2) implica la necesidad de un mantenimiento periódico debido a su susceptibilidad a la corrosión, así mismo, este sistema genera una mayor cantidad de emisiones de CO₂ en comparación con las demás alternativas, lo que representa desventaja desde el punto de vista ambiental.

Por último, se tiene que la alternativa 1, requiere de un mayor tiempo para el montaje y ejecución del sistema en obra, siendo más desfavorable con respecto a la alternativa 2 y 3. A pesar de esto, y por todo lo dicho anteriormente, se concluye que la Alternativa 1, “Losa nervada en 2D sobre pórticos de hormigón armado” es la opción más viable al tener mayor cantidad de puntos a favor.

Capítulo 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico constituye la base funcional de una edificación, incluyendo la estética, distribución de espacios y uso eficiente del entorno aprovechando recursos naturales. A través de este proceso se definen los espacios interiores y vistas exteriores, adaptándose a las necesidades del usuario y al contexto del proyecto. Su correcta planificación permite lograr armonía entre forma, función y sostenibilidad.

3.1.1. Tipología habitacional y organización espacial

En el diseño arquitectónico se contempló la variabilidad de usuarios que podrían habitar o visitar la edificación, por lo cual se optó por propuestas de habitaciones con diferentes dimensiones y número de dormitorios, abarcando desde parejas hasta grupos familiares. Esto con la finalidad de adaptarse a la demanda turística.

La planta baja, correspondiente al piso uno, (Figura 23) fue destinada para la recepción y al área de estacionamiento, considerando espacios suficientes para una cantidad considerable de clientes. Además, se asignó un espacio comercial compuesto por tres locales, los cuales podrán ser arrendados, considerando así el potencial económico y el desarrollo comercial del sector.

Los pisos 2, 3 y 4 fueron destinados exclusivamente para el alojamiento, con un total de cinco habitaciones por nivel. Cada una fue detallada en la tabla 25 con su respectiva área útil sin considerar el balcón y su área total considerando el balcón, cuidando criterios de confort, privacidad y funcionalidad, fundamentales para garantizar una estancia de calidad (ver Figuras 24 y 25).

Tabla 25*Área de habitaciones por piso*

Nivel	Habitación	Área útil [m2]	Área total [m2]
Piso 1	001	63,5	68,3
	002	53,2	58
	003	34,2	38,1
	004	112,6	116,5
	005	111,6	115,5
Piso 2	101	63,5	68,3
	102	53,2	58
	103	34,2	38,1
	104	112,6	116,5
	105	111,6	115,5
Piso 3	201	63,5	68,3
	202	53,2	58
	203	34,2	38,1
	204	112,6	116,5
	205	111,6	115,5

Nota. Resumen de áreas útiles y totales de habitaciones por piso.

3.1.2. Confort a través de diseño luminoso y vistas

Uno de los principios clave del diseño fue la maximización del ingreso de luz natural, así como el aprovechamiento de las vistas hacia el entorno costero. Para ello, se incorporaron elementos como muros cortina, especialmente en zonas estratégicas como la recepción y escaleras, permitiendo que estas áreas se mantengan iluminadas durante el día y conserven una conexión visual con el exterior. Esta solución arquitectónica se replicó verticalmente a lo largo de los tres pisos superiores, reforzando una continuidad visual y lumínica en la edificación (ver Figuras 19, 20, 21 y 22).

Adicionalmente, a cada habitación se le incorporó un balcón, pensado no solo como un espacio de confort para los residentes, sino también como un punto de contemplación del paisaje, eliminando la necesidad de salir del edificio para disfrutar del entorno natural (Figuras24).

3.1.3. *Vistas en planta y fachadas*

Fachadas.

Figura 19

Vista frontal

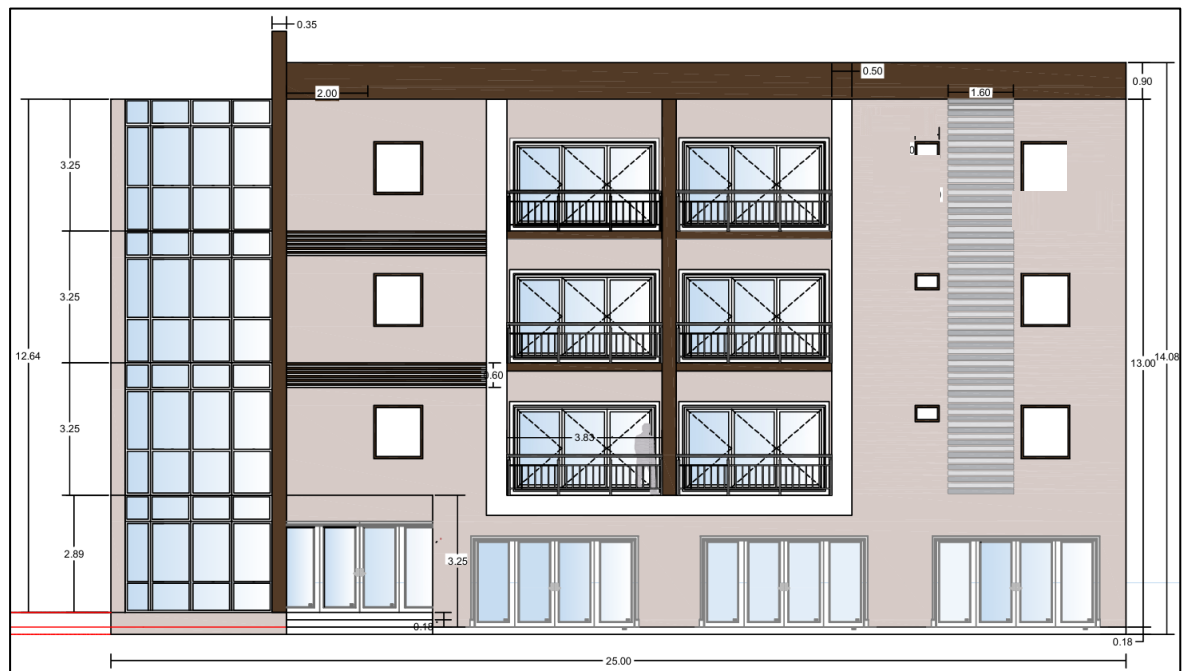


Figura 20

Vista lateral derecha

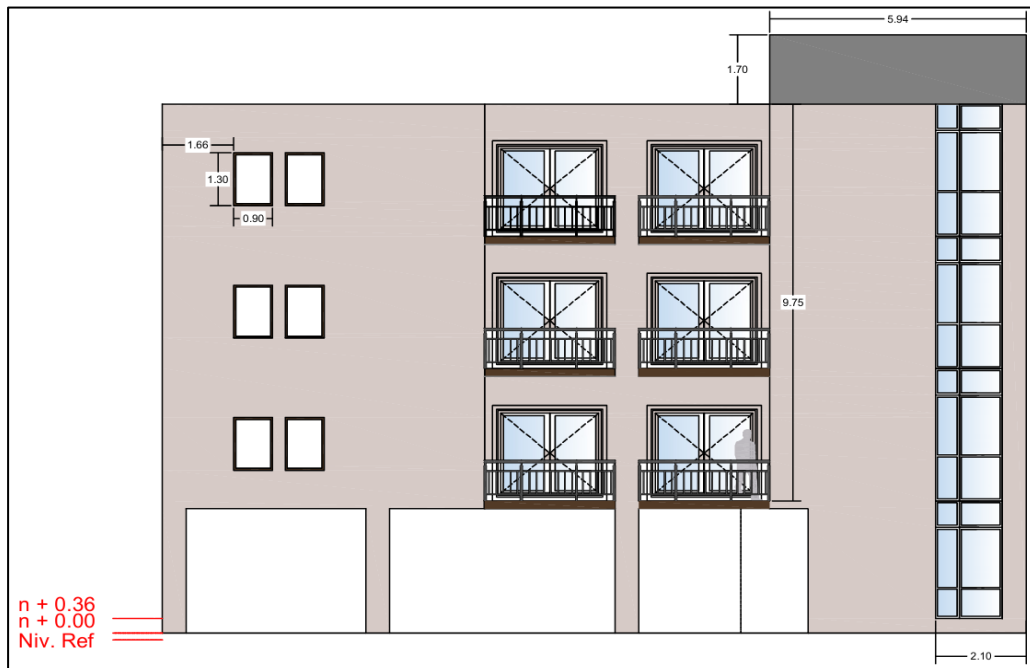


Figura 21

Vista lateral izquierda

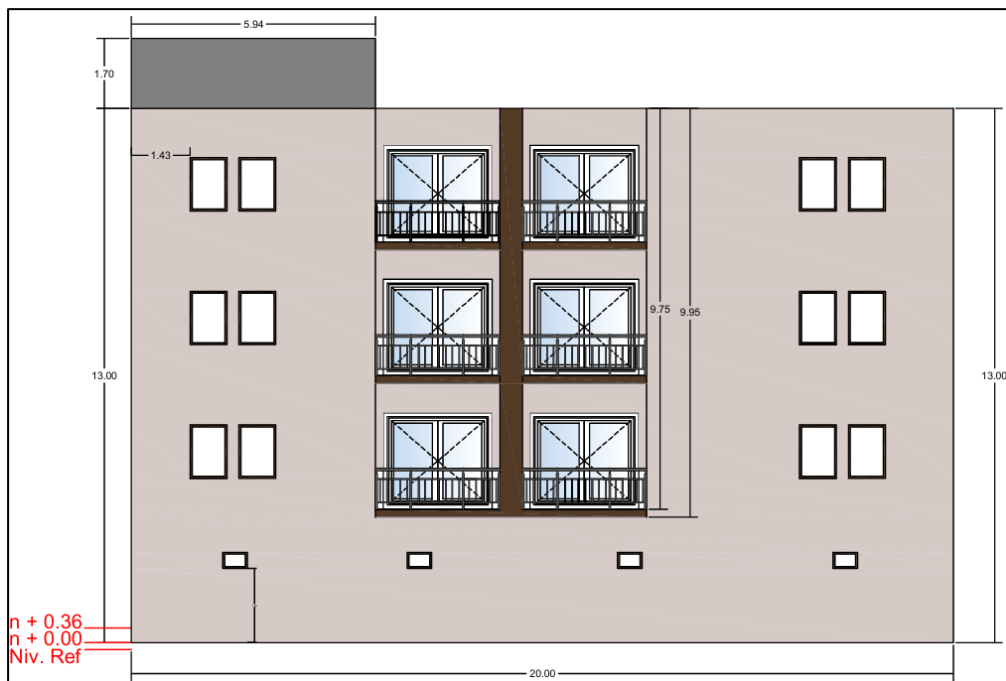
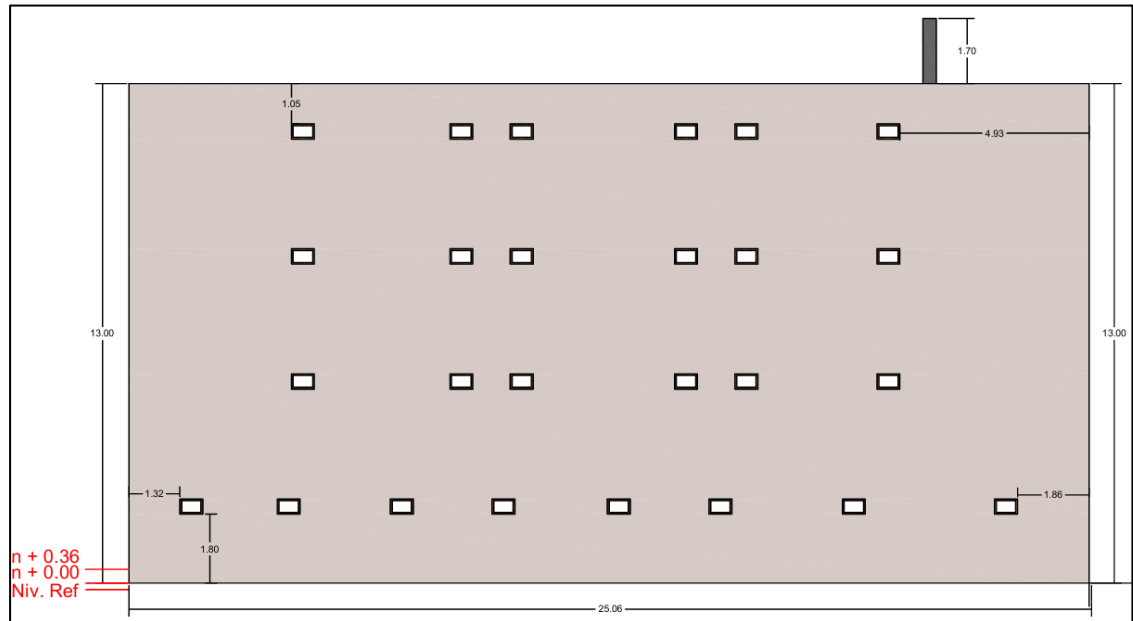


Figura 22

Vista posterior



Vistas en planta.

Figura 23

Planta baja

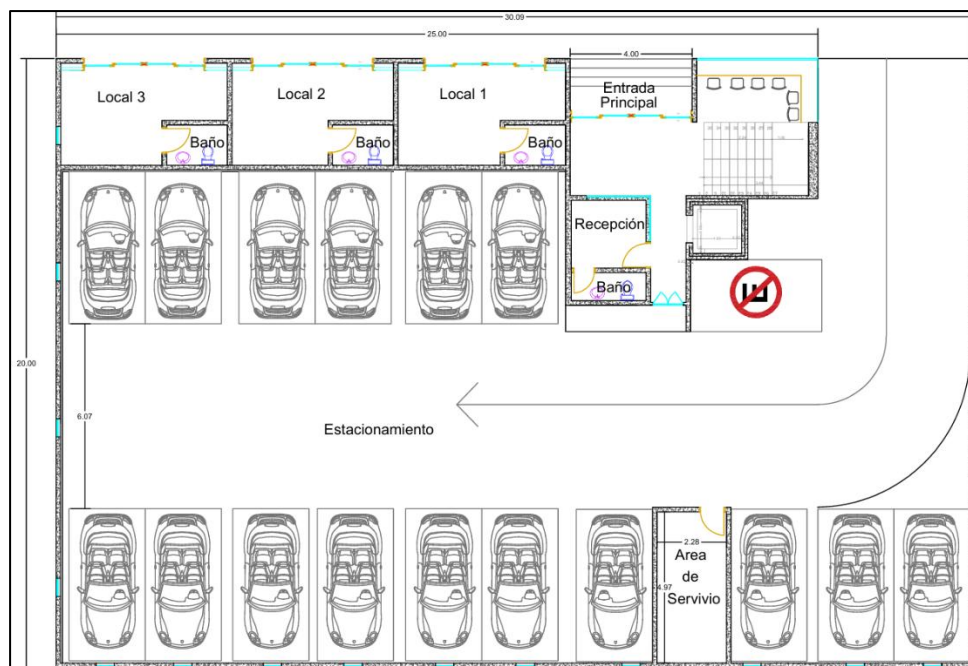


Figura 24

Vista en planta de pisos 1, 2 y 3

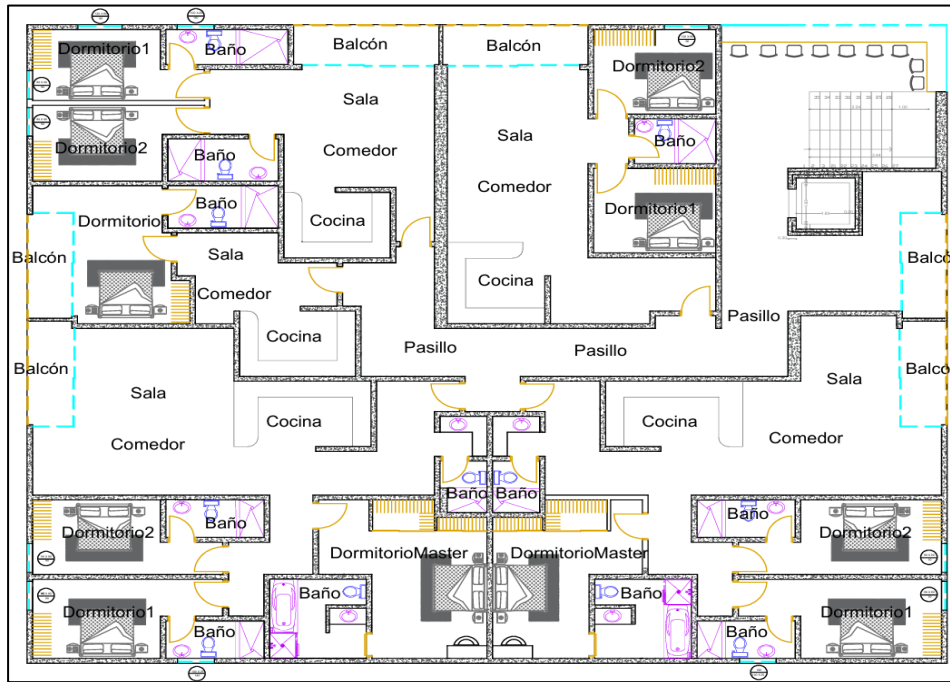
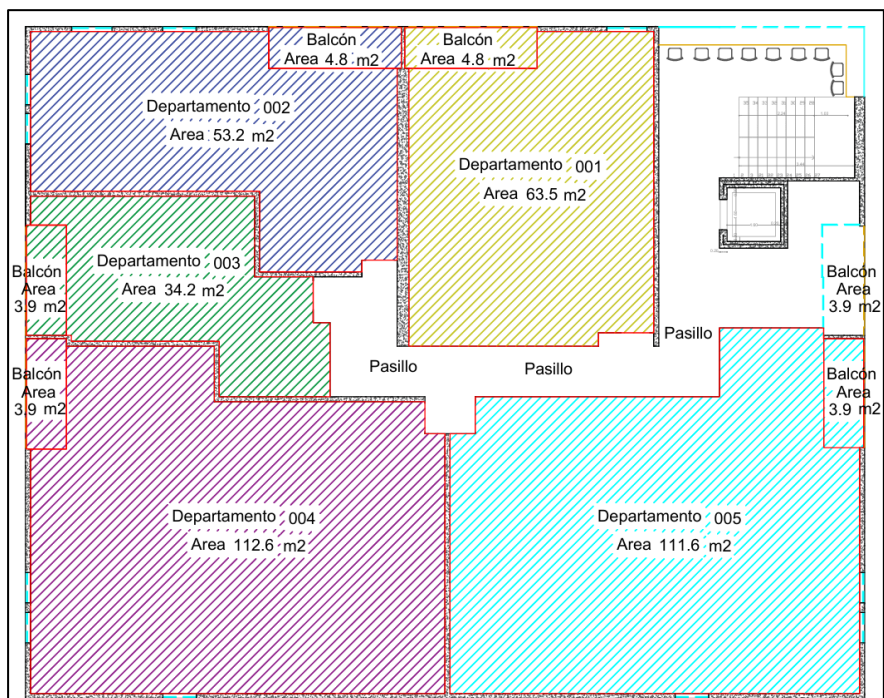


Figura 25

Área de departamentos de pisos 1



3.2. Pre-Diseño estructural

3.2.1. *Material*

Para el diseño estructural del proyecto, considerando que se ha optado por utilizar pórticos de hormigón armado como sistema resistente principal. Se define que todos los elementos estructurales, incluidos vigas, columnas, losas y vigas de cimentación estarán conformados por hormigón con una resistencia característica a la compresión de $f'_c = 240 \frac{kg}{cm^2}$. Dicho valor representa una resistencia comúnmente empleada en edificaciones de mediana altura y garantiza un buen comportamiento tanto en carga gravitacional como sísmica.

El refuerzo de estos elementos será ejecutado con acero de alta adherencia, cuyas varillas poseen un esfuerzo de fluencia de $f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$, lo que asegura una adecuada capacidad de carga y ductilidad estructural, fundamental especialmente en zonas de alta sismicidad.

3.2.2. *Definición de cargas*

Cargas muertas. Las cargas muertas en el presente proyecto corresponden al peso propio de todos los elementos estructurales y no estructurales permanentes de la edificación, los cuales actúan de forma constante durante toda la vida útil de la estructura.

Losas. La losa del sistema estructural estará conformada por una losa nervada bidireccional con un espesor total de 20 cm. Para su construcción se emplearán bloques de polietileno expandido con dimensiones de 15 x 40 x 40 cm, los cuales actúan como aligerantes en las zonas entre nervaduras. Dado su bajo peso, estos bloques tienen una masa prácticamente despreciable en el cálculo de cargas muertas. Por lo tanto, el peso propio de la losa se estima en función del volumen de hormigón estructural, considerando una densidad promedio de 2400 kg/m³ y considerando que en 1m² caben 4 bloques.

$$w_{Losa2D} = (V \text{ de losa} - \text{Bloq de polietileno}) \times \rho \text{ del hormigon} \quad (3.1)$$

$$w_{Losa2D} = (1m \times 1m \times 0,2 m - 4 \times 0,15 \times 0,40 \times 0,40 m) \times 2400 \frac{kg}{m^3}$$

$$w_{Losa2D} = 249,6 kg$$

Columnas y vigas. En el caso de los elementos estructurales como columnas y vigas, su peso propio representa una carga permanente significativa en el análisis estructural. Según referencias típicas, este valor puede variar entre 0,20 y 0,50 t/m², dependiendo de las dimensiones, el tipo de concreto y el sistema constructivo empleado. Para esta edificación de cuatro niveles, se ha considerado un valor medio de 0,35 t/m² (equivalente a 350 kg/m²), por ser un estimado representativo y conservador acorde a la configuración estructural adoptada.

$$W_{Columnas y vigas} = 350 \frac{kg}{m^2}$$

Cerámicas. En cuanto a los acabados de piso, se considera el uso de baldosas de cerámica con mortero de cemento de 1.5 cm de espesor. De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), el peso específico de estos materiales se estima en 20.4 kg/m² por cada centímetro de espesor.

$$W_{Cerámica} = 1,5 \times 20,4 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_{Cerámica} = 30,59 \frac{kg}{m^2}$$

Mampostería. Se usarán bloques de dimensiones 12x20x40 cm, de los cuales se necesitan aproximadamente 13 de ellos para construir un metro cuadrado de pared; estimando que su peso es de 11.5 Kg por unidad, se determina el peso de las paredes de una altura igual a la del entrepiso, de 3.25 m, en un área de losa de 500 m².

$$A_{pared} = \text{Area total de las paredes en una planta (m}^2\text{)} \quad (3.2)$$

$$\text{Área de pared} = 884 \text{ m}^2$$

Factor entre área de la pared por metro cuadrado de losa:

$$F = \frac{A_{pared}}{w_{Losa2D}} \quad (3.3)$$

$$F = \frac{884 \text{ m}^2}{500 \text{ m}^2} = 1,77$$

$$W_{mampostería} = 13 \frac{\text{unidades}}{\text{m}^2} \times 1,77 \times 11,5 \frac{\text{kg}}{\text{unidad}}$$

$$W_{mampostería} = 264,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Enlucido. La capa de enlucido de 1,5 cm de espesor en ambas caras de la pared. La densidad del mortero a usarse es de 2100 kg/m³.

$$W_{enlucido} = 2 \times 1,5 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \times 1,77 \times 2100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_{enlucido} = 111,51 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Losa de cubierta. Para la losa de cubierta, debido a que las paredes de la terraza no tienen más de un metro de alto, se considera agregar sólo un 25% de la carga total de las paredes y enlucido.

$$w_{Losa2DCubierta} = w_{Losa2D} + (W_{Sobreimpuesto}) \times 0.25 \quad (3.4)$$

$$w_{Losa2DCubierta} = 249,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + \left(264,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 111,51 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) \times 0.25$$

$$w_{Losa2DCubierta} = 343,63 \frac{kg}{m^2}$$

Instalaciones y tumbado. Por cada metro cuadrado también se requiere considerar el peso del tumbado, instalaciones eléctricas y sanitarias.

$$W_{instalaciones y tumbado} = 100 \frac{kg}{m^2 \text{ de losa}}$$

Paisajismo. En el diseño estructural de edificaciones modernas, el paisajismo arquitectónico no solo cumple una función estética, sino que también introduce cargas adicionales que deben ser cuidadosamente consideradas.

$$W_{instalaciones y tumbado} = 36,6 \frac{kg}{m^2 \text{ de losa}}$$

Carga muerta total. La suma del peso propio de la estructura más las cargas sobre impuestas.

Tabla 25

Carga muerta de peso propio por piso

Pisos	Wd (kg/m2)
Piso de cubierta	171,815
Piso 3	571,45
Piso 2	571,45
Piso 1	571,45

Cargas vivas. Las cargas vivas utilizadas en el proyecto fueron determinadas conforme a lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, específicamente en el capítulo referido a “Cargas No Sísmicas” (NEC-SE-CG). De acuerdo con la tabla 9 de dicha normativa, se asignaron las sobrecargas mínimas exigidas según el uso previsto de la edificación. Para este caso, al tratarse de una residencia multifamiliar, se consideró una carga viva de 2 kN/m² para las áreas habitables, 4.80 kN/m² para los corredores o zonas de circulación, y 0.7 kN/m² para la cubierta plana o inclinada.

Tabla 26

Cargas vivas según su uso para hoteles y residencias multifamiliares

Uso	Cargas Vivas (Kg/m2)
Habitaciones	200
Corredores	480

Nota. Extracto de la tabla 9 de NEC-SE-DS (2015).

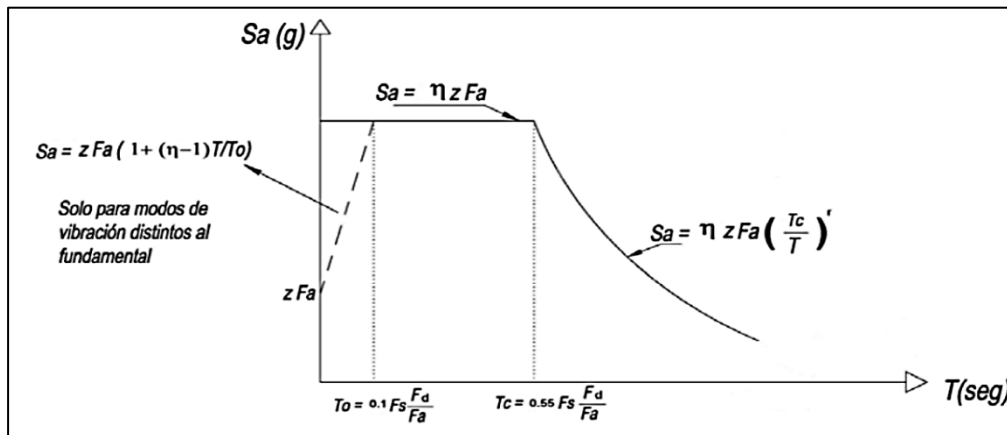
$$W_{viva} = 200 \frac{kg}{m^2 \text{ de losa}}$$

3.2.3. Espectro de respuesta elástico

La curva que describe la aceleración horizontal de una estructura en relación con la gravedad se define mediante tres ecuaciones. El espectro comienza con una curva lineal, seguida de una sección constante conocida como meseta, y concluye con una ecuación exponencial.

Figura 26

Espectro de respuesta elástico

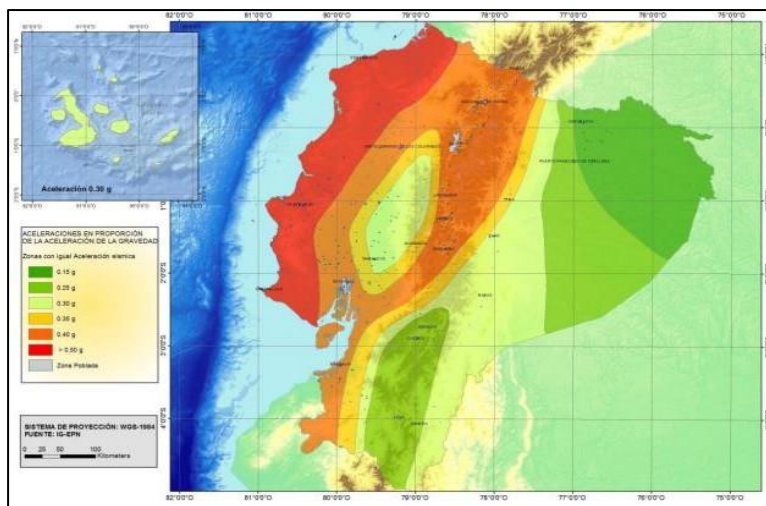


Nota. Gráfico típico que representan al espectro de respuesta elástico

Factor z. Se proporciona el mapa de en estudios sobre el riesgo sísmico en Ecuador. Este mapa indica que Guayaquil está en una zona con alto riesgo sísmico. La edificación está en una zona clasificada como sísmica V con alto riesgo sísmico. Según la tabla e ilustración 27, el valor de Z para esta área es de 0.5g.

Figura 27

Mapa de riesgo sísmico en Ecuador



Nota. Tabla obtenida de NEC-SE-DS (2015), Fd: Distribuciones en zonas sísmicas, Ecuador

Tabla 27

Valores de Z, en función de zona sísmica

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor de factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50
Caracterización de Peligro Sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Nota. Tabla obtenida de NEC-SE-DS (2015), Fd: Valor de Z para Salinas, provincia de Santa Elena.

Coefficientes Fa, Fd y Fs. Los coeficientes se determinan mediante las tablas 28, 29 y 30 de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), ubicadas en la sección de Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente. Para el suelo de la costa ecuatoriana que se caracteriza por ser denso con rocas blandas, se lo denomina tipo C, se han calculado los valores correspondientes a la clase y los coeficientes del sitio.

Tabla 28

Coefficiente de Amplificación de Suelo [Fa], según el tipo de suelo

Tipo de Perfil del Subsuelo	Zona Sísmica y Factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,4	1,25	1,1	1	0,85

Nota. Tabla obtenida de NEC-SE-DS (2015), Fa: Coeficiente de Amplificación de Suelo en la Zona Periodo Corto [Fa].

Tabla 29

Coefficiente de Amplificación de Suelo [Fd], según el tipo de suelo

Tipo de Perfil del Subsuelo	Zona Sísmica y Factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,1	1,75	1,7	1,65	1,6	1,5

Nota. Tabla obtenida de NEC-SE-DS (2015), Fd: Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca [Fd].

Tabla 30

Coefficiente de Amplificación de Suelo [Fs], según el tipo de suelo.

Tipo de Perfil del Subsuelo	Zona Sísmica y Factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,4
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2

Nota. Tabla obtenida de NEC-SE-DS (2015), Fs: Comportamiento no Lineal de los Suelos [Fs]

Para el suelo tipo C de la estructura, se han obtenido los valores correspondientes a la clase y los coeficientes del sitio:

$$Fa = 1.18, \quad Fd = 1.06, \quad Fs = 1.23$$

Coeficientes η y r .

η . Siendo la razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1s$) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado, ya que la estructura está ubicada en la provincia de Santa Elena, se toma el valor de:

$$\eta = 1.8 \text{ para provincias de la costa (excepto Esmeraldas)}$$

r . Siendo este el factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

$$r = 1 \text{ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E}$$

Coeficiente α . Debido a que se trata de “Pórticos especiales de hormigón armado”, sin muros estructurales el valor de α es el siguiente

$$\alpha = 0.9$$

3.2.4. Periodos límite de vibración T_o y T_c

T_o ,

$$T_o = 0.1 F_s \frac{F_d}{F_a} \quad (3.5)$$

$$T_o = 0.1 * 1.23 * \frac{1.06}{1.18}$$

$$\mathbf{T_o = 0,1105}$$

T_c ,

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a} \quad (3.6)$$

$$T_c = 0.55 * 1.23 * \frac{1.06}{1.18}$$

$$\mathbf{T_c = 0.6077}$$

Para los $0 \leq T \leq T_c$,

$$S_a = \eta Z F_a \quad (3.7)$$

Para los $T > T_c$,

$$S_a = \eta Z F_a \frac{T_c^r}{T} \quad (3.8)$$

3.2.5. Espectro de respuesta inelástico

Para edificios convencionales, es fundamental construir el espectro de respuesta inelástica. Este se obtiene al dividir las ordenadas del espectro elástico por un coeficiente de reducción de respuesta, denotado como R. Este proceso permite ajustar el espectro elástico para reflejar la capacidad de la estructura de disipar energía a través de su comportamiento inelástico ante eventos sísmicos. La ecuación que rige el espectro de respuesta inelástico de diseño es la siguiente.

$$C_s(T) = \frac{S_a * I}{R * \phi_p * \phi_e}(T) \quad (3.9)$$

Los coeficientes ϕ_p y ϕ_e serán 1 debido a que es una estructura regular.

3.2.6. Importancia de la estructura (I)

En este proyecto, la edificación es de tipo convencional y está destinada a departamentos. Por lo tanto, según la tabla que se presenta a continuación, se le asigna un factor de importancia $I = 1$.

Tabla 31*Coeficiente de importancia I*

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo.	1.5
	Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	
	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas.	
Estructuras de ocupación especial	Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1.0

Nota. Coeficiente de importancia I por categoría de la estructura. Tabla obtenida de NEC-SE-DS (2015).

3.2.7. Factor de reducción (R)

Los elementos estructurales del proyecto son pórticos especiales resistentes a momentos de hormigón armado con vigas descolgadas, por lo que el valor R será equivalente a 8.

Tabla 32*Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles*

Tipo de pórtico resistente a momento	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente	8

Nota. Coeficiente de ductilidad R para pórticos resistentes a momento. Tabla obtenida de NEC-SE-DS (2015).

3.2.8. *Periodo fundamental T_a*

Debido a la consistencia de los parámetros en ambas direcciones, la estructura tendrá el mismo periodo de vibración en los ejes X e Y. Según la NEC 2015, el periodo de vibración se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$T_a = C_t h_n^\alpha \quad (3.10)$$

Donde:

T_a : Periodo de vibración

C_t : Coeficiente específico para el tipo de estructura

h_n : Altura de la edificación en metros= 13 m

α : Exponente que también depende del tipo de estructura.

La NEC proporciona los valores específicos de C_t y α para diferentes categorías de edificaciones. La estructura de nuestro proyecto se clasifica como un edificio de pórticos especiales de hormigón armado, por lo tanto:

$$C_t = 0.055$$

$$\alpha = 0.9$$

Evaluando:

$$T_a = (0.055) \times (13)^{0.9}$$

$$T_a = 0.553 \text{ segundos}$$

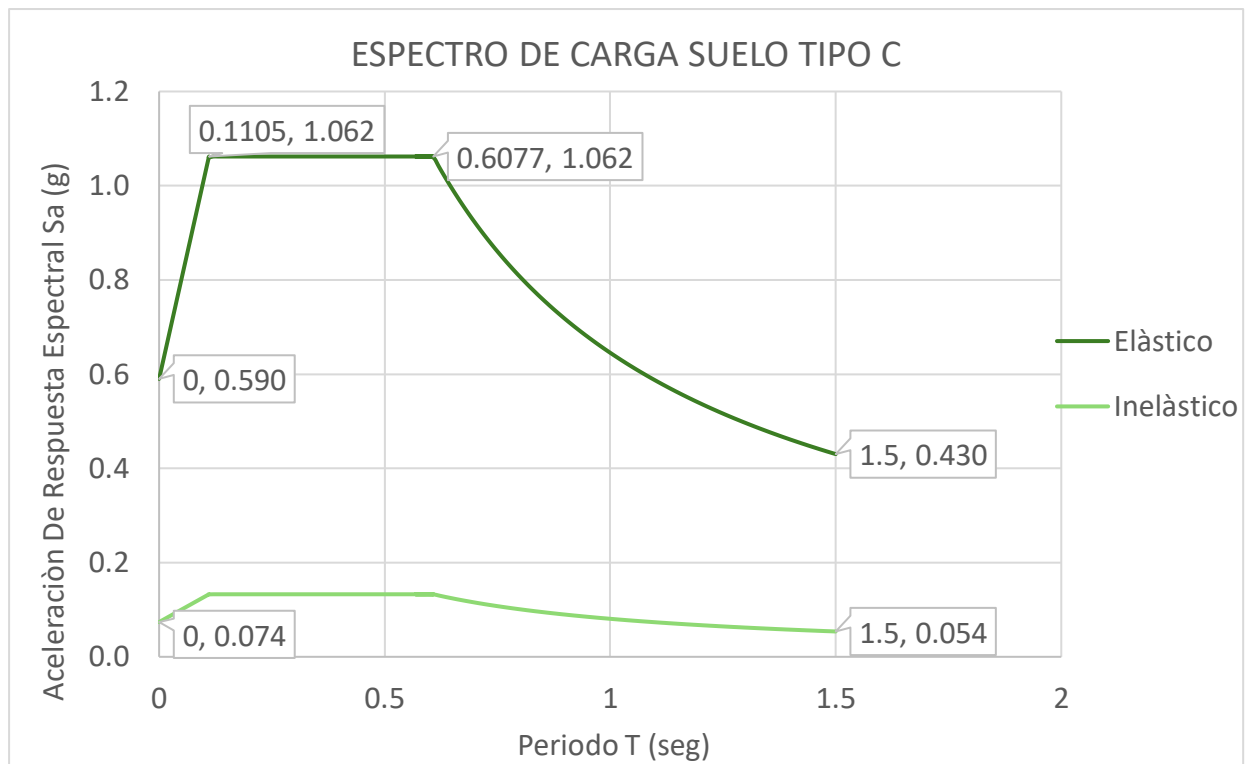
Entonces el espectro de respuesta inelástico de diseño es el siguiente:

$$C_s = \frac{S_a * I}{R * \phi_p * \phi_e}$$

$$C_s = 0,133$$

Gráfica 1

Espectro de carga para suelo tipo C



Nota. La gráfica también presenta el espectro de aceleración de respuesta espectral reducido.

3.2.9. Distribución vertical de fuerzas sísmicas

Peso Sísmico. Para el peso las cargas se analizan de manera independiente por piso con sus respectivas cargas mediante la siguiente ecuación, A_i es el área de piso.

$$W = \sum_{i=0}^N A_i * (W_D + W_{PP}) \quad (3.11)$$

$$A_i = B \times H$$

$$A_i = 20m \times 25m = 500 m^2$$

Tabla 33

Peso sísmico total

Piso de cubierta	171,815	tonn
Piso 3	571,45	tonn
Piso 2	571,45	tonn
Piso 1	571,45	tonn
W total	1886,165	tonn

Nota. Sumatoria de peso sísmico por cada piso.

Cortante Basal. Se calcula el Cortante Basal para el eje X (V_x) y el eje Y (V_y) empleando las siguientes fórmulas:

$$V_x = C_{sx} * W \quad (3.12)$$

$$V_y = C_{sy} * W \quad (3.13)$$

Donde C_s hace referencia al coeficiente de respuesta sísmica obtenida anteriormente en la sección 3.3.3. y W representa el peso sísmico. El cortante basal es un tipo de fuerza sísmica que se encontrara actuando sobre la base o la superficie de la edificación y en oposición a este movimiento actuarán las fuerzas inerciales de cada uno de los pisos.

Reemplazando los valores en la ecuación de cortante basal se obtiene que:

$$V = 250,38 \text{ Ton}$$

V_x es igual a 250,38 Ton, al igual que V_y .

Para determinar la distribución vertical de fuerzas sísmicas se utilizarán las siguientes expresiones:

$$F_i = C_{vx} * V_x \quad (3.14)$$

$$C_{vx} = \frac{w_i * h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i * h_i} \quad (3.15)$$

$$V = \sum_{i=1}^n F_i \quad (3.16)$$

Donde, las variables representan lo siguiente:

F_x : Fuerza sísmica lateral en el nivel i

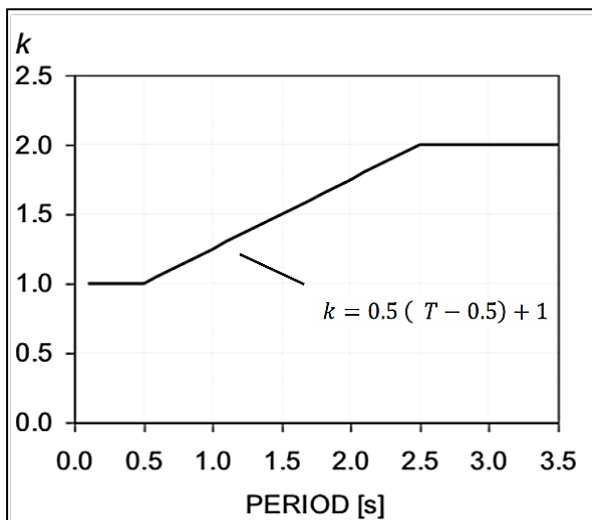
C_{vx} : Factor de distribución vertical

w_i : Peso del piso i

k: Exponente relacionado al periodo de la estructura

Figura 28

Función, Periodo Fundamental



Como los valores de la variable k para periodos entre 0.5 y 2.5, se rigen por la ecuación 17. Tomando en cuenta que nuestro periodo es de 0.553 se asigna un valor tanto para K_x como K_y .

$$K_x = K_y = 0,5 \times (T - 0,5) + 1 \quad (3.17)$$

$$K_x = K_y = 1,027$$

Tabla 34

Resultados de distribución de fuerzas

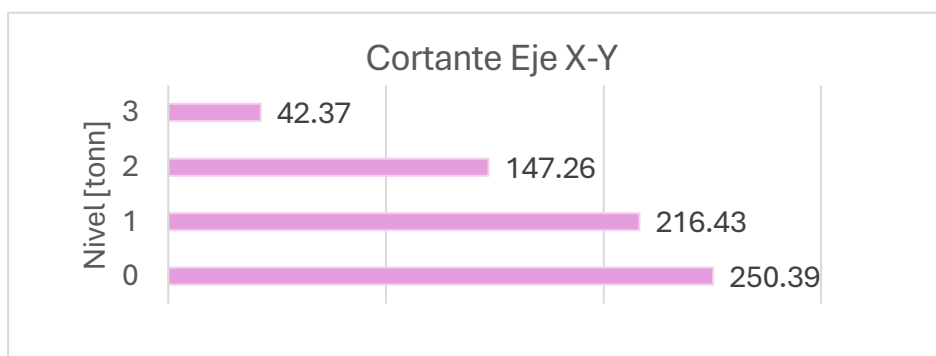
Nivel	Altura Entre Pisos (hi)	Peso por Piso (wi) [ton]	$H_i^K \cdot w$ [ton]	C_v	F [ton]	V[ton]
Cubierta	13,00	171,815	2391,422	0,169	42,371	42,371
3	9,75	571,450	5919,827	0,419	104,888	147,259
2	6,50	571,450	3904,185	0,276	69,174	216,433
1	3,25	571,450	1916,405	0,136	33,955	250,388
0			14131,839			

Nota. Valores de fuerza sísmica y cortante basal para los ejes x-y.

Finalmente se presenta la tabla con los resultados que se obtuvieron al reemplazar los valores correspondientes en las ecuaciones expuestas con anterioridad.

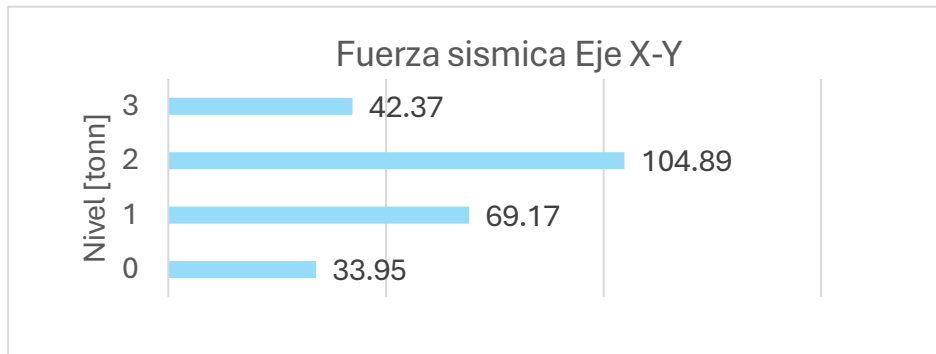
Gráfica 2

Fuerza Cortante por piso



Gráfica 3

Fuerza Sísmica por piso



3.2.10. Predimensionamiento de vigas

Una vez determinadas las cargas que actúan sobre cada nivel de la edificación, se procede al predimensionamiento de las vigas mediante el método del portal. Este método permite realizar una estimación inicial de las dimensiones de los elementos estructurales horizontales, considerando un comportamiento elástico lineal del sistema. Para ello es fundamental tener presente que la estructura está conformada por cinco pórticos en el eje X y cuatro pórticos en el eje Y, tal como se muestra en la figura 30.

Figura 29

Presentación de pórticos en vista en elevación

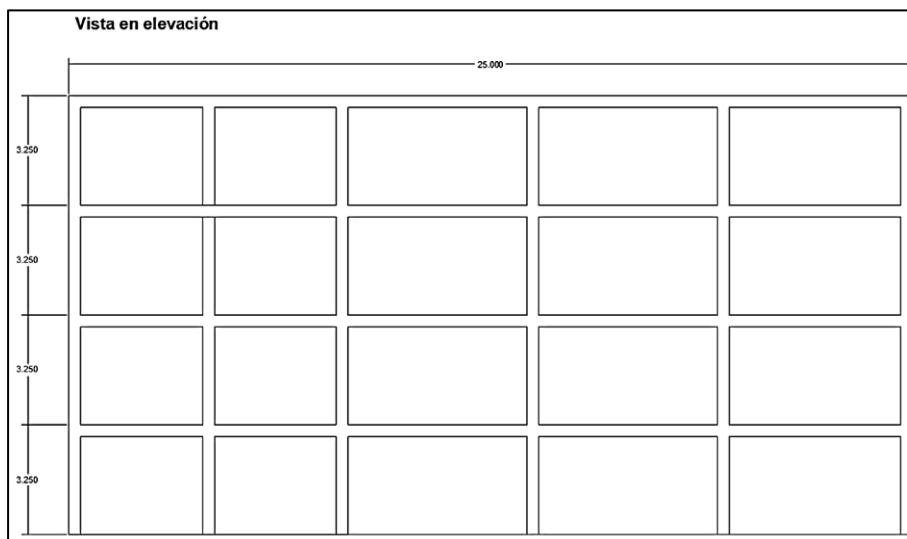
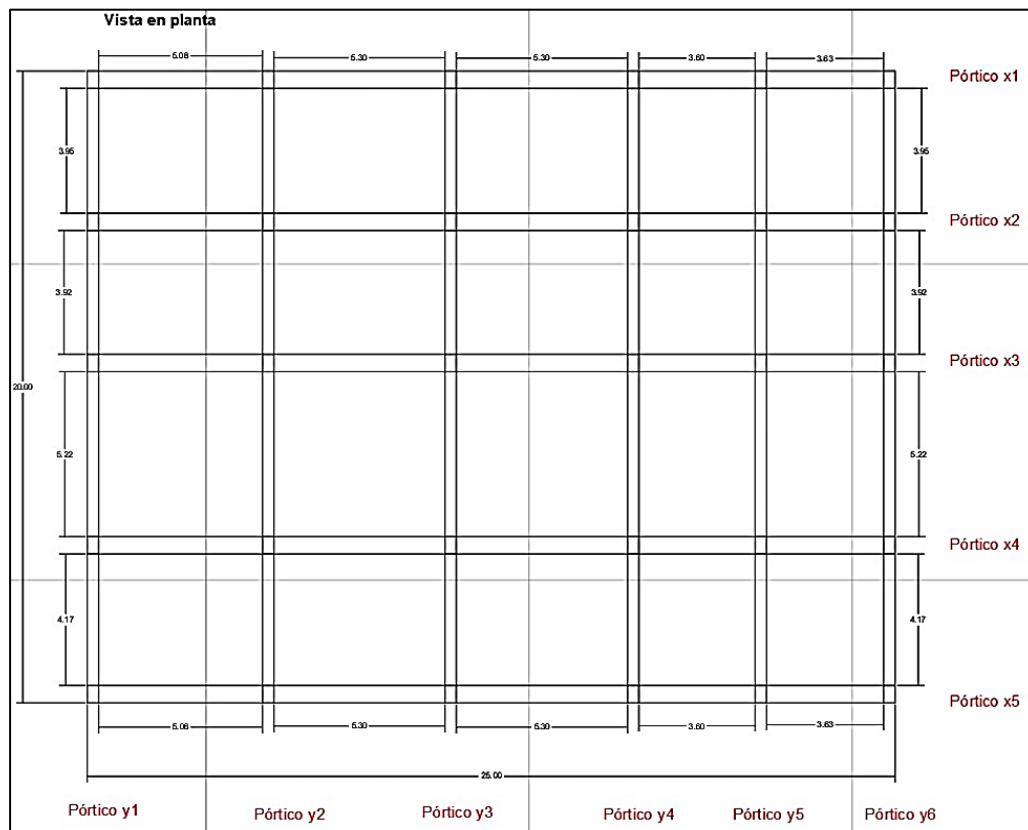


Figura 30

Presentación de pórticos en vista en planta



Nota. Nomenclatura de pórticos para los ejes x-y.

Cortante Vc. Considerando el eje X de la edificación y los resultados obtenidos de las fuerzas horizontales F generadas en cada nivel, estas se distribuyen entre el número total de pórticos presentes en la base del edificio en dicha dirección. Se calcula la fuerza horizontal que actúa sobre cada pórtico individual por nivel como se muestra en la siguiente tabla donde se asigna dicha fuerza a cada pórtico, piso por piso.

Tabla 35

Resultados de distribución de fuerzas

Fuerza	Fi/5 [Ton]
F4x1	8,47
F3x1	20,98
F2x1	13,83
F1x1	6,79
Suma Fi/5	50,08

Nota. Fuerza cortante en un pórtico del piso 1.

En este análisis se tomará como referencia el comportamiento del pórtico correspondiente al tercer piso y al nivel de cubierta (Piso 4), ya que estos niveles son representativos del sistema estructural.

Se asume que las columnas interiores poseen el doble de rigidez que las columnas exteriores, lo que influye directamente en la proporción de carga horizontal que cada una absorbe. En la figura 31 y 32 se representa esta condición aplicada a los pórticos ubicados en el nivel de cubierta y piso 3 respectivamente.

Figura 31

Representación de rigideces de pórticos interiores y exteriores del piso 4

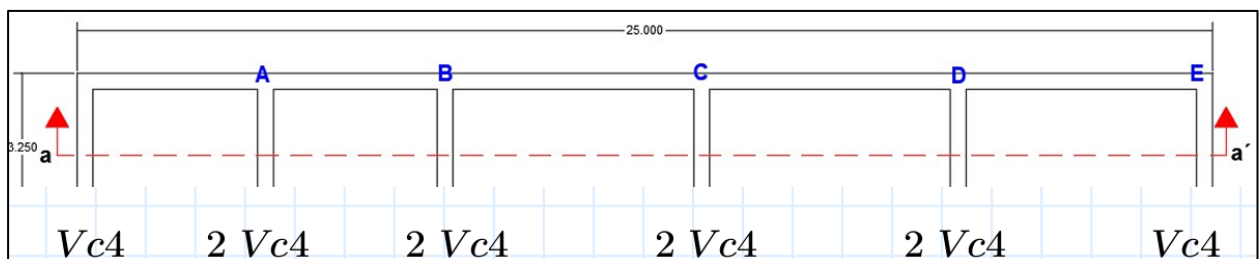
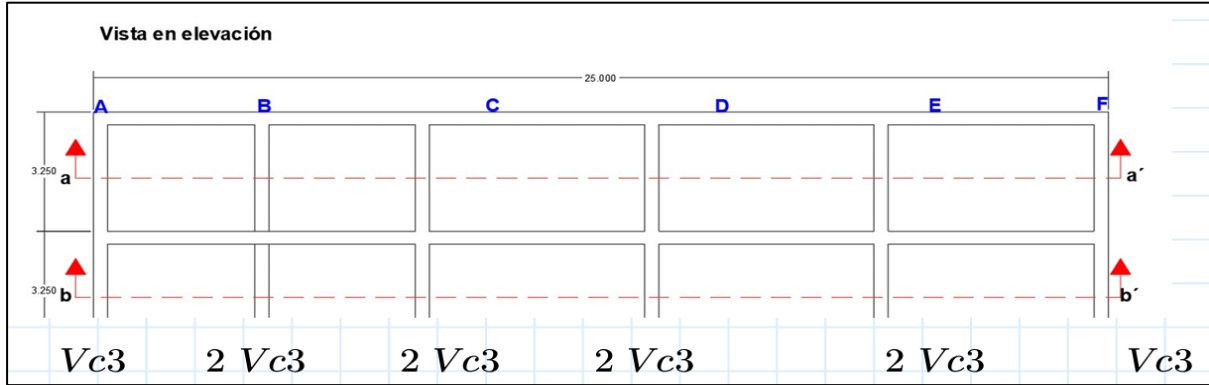


Figura 32

Representación de rigideces de pórticos interiores y exteriores del piso 4



Se determina el cortante V_c , el cual representa el cortante ejercido a cada una de las columnas del piso, esto lo obtenemos mediante las siguientes expresiones.

$$V_c + 2V_c + 2V_c + 2V_c + V_c - F_{xi} = 0 \text{ ton} \quad (3.18)$$

$$V_c = \frac{F_{ix}}{10} \text{ ton} \quad (3.19)$$

Cubierta (Piso 4)

$$V_{C4x1} = \frac{F_{4x1}}{10} = 0,847 \text{ ton}$$

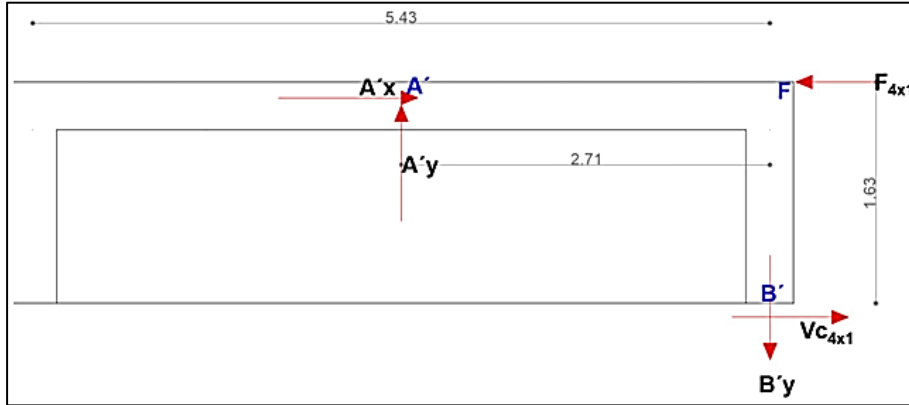
Piso 3

$$V_{C3x1} = \frac{F_{3x1} + F_{4x1}}{10} = 2,945 \text{ ton}$$

Determinación de momentos sísmicos. El cálculo de los momentos flectores (M) en las vigas se obtiene a partir de las fuerzas internas distribuidas en cada pórtico como resultado de las cargas gravitacionales y sísmicas.

Figura 33

Representación de fuerzas internas en pórtico exterior del piso 4



Nota. Fuerzas internas para cálculo del momento en el punto F, ubicado en Cubierta (Piso 4)

$$\sum F_x = 0 \quad (3.20)$$

$$A'x = -V_{C4x1} + F_{4x1} \quad (3.21)$$

$$A'x = 7,627 \text{ ton}$$

$$\sum M_B = 0 \quad (3.22)$$

$$A'y = \frac{\left(-A'x * \frac{Ly}{2} + F_{4x1} * \frac{Ly}{2}\right)}{\frac{Lx}{2}} \quad (3.23)$$

$$B'y = A'y = 0,507 \text{ ton}$$

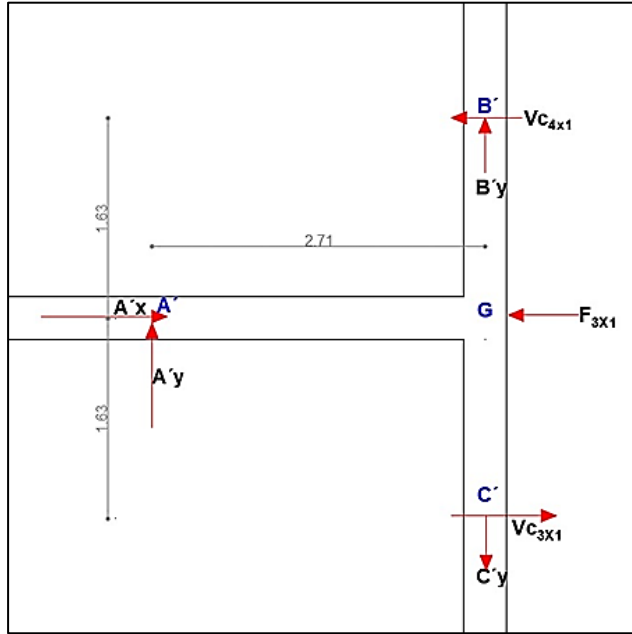
Entonces,

$$M_F = A'y * \frac{Lx}{2} \quad (3.24)$$

$$M_F = 1,377 \text{ ton} * m$$

Figura 34

Representación de fuerzas internas en pórtico exterior del piso 3



Nota. Fuerzas internas para cálculo del momento en el punto G, ubicado en Piso 3.

$$\sum F_x = 0 \quad (3.25)$$

$$A'x = -V_{C3x1} + F_{3x1} + V_{C4x1} \quad (3.26)$$

$$A'x == 18,878 \text{ ton}$$

$$\sum M_A = 0 \quad (3.27)$$

$$C'y = \frac{\left(V_{C4x1} * \frac{Ly}{2} + B'x * \frac{Ly}{2} + V_{C3x1} * \frac{Ly}{2} \right)}{Lx} \quad (3.28)$$

$$C'y == 2.777 \text{ ton}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A'y = -B'y + C'y \quad (3.29)$$

$$A'y = 2,27 \text{ ton}$$

Entonces,

$$M_G = A'y * \frac{Lx}{2} \quad (3.30)$$

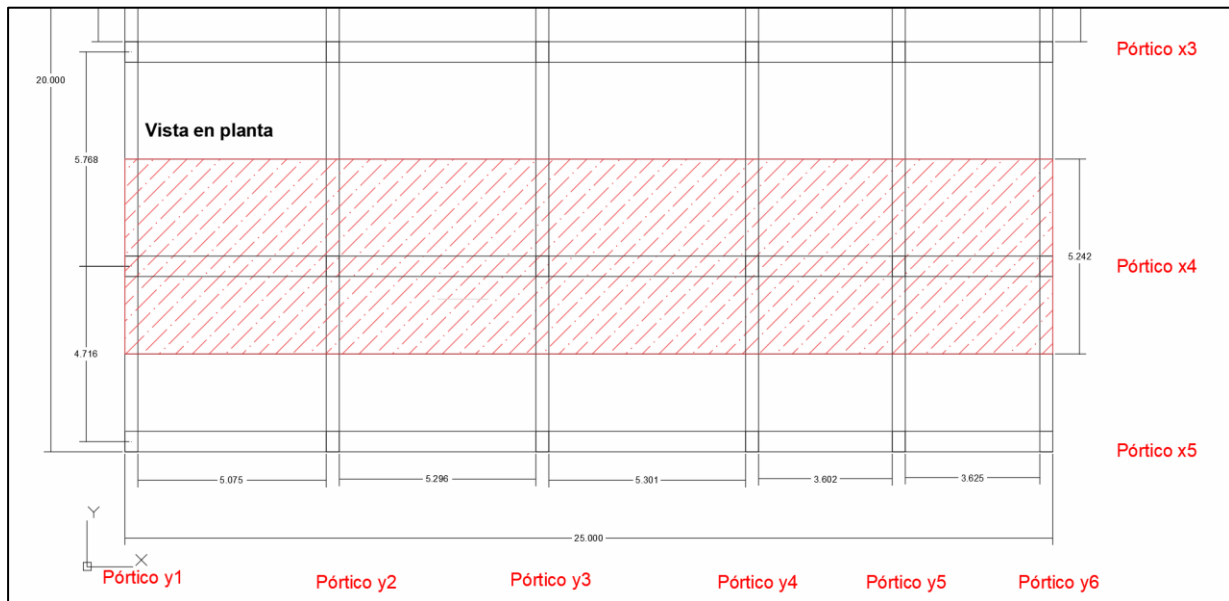
$$M_G = A'y * \frac{Lx}{2} = 6,163 \text{ ton} * m$$

Momentos máximos por combinaciones de carga. Una vez determinados los momentos sísmicos que actúan sobre los pórticos, se procede al cálculo de los momentos máximos mayorados. Para ello, se emplean las combinaciones de carga establecidas en la norma ecuatoriana NEC-SE-CG, que integran la acción de las cargas muertas, cargas vivas y cargas sísmicas de manera simultánea y en condiciones de diseño más exigentes.

Se ha seleccionado como elemento representativo las vigas a lo largo del eje Pórtico X4, debido a que presenta la mayor área tributaria dentro del sistema estructural. Esta elección permite adoptar un enfoque más conservador en el análisis, ya que dicho elemento estará sometido a las cargas gravitacionales más significativas, y por tanto reflejará un comportamiento crítico que deben resistir las vigas de la edificación.

Figura 35

Selección de vigas representativas en el eje X



Nota. Se selecciona como elemento representativo las vigas a lo largo del eje Pórtico X4.

Considerando las cargas muertas y vivas previamente definidas al inicio del capítulo, se procede a determinar el ancho de influencia de la viga, con el fin de calcular la carga distribuida equivalente por metro lineal que actuará sobre dicho elemento estructural.

$$CM = 1.1429 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$CV = 0.2 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Ancho de influencia,

$$Ai = 5,24 \text{ m}$$

Esta carga lineal se obtiene multiplicando las cargas superficiales por el área tributaria correspondiente a la viga seleccionada.

$$qM = CM * Ai \quad (3.31)$$

$$qM = 5,99 \text{ ton} * \text{m}$$

$$qV = Cv * Ai \quad (3.32)$$

$$qV = 1,048 \text{ ton} * m$$

Posteriormente, se aplican los coeficientes establecidos por el ACI para el análisis elástico de vigas simplemente apoyadas o continuas, lo que permite estimar los momentos flectores máximos producidos por dichas cargas. Para este análisis, se ha considerado una longitud de vano 5.43 metros, correspondiente a la separación más crítica entre ejes de columnas en la dirección X.

$$MqM = qM * \left(\frac{Lx^2}{10} \right) \quad (3.33)$$

$$MqM = 17,665 \text{ ton} * m$$

$$MqV = qV * \left(\frac{Lx^2}{10} \right) \quad (3.34)$$

$$MqV = 3.091 \text{ ton} * m$$

Tabla 36

Combinaciones de carga ACI

Piso	Combinación	Momento [Ton*m]
Piso 4	1.2 MqM + 1.6 MqV	26,1436
	1.2 MqM + 1.0 MqV + 1.0 MF	25,666
	1.2 MqM + 1.6 MqV	26,1436
Piso 3	1.2 MqM + 1.0 MqV + 1.0 MG	30,452

Nota. Se presentan los momentos flectores máximos producidos por las combinaciones de carga en el piso 3 y 4.

Con las combinaciones de carga se obtiene el momento máximo que pueden tener estas vigas para cada piso, donde, como se observa en la tabla# tenemos los siguientes resultados.

$$M_{piso4} = 26,143 \text{ ton} * m$$

$$M_{piso3} = 30,45 \text{ ton} * m$$

Dimensionamiento de vigas. Con el momento último que actuará sobre la viga ya determinado, se procede a seleccionar las dimensiones iniciales del elemento estructural. Para ello, se emplea la ecuación 35 que permite estimar el peralte efectivo requerido de la viga en función del momento flector. Este cálculo preliminar es fundamental, ya que proporciona una base para el diseño posterior del refuerzo.

$$d = \sqrt{\frac{M}{0,145 * f'c * b}} \quad (3.35)$$

Para aplicar dicha fórmula, es necesario definir ciertas propiedades geométricas del elemento, como el ancho de la viga, el cual debe establecerse considerando criterios de diseño estructural, arquitectónico y constructivo.

Definimos,

$$b = 46,33 \text{ cm}$$

$$f'c = 240 \frac{kg}{cm^2}$$

$$rec = 4 \text{ cm}$$

$$\phi e = 10 \text{ mm}$$

$$\phi L = 20 \text{ mm}$$

De manera que para el piso 4 tenemos lo siguiente:

$$d4 = \sqrt{\frac{M4}{0,145 * f'c * b}} = 46,33 \text{ cm}$$

H4 total,

$$H4 = rec + \phi e + \frac{\phi L}{2} + d4 = 52,33 \text{ cm}$$

Por otro lado, para el piso 3:

$$d3 = \sqrt{\frac{M3}{0,145 * f'c * b}} = 46,33 \text{ cm}$$

H3 total,

$$H3 = rec + \phi e + \frac{\phi L}{2} + d3 = 56 \text{ cm}$$

A partir de los valores obtenidos para los pisos superiores se pueden dimensionar las vigas de los pisos inferiores, considerando un ligero incremento en sus dimensiones. Esto se debe a que, conforme se descende en altura, los elementos estructurales están sometidos a mayores cargas acumuladas, tanto gravitacionales como sísmicas.

Tabla 37

Resultados de predimensionamiento en vigas

Piso	Dimensión de vigas [cm]
(Cubierta)	35 x 55
3	35 x 60
2	35 x 60
1	35 x 60

Nota. Las vigas del piso 1, 2 y 3 presentan dimensiones superiores ya que el piso 4 soporta menos momentos flectores.

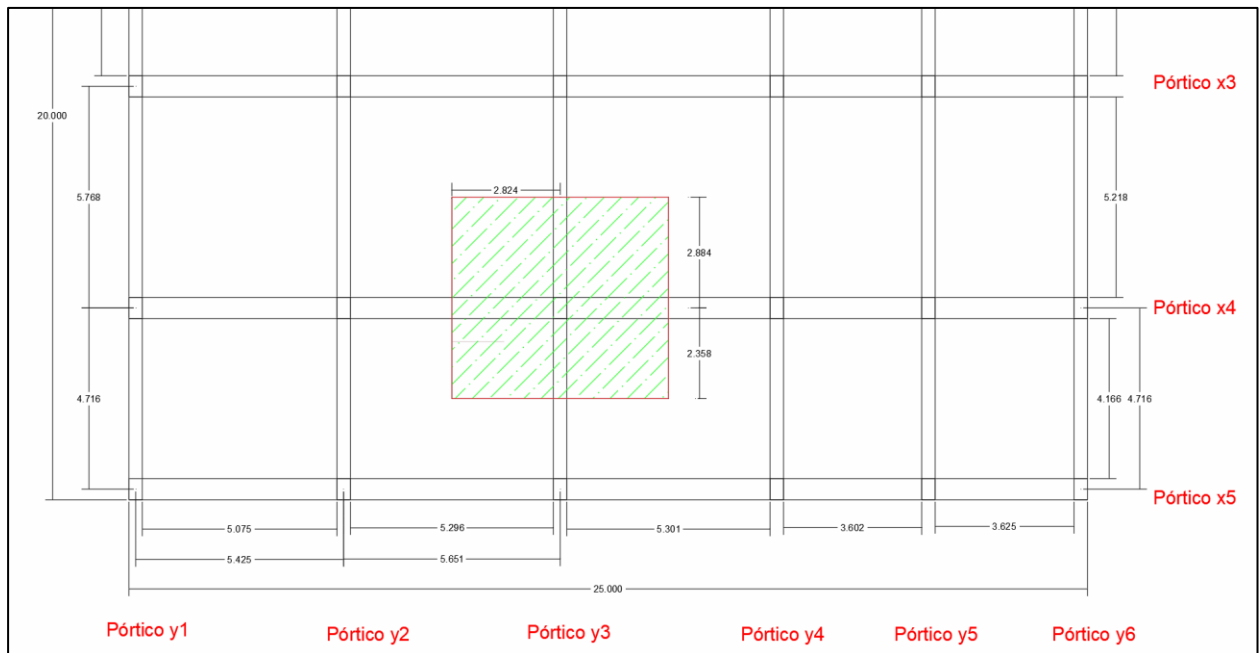
3.2.11. Predimensionamiento de columnas

Para el prediseño de las columnas, inicialmente determinamos la columna crítica, es decir, la columna que tiene mayor área tributaria ($A_{Trib} = 29.61 \text{ m}^2$) que funciona como

elemento representativo. Entonces seleccionamos la columna X4, Y3. Se dimensiona la columna más crítica (X4, Y3) resaltada en la siguiente imagen.

Figura 36

Selección de columna representativa



Nota. Se selecciona como elemento representativo la columna (X4, Y3) con un área tributaria de 29.61 m². Obtenido de: Elaboración propia.

Para este proceso debemos asignar el factor de elemento para carga viva K_{LL} , que se determina dependiendo del tipo de columna mediante la tabla 38.

Tabla 38*Factor de Elemento para Carga Viva, KLL*

Factor de Elemento para Carga Viva, KLL	
Elemento	KLLK_{LL}
Columnas interiores	4
Columnas exteriores sin losas en voladizo	4
Columnas de borde con losas en voladizo	3
Columnas de esquina con losas en voladizo	2
Vigas de borde sin losas en voladizo	2
Vigas interiores	2
Todos los demás elementos no identificados, incluyendo:	
Vigas de borde con losas en voladizo	
- Vigas en voladizo	
- Losas unidireccionales	1
- Losas bidireccionales	
- Elementos sin provisiones para transferencia continua de esfuerzo cortante normal a su luz	

La columna seleccionada es interior, por lo que se asigna un factor de 4. Este valor se emplea en la siguiente ecuación, con la que se determina que la carga viva debe ser reducida, ya que se cumple la inecuación.

$$A_{Trib} * K_{LL} \geq 37.16 \text{ m}^2 \quad (3.36)$$

$$29.61 \text{ m}^2 * 4 \geq 35, \text{m}^2$$

$$118.44 \text{ m}^2 \geq 35, \text{m}^2$$

Se obtiene la carga viva reducida mediante la siguiente ecuación.

$$CV_{reducida} = Q_{viva} * \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} * A_{Trib}}} \right) \quad (3.37)$$

$$CV_{reducida} = 0.134 \frac{tonn}{m^2}$$

Una vez calculada la carga viva reducida, ya se puede obtener la fuerza axial a la que está sometida esa columna. En este caso, como estamos trabajando con la columna del primer piso, se debe agregar la aportación de cada uno de los pisos superiores, así determinar las dimensiones necesarias para soportar dichas cargas.

$$Pi = A_{Trib} * (CM + L) * 3 + A_{Trib} * (CM_{Cub} + L) * 1 \quad (3.38)$$

$$Pi = 127.58 \text{ tonn}$$

Determinamos las dimensiones de una columna rectangular asumiendo un ancho de 40 cm como se presenta a continuación.

$$Ac = \frac{Pi}{\alpha * f'c} \quad (3.39)$$

Donde,

$$\alpha=0.25$$

$$f'c=240 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ac = 2531.32 \text{ cm}^2$$

$$L = \frac{Ac}{b} \quad (3.40)$$

$$L = \frac{2531.32 \text{ cm}^2}{40 \text{ cm}} = 63.28 \text{ cm} \approx 65$$

Obtenidas las dimensiones de las columnas del primer piso (40 x 65 cm), y considerando que la carga axial disminuye progresivamente a medida que se asciende en los niveles de la edificación, ya que las columnas superiores deben soportar menores cargas, se procede a realizar una reducción proporcional del área de las columnas en los pisos superiores. Como resultado, se establece un prediseño de columnas para cada piso, el cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 39

Resultado de predimensionamiento de columnas

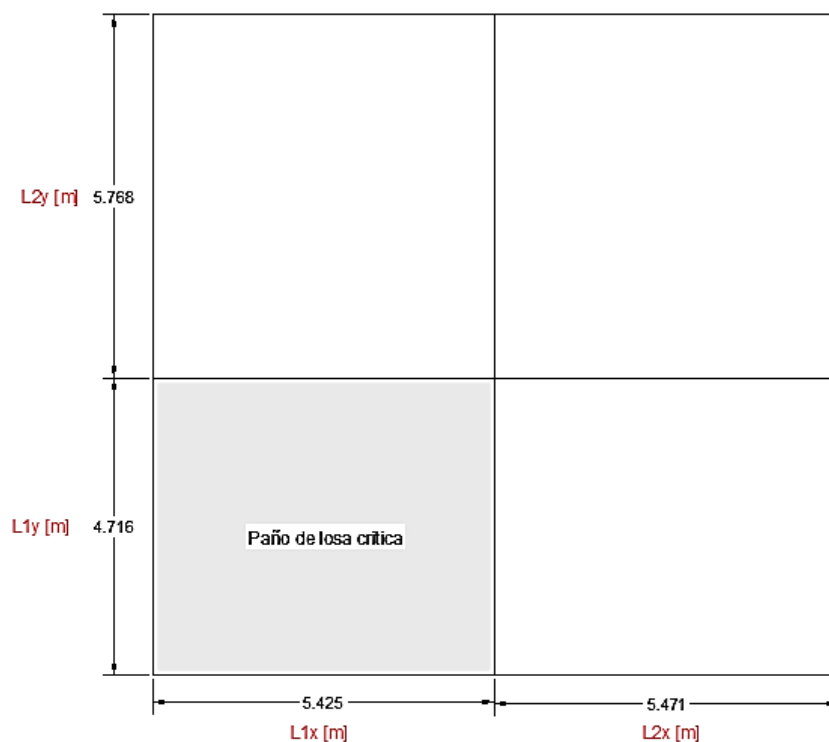
Piso	Dimensión de columnas [cm]
(Cubierta)	35 x 45
3	35 x 55
2	40 x 60
1	40 x 65

3.2.12. Predimensionamiento de losa nervada en 2D

Para este dimensionamiento, primero se determina la sección crítica de la losa, ya que se hace uso de las luces y de las dimensiones de las vigas que conforman los cuatro paños relacionados, incluyendo el paño crítico, como se muestra en la imagen.

Figura 37

Paño crítico de losa



Nota. Se selecciona el paño esquinero con mayores luces de viga. Obtenido de: Elaboración propia.

Información de dimensiones y luces de vigas en x.

$$bx = 35 \text{ cm} \quad hx = 60 \text{ cm}$$

$$L1x = 5.425 \text{ m} \quad L2x = 5.471 \text{ m}$$

Información de dimensiones y luces de vigas en y.

$$by = 35 \text{ cm} \quad hy = 60 \text{ cm}$$

$$L1y = 4.716 \text{ m} \quad L2y = 5.768 \text{ m}$$

Se define las longitudes máximas y mínimas en las dimensiones del paño crítico.

$$L_{mayor} = 5.425 \text{ m}$$

$$L_{menor} = 4.716 \text{ m}$$

Se analiza la relación de longitud mayor sobre la longitud menor, donde si la relación es menor a 2, entonces es viable diseñar una losa en dos direcciones.

$$\frac{L_{mayor}}{L_{menor}} = 1.15$$

Es viable el diseño de una losa en dos direcciones.

Dimensionamiento de losa maciza. Este proceso se realiza con el objetivo de asignar una altura inicial a la losa maciza, lo que permite calcular su inercia. A partir de esto, se establece una comparación con una losa nervada en dos direcciones, verificando que la losa aligerada en dos direcciones presenta una mayor inercia. Para ello, se debe trabajar con las luces libres de cada viga, por lo que se lleva a cabo el siguiente procedimiento.

$$L_{nx} = L1x - by = 5.074 \text{ m}$$

$$L_{ny} = L1x - bx = 4.366 \text{ m}$$

Donde,

$$L_{nmayor} = 5.425 \text{ m}$$

$$Ln_{menor} = 4.716 \text{ m}$$

Calculamos el perímetro del paño.

$$Perimetro = Lnx * 2 + Lny * 2 \quad (3.41)$$

$$Perimetro = 18.882 \text{ m}$$

La altura inicial que se asigna a la losa maciza está determinada por el mayor valor entre las siguientes expresiones:

$$h_{inicial} = \text{mayor} \left(\frac{Ln_{mayor}}{40}, \frac{Perimetro}{180} \right) \quad (3.42)$$

$$h_{inicial} = 0.127 \text{ m}$$

Se selecciona una altura de 13 cm de losa maciza.

Como el peralte de las vigas en comparación con el espesor de la losa son muy significativas, se puede asegurar que el promedio de las rigideces en todo el perímetro del paño (αm) es mayor a 2, por lo que para calcular la altura de la losa se usa la siguiente ecuación.

$$h = \frac{Ln * \left(0.8 + \frac{fy}{14000} \right)}{36 + 9\beta} \quad (3.43)$$

Donde,

$$Ln = Ln_{mayor} = 5.425 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_{mayor}}{L_{menor}} = 1.15$$

Entonces se obtiene,

$$h = 12 \text{ cm}$$

Debido a que la asunción inicial fue de 13 cm, y según la fórmula resultó 12 cm, el dimensionamiento es correcto.

Dimensionamiento de losa nervada en 2D. Este procedimiento tiene como objetivo que la losa nervada posea una capacidad resistente a la flexión mayor que la de la losa maciza, de manera que pueda ser utilizada como reemplazo de esta.

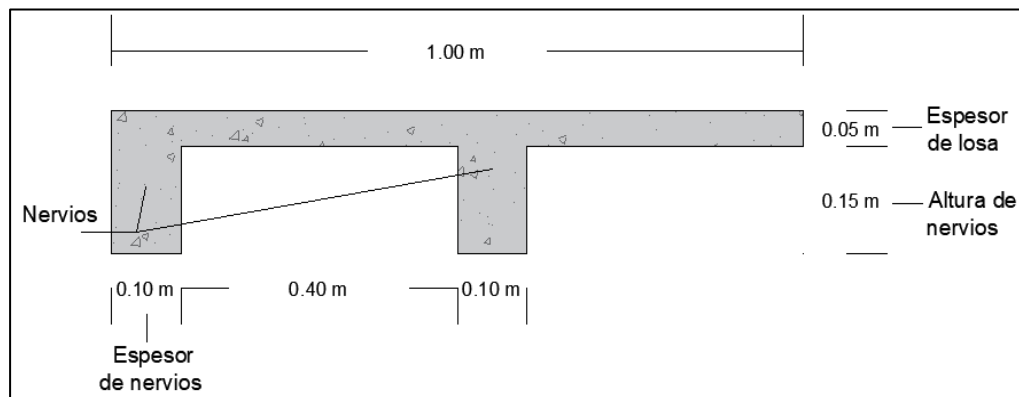
Inercia de losa maciza. Determinada por la altura calculada y un ancho de 1 metro.

$$I_{Lmaciza} = 1.44 * 10^4 \text{ cm}^4$$

Inercia de losa nervada. Se definen las dimensiones para 1 metro de ancho de losa nervada en dos direcciones presentada en la siguiente figura y se determina la inercia.

Figura 38

Dimensiones típicas de nervios de losa nervada



Nota. Obtenido de: Elaboración propia.

$$I_{Lnervada} = 2.54 * 10^4 \text{ cm}^4$$

Al comparar la inercia de las losas, la losa nervada tiene una inercia superior por lo que resulta que, si es losa equivalente, entonces las dimensiones de la losa nervada en 2D son apropiadas.

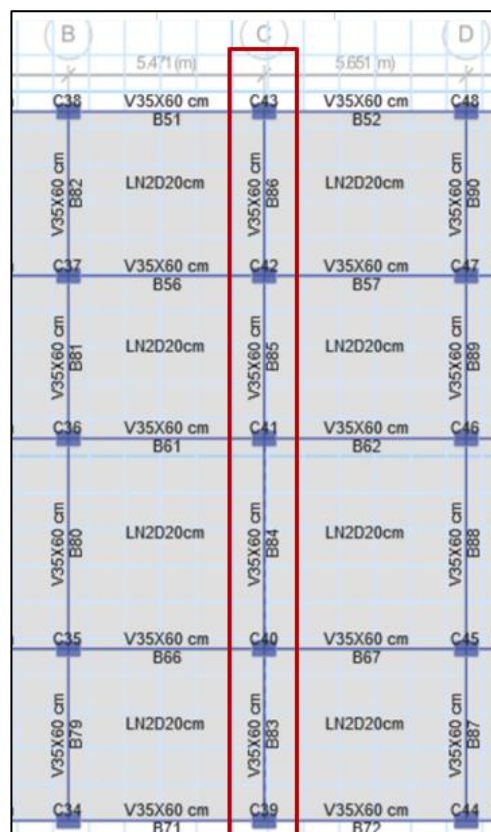
3.3. Diseño de la superestructura

3.3.1. Diseño de viga a flexión

Para ejemplo de diseño, vamos a considerar únicamente la viga más crítica en el eje Y del piso 1 representada en la figura 39, es decir la viga con mayor longitud. También considerar que el siguiente diseño se lo realizará en base a las normas ACI-2014 y NEC-2015.

Figura 39

Vigas del eje C



Nota. Para diseño representativo se escoge el eje de vigas del eje C, sin embargo, se debe realizar para todas las vigas.

Comprobación de dimensiones. Primero debemos comprobar las dimensiones de la viga, para el cual inicialmente definimos las propiedades y datos correspondientes al elemento.

Tabla 40*Propiedades y datos de vigas del piso 1*

VIGAS PISO 1			
f'c	240	[kg/cm²]	
fy	4200	[kg/cm²]	
b	35	cm	
h	60	cm	
rec	4	cm	
Φ estribo	10	mm	
Φ var. Long	16	mm	
d	54,2	cm	

Según la ACI-318S las vigas deben cumplir los siguientes requerimientos:

- a) La luz libre L_n no debe ser menor a $4d$ (Peralte efectivo)

Tabla 41*Comprobación de relación $L_n/d > 4$*

Viga	B84 (Viga Crítica)	
Longitud	5,768	m
Columna	0,65	m
Luz libre L_n	5,118	m
L_n/d	9,4	m
Comprobación: $L_n/d > 4$	Si Cumple	

- b) El ancho b_w debe ser mayor o igual al menor entre $0.3h$ y 250 mm

Donde,

$$B_w = 35 \text{ cm}, 0.3h = 18 \text{ cm}, 4d = 216.8 \text{ cm}$$

Entonces,

$$B_w > 0.3h \quad \text{Si cumple}$$

- c) La proyección del Ancho de la viga más allá del ancho de la columna que la soporta debe ser menor o igual a c_2 y $0.75c_1$.

$$b_w < c_2 + \text{menor} \begin{cases} 2c_2 \\ 1.5c_1 \end{cases} \quad (3.44)$$

Como la columna es de 40x65 cm, $c_1=0.65$ y $c_2=0.4$, entonces

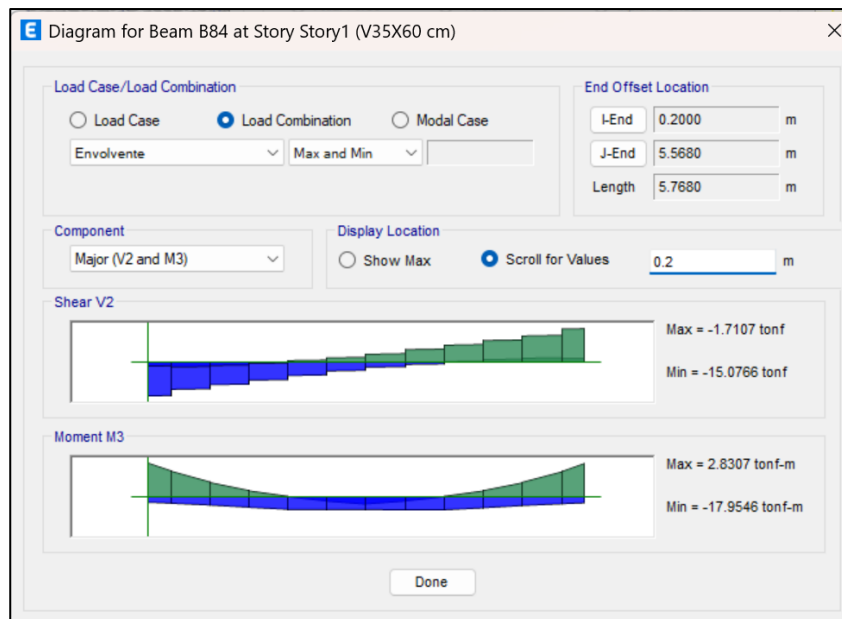
$$b_w < 0.4 + \text{menor} \begin{cases} 2c_2 = 0.8 \\ 1.5c_1 = 0.97 \end{cases}$$

$$0.35 < 1.2 \quad \text{Si cumple}$$

Diseño a flexión. Para el diseño a flexión hacemos uso del programa de análisis estructural, del cual obtenemos los resultados de envolvente de los momentos en la viga. El programa nos da información sobre momentos presentes en los puntos donde inicia y termina la viga como se observa en la siguiente imagen.

Figura 40

Diagrama de momentos de viga crítica



Nota. Obtenido de: Software de diseño estructural.

Tabla 42

Momentos de la viga B84 obtenidos del software

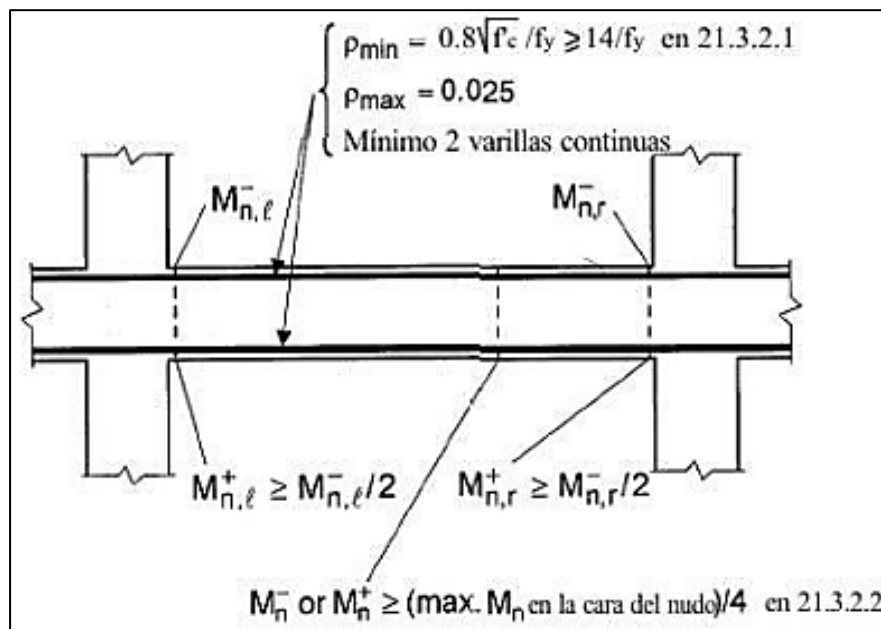
Momentos [T-m]			
	Inicio	Centro	Fin
Superior	17,95	3,79	17,67
Inferior	2,83	6,63	3,12

Nota. Momentos máximos en inicio, centro y fin de la viga, obtenidos con envolvente.

Para diseñar la viga de estudio, se consideran los momentos positivos y negativos mínimos presentes en la viga, estos según la NEC están determinados por la siguiente ilustración.

Figura 41

Momentos positivos y negativos de una viga



Nota. Fuente: NEC SE – DS (2015).

Tabla 43*Resultados de momentos mínimos de la viga B84*

Momentos mínimos [T-m]			
	Inicio	Centro	Fin
Superior	18,0	4,5	17,7
Inferior	9,0	6,6	8,8

Nota. Momentos mínimos en inicio, centro y fin de la viga.

Con los momentos mínimos obtenidos en la viga, se procede al diseño del refuerzo, determinando el acero requerido, el acero mínimo exigido por normativa y el acero finalmente colocado.

Acero requerido. Se determina el área de acero necesaria para que el elemento estructural resista los momentos flectores actuantes. Este valor se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$A_{sreq} = k * \left(1 - \sqrt{\frac{2 * M_u}{\phi * k * d * f_y}} \right) \quad (3.45)$$

Donde,

$$\phi = 0.9$$

$$k = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y} \quad (3.46)$$

Acero mínimo. El acero mínimo es la cantidad mínima de refuerzo que debe colocarse en una viga, que no depende del momento actuante, con el fin de garantizar un comportamiento dúctil y evitar fallas frágiles del concreto. Su valor está regulado por la normativa estructural NEC y se calcula con la siguiente expresión:

$$A_{s_{min}} = \frac{0.8 * \sqrt{f'c}}{f_y} \quad (3.47)$$

$$A_{s_{min}} = 6.32 \text{ cm}^2$$

El acero colocado. Es el refuerzo final que se coloca en la viga, el cual debe ser igual o mayor al acero requerido y nunca inferior al acero mínimo establecido por la normativa. Este valor se selecciona considerando el área total de las barras disponibles en el mercado y buscando una disposición práctica y eficiente en obra.

$$AS \geq \max (A_{s_{min}}, A_{s_{req}}) \quad (3.48)$$

Para esta viga se utilizó refuerzo con varillas de 16 mm de diámetro. Asimismo, se verificó que la relación entre acero colocado/acero requerido se encuentre dentro del rango 90 % y 120 %. A continuación, se presentan los resultados del acero colocado en la viga B84 y de dicha comprobación.

Tabla 44

Obtención de acero colocado en la viga 84 del piso 1

Acero requerido [cm2]			
	Inicio	Centro	Fin
Superior	9,23	2,22	9,07
Inferior	4,49	3,30	4,42
Acero mínimo [cm2]			
	Inicio	Centro	Fin
Superior	9,23	6,32	9,07
Inferior	6,32	6,32	6,32
Acero colocado			
	Inicio	Centro	Fin
Superior	5Φ16	3Φ16	5Φ16
Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16

As colocado / As requerido (%)			
	Inicio	Centro	Fin
Superior	108,97	95,39	110,81
Inferior	95,39	95,39	95,39

Nota. Al final de la tabla se presenta la comprobación de la relación As colocado/As requerido esta entre 95% y 120%.

Longitud de anclaje. Longitud de anclaje mínima que debe tener una barra de refuerzo para desarrollar completamente su capacidad dentro del concreto. Según la NEC-2015 y el ACI 318S, usando un $d_b = 16 \text{ mm}$ se calculan con las siguientes fórmulas:

$$l_d = \frac{fy}{1.4 * \sqrt{f'c}} * d_b \quad (3.49)$$

$$l_d = 979.8 \text{ mm}$$

$$l_{ext} = 12 * d_b \quad (3.50)$$

$$l_{ext} = 192 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{fy}{5.4 * \sqrt{f'c}} * d_b \quad (3.51)$$

$$l_{dh} = 254 \text{ mm}$$

3.3.2. Diseño de viga a cortante

Para el diseño a cortante de la viga, es necesario verificar que la demanda de cortante obtenida del análisis estructural, específicamente de la envolvente de esfuerzos, sea superior a la suma del cortante probable y el cortante gravitacional. Esta verificación se expresa mediante la siguiente relación:

$$Vu = Vpr + Vg \quad (3.52)$$

Donde:

V_u : cortante último requerido para el diseño

V_{pr} : cortante probable, asociado a los momentos máximos por capacidad sísmica

V_g : cortante gravitacional, generado por las cargas de gravedad actuantes

Momento probable. Este valor depende directamente del tamaño del bloque de compresión del concreto (a), y se utiliza principalmente en el diseño por capacidad para calcular la demanda de cortante en los extremos de la viga.

Dado que en el diseño a cortante se consideran las secciones críticas al inicio y al final del claro, el momento probable en dichos puntos se determina mediante las siguientes expresiones:

$$M_{pr} = A_s * 1.25 * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (3.53)$$

$$a = \frac{A_s * 1.25 * f_y}{0.85 * f'_c * b} \quad (3.54)$$

Tabla 45

Resultados de momento probable en la viga 84 del piso 1

	a [cm]		
	Inicio	Centro	Fin
Superior	7,392		7,392
Inferior	4,435		4,435
	Mpr [T-m]		
	Inicio	Centro	Fin
Superior	26,655		26,655
Inferior	16,461		16,461

Máximo cortante probable. Se define mediante el valor máximo de las ecuaciones presentadas a continuación.

$$V_{pr1} = \frac{M_{pr \text{ Inicio-Superior}} + M_{pr \text{ Fin-Inferior}}}{ln} \quad (3.55)$$

$$V_{pr2} = \frac{M_{pr \text{ Inicio-Inferior}} + M_{pr \text{ Fin-Superior}}}{ln} \quad (3.56)$$

Para la viga de estudio, tenemos que tanto V_{pr1} como V_{pr2} son iguales a 8.032, por ende, si el máximo cortante probable V_{pr_Max} es el valor máximo entre ellos, tenemos.

$$V_{pr_Max} = 8.32 \text{ tonn}$$

Cortante gravitatorio. Se determina el cortante gravitatorio (V_{gr}), al cual se lo analiza con las cargas gravitatorias que actúan sobre la viga con la siguiente combinación $Wu = 1.2D + 0.5L$. Con ayuda del software se determina ese cortante.

$$V_{gr} = 1.2D + 0.5L = 9.48 \text{ tonn}$$

Cortante ultimo Vu.

$$V_u = V_{gr} + V_{pr_Max} = 17.51 \text{ tonn}$$

Separación de acero por cortante.

Si,

$$V_{pr_Max} > 0.5 * V_u \rightarrow V_c = 0 \quad (3.57)$$

De lo contrario

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d \quad (3.58)$$

Como tenemos que $8.32 \text{ tonn} < 0.5 * 17.51 \text{ tonn}$ se procede con la ecuación 58.

$$V_c = 15.576 \text{ tonn}$$

Ahora se obtiene V_s mediante la siguiente expresión

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3.59)$$

$$V_s = 7.77 \text{ tonn}$$

Para obtener la separación por demanda se usó un estribo cerrado de 10mm.

$$Av = 2 * 0.785 \text{ cm}^2 = 1.57 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{Av * fy * d}{V_s} \quad (3.60)$$

$$S = 45.9 \text{ cm}$$

También se debe analizar la separación por normativa, donde para la zona dentro de 2h se escoge el menor valor de S entre:

$$S \leq \begin{cases} \frac{d}{4} \\ 6 * dv \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

Siendo menor $\frac{d}{4} = 13.5 \text{ cm}$, al cual se lo debe redondear al múltiplo de 5 menor, de manera que se obtiene.

$$S_{int_2h} = 13.5 \approx 10 \text{ cm}$$

Para las zonas fuera de 2h se coloca $d/2$

$$S_{ext_2h} = \frac{d}{2}$$

$$S_{ext_2h} = 27.1 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

3.3.3. Diseño de columna

Para la selección de la columna a diseñar como ejemplo, se siguió un criterio similar al utilizado en el caso de la viga. Se eligió la columna C40 del piso 1, con dimensiones de 40×65 cm, por ser la que presenta la mayor área tributaria.

A diferencia del diseño de vigas, en el caso de columnas no se utiliza la envolvente de esfuerzos, sino que se determinan las demandas internas a partir de las combinaciones de carga establecidas por normativa, utilizando un software de análisis estructural.

Tabla 46

Momentos y carga axial ejercidos sobre la columna C40 del piso 1

Combinación		Estación	M2	M3	P
1.4D	UDConS1	0	-0,7537	-0,2267	148,6538
1.4D	UDConS1	1,275	0,1985	0,097	147,4949
1.4D	UDConS1	2,55	1,1508	0,4208	146,3361
1.2D+1.6L	UDConS2	0	-0,8456	-0,2546	160,0767
1.2D+1.6L	UDConS2	1,275	0,2237	0,1103	159,0834
1.2D+1.6L	UDConS2	2,55	1,293	0,4753	158,0901
1.2D+1S+1L	UDConS3	0	-0,7496	17,3815	148,5963
1.2D+1S+1L	UDConS3	1,275	0,209	6,5305	147,603
1.2D+1S+1L	UDConS3	2,55	1,1676	-4,3205	146,6097
1.2D+1L-1SX	UDConS4	0	-0,7919	-17,8455	147,0627
1.2D+1L-1SX	UDConS4	1,275	0,1982	-6,3302	146,0694
1.2D+1L-1SX	UDConS4	2,55	1,1884	5,1851	145,0761
1.2D+1L+1SY	UDConS5	0	14,884	-0,5016	155,2468
1.2D+1L+1SY	UDConS5	1,275	3,8034	0,0088	154,2535
1.2D+1L+1SY	UDConS5	2,55	-7,2772	0,5193	153,2601
1.2D+1L-1SY	UDConS6	0	-16,4255	0,0375	140,4122
1.2D+1L-1SY	UDConS6	1,275	-3,3961	0,1915	139,4189
1.2D+1L-1SY	UDConS6	2,55	9,6333	0,3454	138,4256

0.9D+1SX	UDConS7	0	-0,4633	17,4677	96,33
0.9D+1SX	UDConS7	1,275	0,133	6,4927	95,585
0.9D+1SX	UDConS7	2,55	0,7294	-4,4823	94,84
0.9D-1SX	UDConS8	0	-0,5057	-17,7593	94,7963
0.9D-1SX	UDConS8	1,275	0,1222	-6,368	94,0513
0.9D-1SX	UDConS8	2,55	0,7502	5,0233	93,3064
0.9D+1SY	UDConS9	0	15,1703	-0,4153	102,9804
0.9D+1SY	UDConS9	1,275	3,7274	-0,0289	102,2354
0.9D+1SY	UDConS9	2,55	-7,7155	0,3575	101,4904
0.9D-1SY	UDConS10	0	-16,1393	0,1238	88,1459
0.9D-1SY	UDConS10	1,275	-3,4721	0,1537	87,4009
0.9D-1SY	UDConS10	2,55	9,195	0,1836	86,6559

Nota. Resultados de demandas internas (axiales y momentos) a partir de las combinaciones de carga.

Límites de las secciones. Rigíendose a la normativa NEC, se deben comprobar los límites dimensionales donde se debe cumplir lo siguiente:

- a) La dimensión menor de la sección transversal de la columna debe ser al menos de 300 mm, entonces siendo una columna de 40 x 60 cm tenemos lo siguiente.

$$40 \text{ cm} < 60 \text{ cm} \quad \text{Si cumple}$$

- b) La dimensión menor de la sección transversal en relación con la sección perpendicular debe ser mayor o igual a 0.4.

$$\frac{40 \text{ cm}}{60 \text{ cm}} = 0.61 > 0.4 \quad \text{Si cumple}$$

Refuerzo longitudinal. Tomando en cuenta que se han asignado 16 varillas de 16 mm de diámetro como refuerzo longitudinal, se procede a verificar que la cuantía de acero se encuentre dentro del rango permitido por la normativa, el cual debe estar entre 1 % y 3 % del área de la sección transversal de la columna.

$$A_{st} = 12 * \frac{\pi * 16^2}{4} = 32.16 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_{st}}{A_g} \quad (3.61)$$

$$\rho = \frac{32.16 \text{ cm}^2}{40 \text{ cm} * 60 \text{ cm}} = 0.012 \approx 1.2\%$$

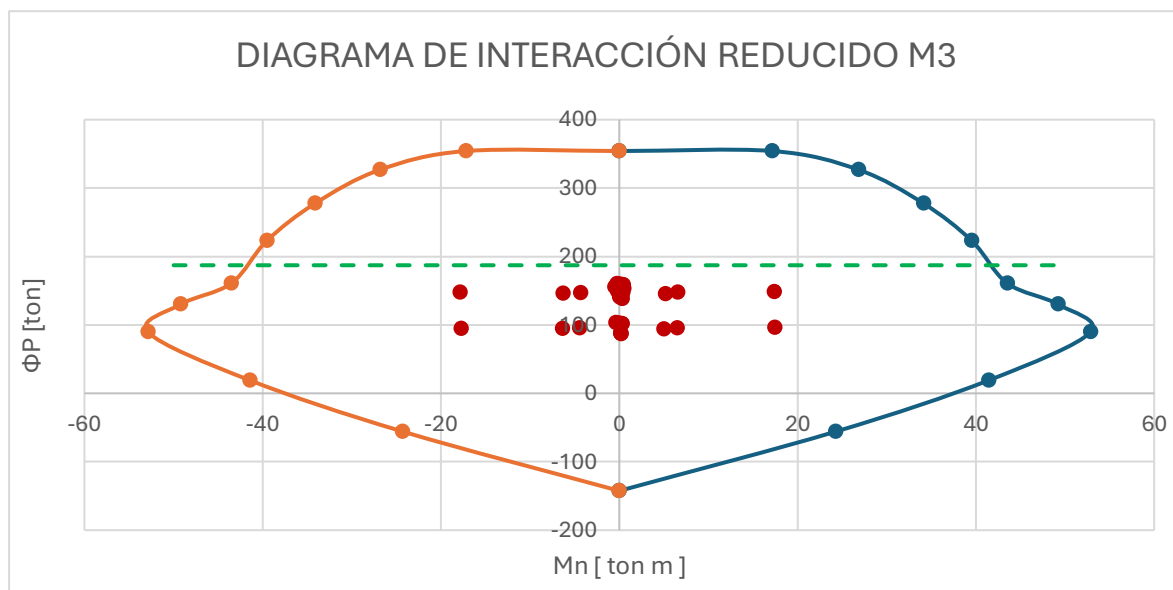
$$1\% < \rho < 3\% \quad \text{Si cumple}$$

Comprobación de demandas. Las demandas obtenidas para la columna deben verificarse dentro del diagrama de interacción reducido, tanto en el eje 2-2 como en el eje 3-3, correspondientes a las direcciones principales de carga.

Con esta revisión aseguramos que las demandas internas a las que estará sometida la columna se encuentran dentro de la capacidad resistente de la sección.

Gráfica 4

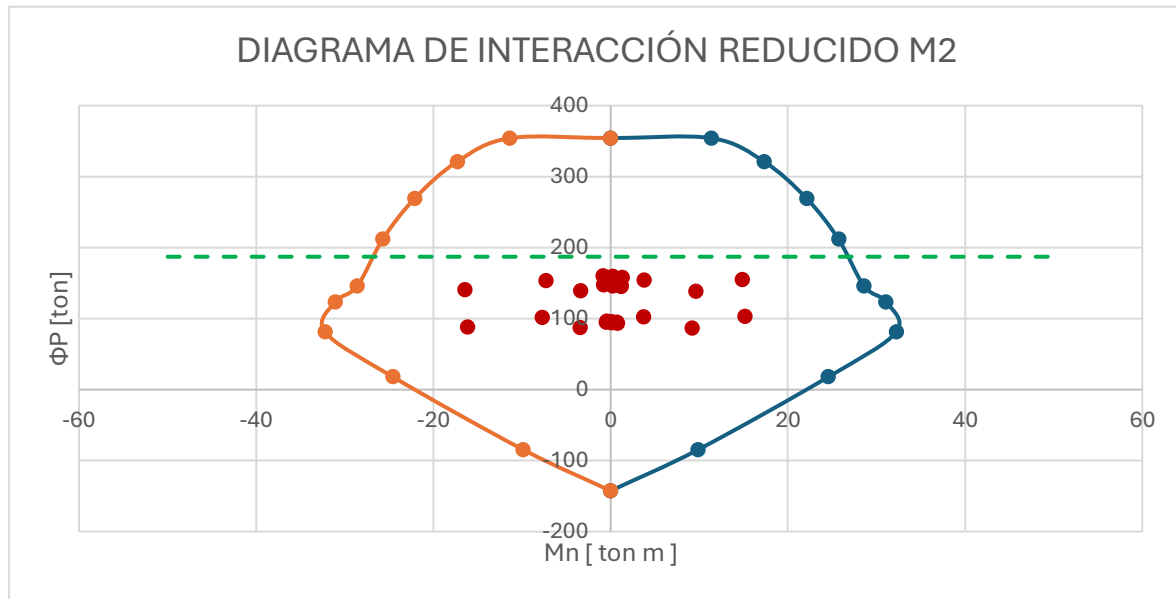
Diagrama de interacción reducido M3 de columna B4 del piso 1



Nota. Las demandas de M3, se encuentran dentro del diagrama y por debajo de límite del 30 % de $A_g * f'_c$.

Gráfica 5

Diagrama de interacción reducido M2 de columna B4 del piso 1



Nota. Las demandas de M2, se encuentran dentro del diagrama y por debajo de límite del 30 % de $A_g \cdot f'_c$.

Como se puede observar en los diagramas de interacción presentados en las Gráfica 4 y Gráfica 5, las demandas de carga axial y momento se encuentran dentro del diagrama de interacción reducido, tanto en el eje 2-2 como en el eje 3-3, lo cual indica que la columna cumple con los requisitos de resistencia para ambas direcciones principales. Además, las demandas están por debajo del límite del 30 % de $A_g \cdot f'_c$, representado por la línea verde en ambos diagramas. Este límite busca asegurar un comportamiento dúctil de la columna frente a cargas sísmicas cíclicas.

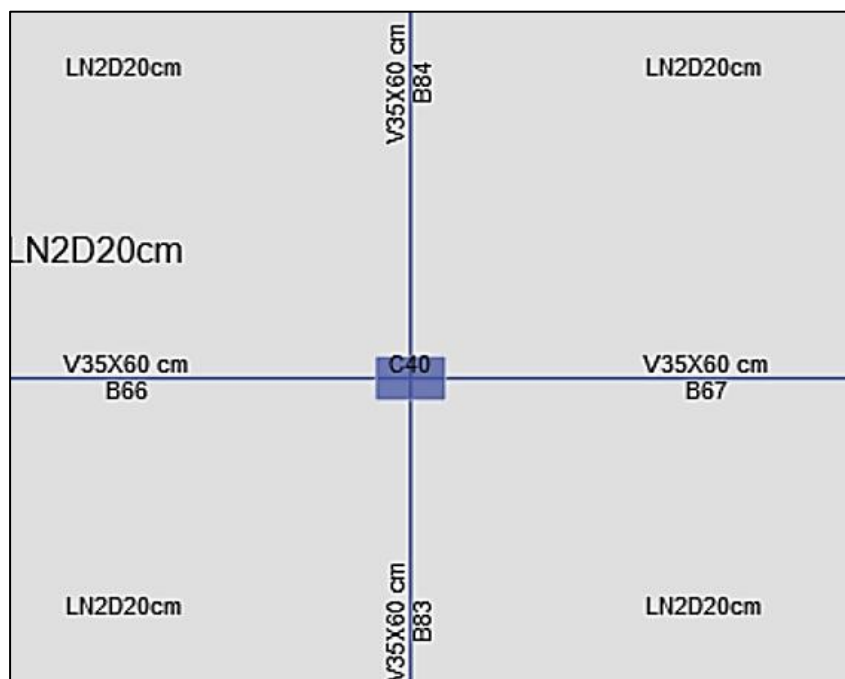
Columna fuerte -Viga débil. Este análisis se realiza con el objetivo de garantizar que las columnas sean más resistentes que las vigas, cumpliendo con el principio estructural de columna fuerte – viga débil. Esta revisión es necesaria en el diseño, ya que permite que

formación de rótulas plásticas en las vigas y puedan disipar energía, mientras las columnas se mantienen firmes estabilizando el edificio.

Se tomará como referencia la viga B84 del eje Y, previamente diseñada y la viga B67, con dimensiones de 35 x 60 cm y una luz libre de 5.368 m y 5.01 respectivamente, que conecta directamente con la columna de estudio en el eje Y y eje X.

Figura 42

Ubicación de columna y vigas del piso 1 a analizar



Nota. Obtenido de Software de análisis estructural.

Ancho sobresaliente viga eje Y. Para calcular los momentos positivos y negativos de cada viga, es necesario considerar el aporte de la losa al comportamiento estructural, lo cual se refleja en los anchos sobresalientes del ala de la sección tipo "T".

Estos anchos efectivos se determinan de acuerdo con las expresiones establecidas en la normativa, las cuales se resumen en la siguiente imagen de la tabla.

Figura 43

Tabla de limites dimensionales de anchos sobresalientes para vigas T

Ubicación del ala	Ancho sobresaliente efectivo del ala, más allá de la cara del alma	
A cada lado del alma	El menor de:	$8h$
		$s_w/2$
		$\ell_n/8$
A un solo lado	El menor de:	$6h$
		$s_w/2$
		$\ell_n/12$

Nota. Tabla 6.3.2.1 obtenido de: ACI-318.

Determinamos el ancho sobresaliente, donde S_w representa la distancia lateral entre la viga y el nervio de la losa, h la altura de la viga y ℓ_n la luz libre, entonces el ancho sobresaliente debe ser el menor entre las siguientes expresiones

$$Ancho_{Sobresaliente} = Menor \left\{ \begin{array}{l} 8 * h = 8 * 60 \text{ cm} \\ \frac{S_w}{2} = \frac{40 \text{ cm}}{2} \\ \frac{\ell_n}{2} = \frac{536.8 \text{ cm}}{2} \end{array} \right. \quad (3.62)$$

Donde se obtiene que el Ancho sobresaliente mínimo es de 20 cm que se añade a cada lado de la viga en la parte superior.

Posteriormente, de manera similar al diseño de vigas y con las dimensiones establecidas de la viga T, se determinan los momentos probables (M_{pr}) positivos y negativos.

$$a = \frac{As * 1.25 * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$$M_{pr} = As * 1.25 * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Mpr1 viga eje Y. Hay que tener presente que, para el momento positivo, donde la viga está en compresión por la parte de arriba y en tracción en la parte inferior, el valor de b en la ecuación de bloque de compresión hace referencia a la dimensión de la viga más el ancho sobresaliente por ambos lados.

$$b = b_w + Ancho_{Sobresaliente} * 2 \quad (3.63)$$

$$b = 35 \text{ cm} + 2 * 20 \text{ cm} = 75 \text{ cm}$$

Entonces,

$$a = 2.07 \text{ cm}$$

$$M_{pr1} = 16.8 \text{ tonn} * m$$

Mpr2 viga eje Y. Para el momento negativo, donde la viga está en tracción por la parte de arriba y en compresión en la parte inferior, el valor de b en la ecuación de bloque de compresión hace referencia a la dimensión inferior de la viga, es decir b es 35 cm.

$$a = 7.39 \text{ cm}$$

$$M_{pr2} = 26.6 \text{ tonn} * m$$

Momento a flexión viga eje Y. Será la sumatoria de ambos momentos probables.

$$\sum M_{nb} = M_{pr1} + M_{pr2} \quad (3.64)$$

$$\sum M_{nb} = 16.8 \text{ tonn} * m + 26.6 \text{ tonn} * m$$

$$\sum M_{nb} = 43.49 \text{ tonn} * m$$

Momento nominal de columna C40 en eje Y. Este se determina media el diagrama de interacción nominal, por medio de la combinación de carga más crítica Pu1 justo arriba y Pu2 debajo de la losa. Donde, con la combinación de cargas 5 en el software de diseño estructural, determinamos lo siguiente.

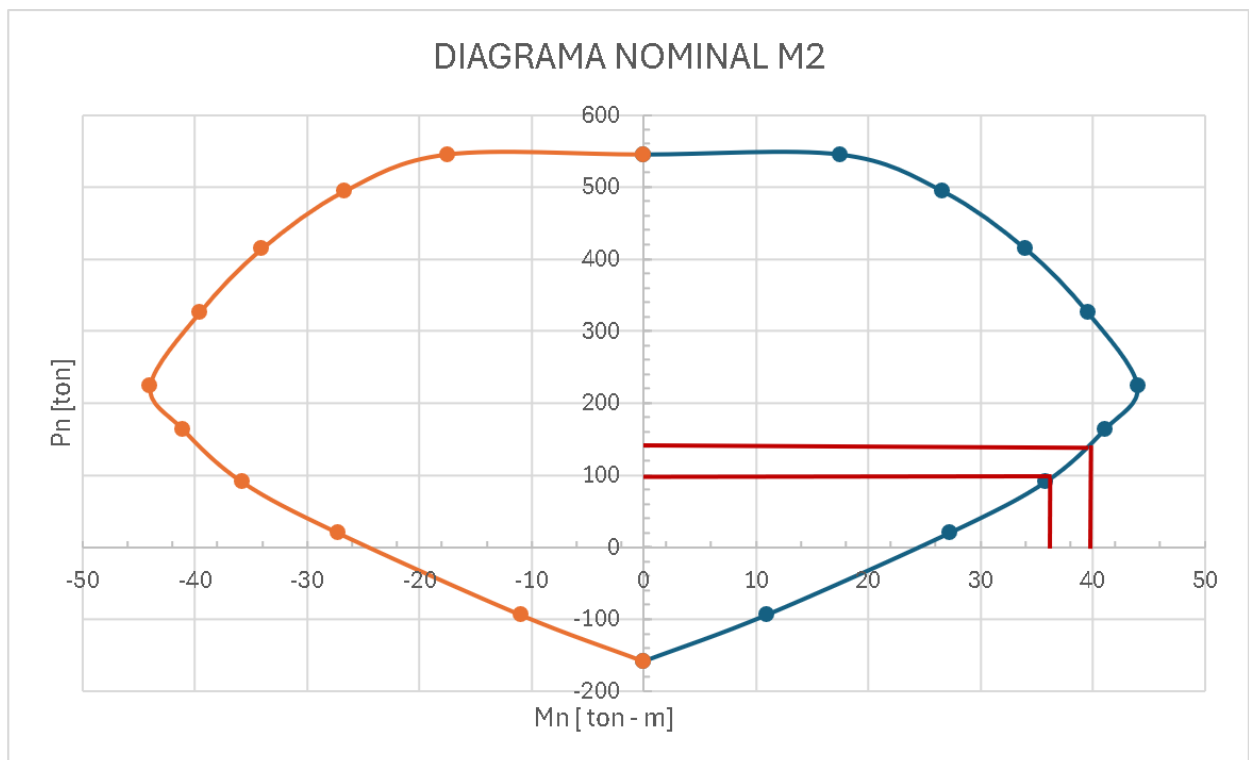
$$P_{u1} = 110.09 \text{ tonn}$$

$$P_{u2} = 155.2 \text{ tonn}$$

A continuación, se presenta el diagrama de interacción donde se pueden obtener los momentos nominales asociados a las cargas críticas, relación representada por las líneas rojas como se observa en la siguiente grafica.

Gráfica 6

Diagrama de interacción nominal de columna C40 en eje Y



Nota. Relación de Pn para obtención de Mn en el eje y de C40.

$$M_{n1} = 36 T * m$$

$$M_{n2} = 40 T * m$$

$$\sum M_{nc} = 76 T * m$$

Finalmente, para que se cumpla el criterio Columna fuerte- Viga débil en este eje se debe cumplir la siguiente expresión, de lo contrario hay que incrementar las dimensiones de la columna y repetir el análisis.

$$\sum M_{nc} > 1.2 * \sum M_{nb} \quad (3.65)$$

$$76 T * m > 1.2 * 43.49 \text{ tonn} * m$$

$$76 T * m > 52.18 \text{ tonn} * m \quad \text{Si cumple}$$

Como el criterio cumple, no es necesario redimensionar.

Análisis columna fuerte-Viga débil eje X. Dado que el procedimiento de análisis es el mismo que el aplicado en el eje Y, a continuación, se presentan directamente los resultados obtenidos para el eje X mediante la siguiente tabla.

Tabla 47

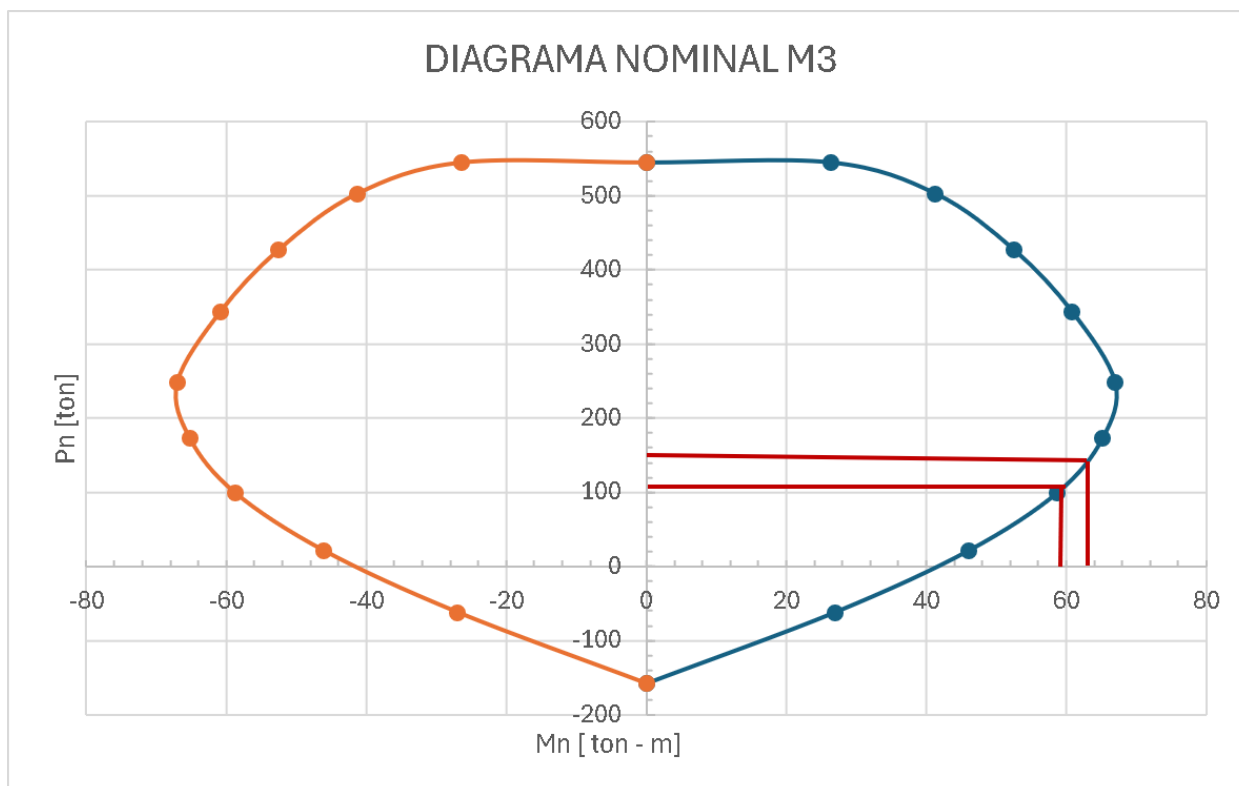
Resultados de momentos probables del eje X

MOMENTO POSITIVO, ARRIBA COMPRESIÓN - ABAJO TRACCIÓN		
Base inferior b	75,00	cm
Acero colocado As	6,03	cm ²
a	2,06975516	cm
Mpr1	16,8359343	ton - m
MOMENTO NEGATIVO, ARRIBA TRACCIÓN - ABAJO COMPRESIÓN		
Base superior b	35	cm
Acero colocado As	8,04	cm ²
a	5,91358617	cm
Mpr2	21,636422	ton - m
Mnb	38,4723563	ton - m
Pu 1 (Piso 2)	106,0346	ton
Pu2	148,5963	ton

Nota. Tabla de resultados de Mnb, Pu1 y Pu2 en relación de C40 con la viga B67 en el eje X.

Gráfica 7

Diagrama de interacción nominal de columna C40 en eje X



Nota. Relación de P_n para obtención de M_n en el eje X de C40.

$$M_{n1} = 59 T * m$$

$$M_{n2} = 64 T * m$$

$$\sum M_{nc} = 123 T * m$$

Finalmente,

$$\sum M_{nc} > 1.2 * \sum M_{nb}$$

$$123 T * m > 1.2 * 38.47 \text{ tonn} * m$$

$$123 T * m > 42.56 \text{ tonn} * m \quad \text{Si cumple}$$

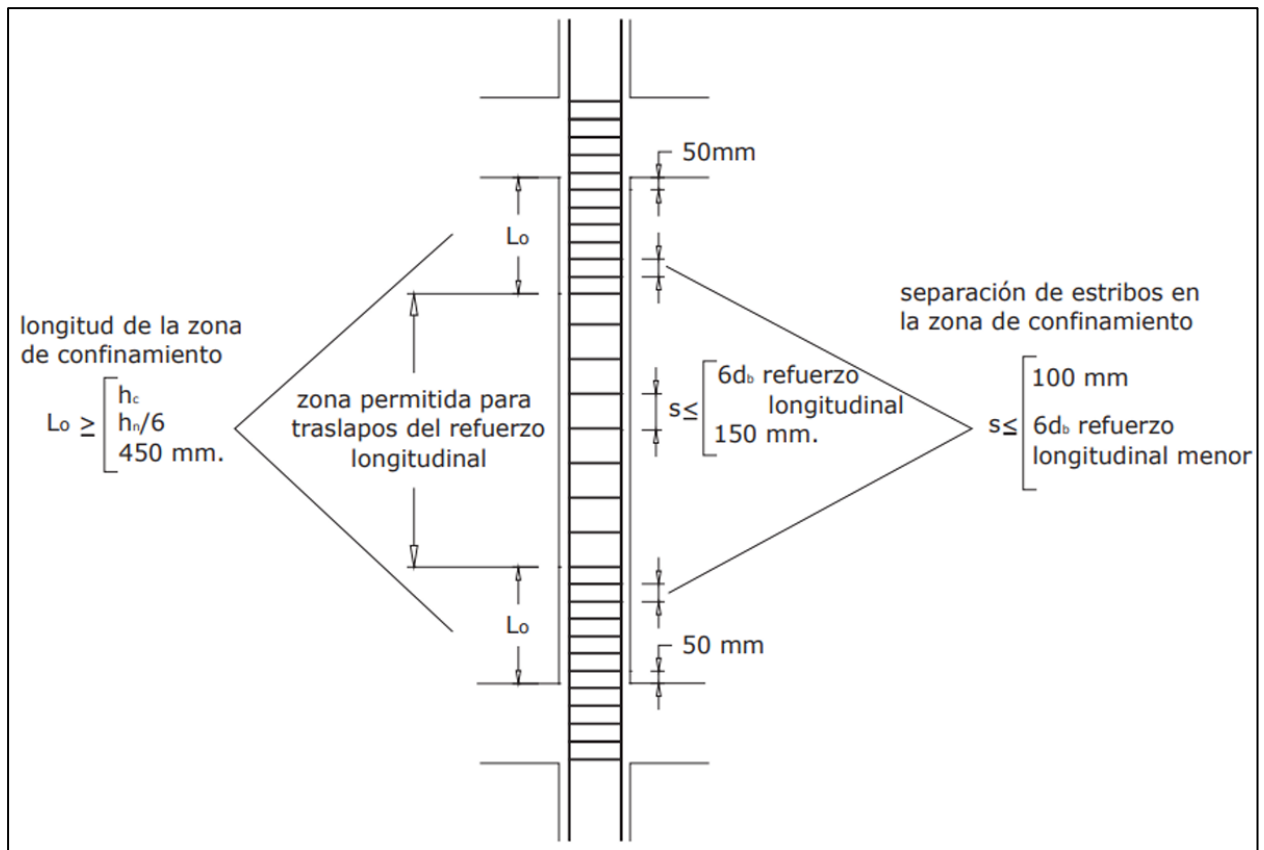
Como el criterio cumple, no es necesario redimensionar.

3.3.4. Diseño de confinamiento de columna

El armado del acero de confinamiento (estribos), tanto en la zona confinada como en la zona no confinada de la columna, debe cumplir con los requisitos establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Todos estos criterios están representados en la Figura # correspondiente.

Figura 44

Especificaciones técnicas para confinamiento de columnas



Nota. Especificaciones de separación máxima entre estribos, el número de ramales, y la longitud de confinamiento de la columna. Obtenido de NEC 2015.

Siguiendo los criterios presentados en la imagen anterior, obtenemos los siguiente:

Longitud de zona de confinamiento.

$$L_o = 65 \text{ cm}$$

Separación de estribos en zona de confinamiento.

$$S_{Conf} = 9.6 \text{ cm} \approx 9 \text{ cm}$$

Separación de estribos fuera de zona de confinamiento.

$$S_{Sin_Conf} = 9.6 \text{ cm} \approx 9 \text{ cm}$$

Se debe considerar que en los planos se registra una separación seleccionada de estribos de 9 mm por facilidad constructiva, sin embargo para continuación del cálculo se mantendrá el valor de 9.6 mm para no alterar áreas y demás cálculos derivados.

Ahora se determina el acero transversal de los estribos por confinamiento, el cual debe ser mayor o igual al resultado de las siguientes expresiones:

$$A_{sh1} = 0.3 * \frac{s * b_c * f'_c}{f_y} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right] \quad (3.66)$$

$$A_{sh2} = 0.9 * \frac{s * b_c * f'_c}{f_y} \quad (3.67)$$

El siguiente proceso se debe realizar por cada dimensión de la columna, ya que, a pesar de determinar el área, es importante determinar el número de ramales requeridos por cada sección, a continuación, se presenta el cálculo de la dimensión b.

La distancia máxima medidas entre centro a centro entre las esquinas del estribo en la dimensión b (b_{c1}).

$$b_{c1} = 458 \text{ mm}$$

Separación de estribos en la zona de confinamiento es la misma en ambas dimensiones.

$$S = 9.6 \text{ mm}$$

Entonces,

$$A_{sh1} = 4.71 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh2} = 2.75 \text{ cm}^2$$

$$A_{shMax} = \max(A_{sh1}, A_{sh2}) = 4.71 \text{ cm}^2$$

Habiendo definido anteriormente diámetros de estribos de 10 mm, se determina el número de ramales necesarios en la dimensión b.

$$\#Ramales = \frac{A_{shMax}}{\text{Area de estribo}} = 5 \text{ ramales} \quad (3.68)$$

Se repite el proceso con la dimensión h, donde se obtienen los siguientes resultados:

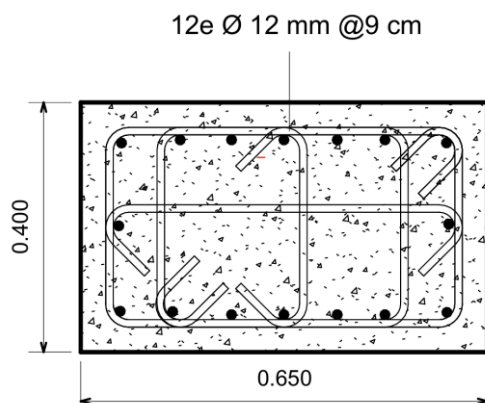
$$A_{shMax} = \max(A_{sh1}, A_{sh2}) = 2.6 \text{ cm}^2$$

$$\#Ramales = \frac{A_{shMax}}{\text{Area de estribo}} = 3 \text{ ramales}$$

Con el número de ramales obtenidos, se distribuye en el área de confinamiento de la columna, asegurando también cumplir con el área de acero de confinamiento requerida en el cálculo.

Figura 45

Diseño por confinamiento de C40 del piso 1



Nota. Se colocan 1 estribo exterior, 1 estribo interior y 2 ganchos de 12 mm, con un área A_v de 5.65 cm².

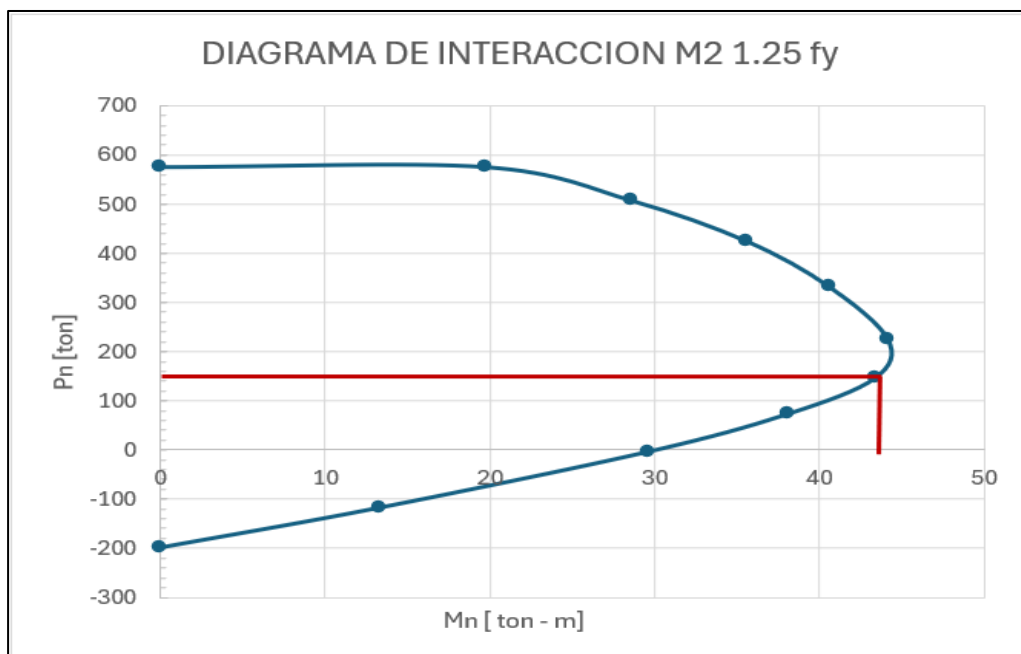
Fuerza cortante por capacidad de carga. El refuerzo transversal debe diseñarse suponiendo que el concreto no aporta resistencia al cortante, es decir, considerando $V_c=0$. Se debe considerar la resistencia del acero igual a un valor de $1.25f_y$ de acuerdo con los factores de aumento especificados en la normativa ACI-318S. Obtenemos las demandas de carga axial P_u de la columna con la combinación más crítica.

Para el eje Y (M2), tenemos.

$$P_u = 155.24 \text{ tonn}$$

Gráfica 8

Diagrama de interacción C40 en eje Y



Nota. Diagrama de momento nominal en eje X considerando una resistencia del acero de $1.25f_y$.

Como el refuerzo longitudinal de la columna no varía entre la base y la parte superior del piso, se asume que el momento probable es constante en ambos extremos. Asimismo, la carga axial experimenta una variación poco significativa, por lo que puede considerarse prácticamente constante a lo largo de la columna en ese nivel.

$$M_{pr1} = M_{pr2} = 43 \text{ tonn} * m$$

Por lo que,

$$V_e = V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_u} \quad (3.69)$$

$$V_u = \frac{2 * 43 \text{ tonn} * m}{2.65 m} = 32.45 \text{ tonn}$$

Cuando la carga axial P_u cumple con la condición $P_u \geq A_g * f'_c / 20$ la normativa permite incorporar el aporte del concreto V_c en la resistencia al cortante en la sección.

$$P_u \geq A_g * \frac{f'_c}{20} \quad (3.70)$$

$$155.24 \text{ tonn} \geq 31.2 \text{ tonn}$$

Como se cumple la condición, se debe agregar la resistencia a cortante del hormigón.

$$V_c = 0.53 * \left(1 + \frac{P_u}{140 * A_g} \right) * \sqrt{f'_c} * b * d \quad (3.71)$$

$$V_c = 44 \text{ tonn}$$

Ahora se obtiene V_s mediante la siguiente expresión

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3.72)$$

$$V_s = 26 \text{ tonn}$$

Recordando que, al área de acero de confinamiento, obtenemos la separación por demanda.

$$A_v = 5.65 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} \quad (3.73)$$

$$S_{Dem} = 46.45 \text{ cm}$$

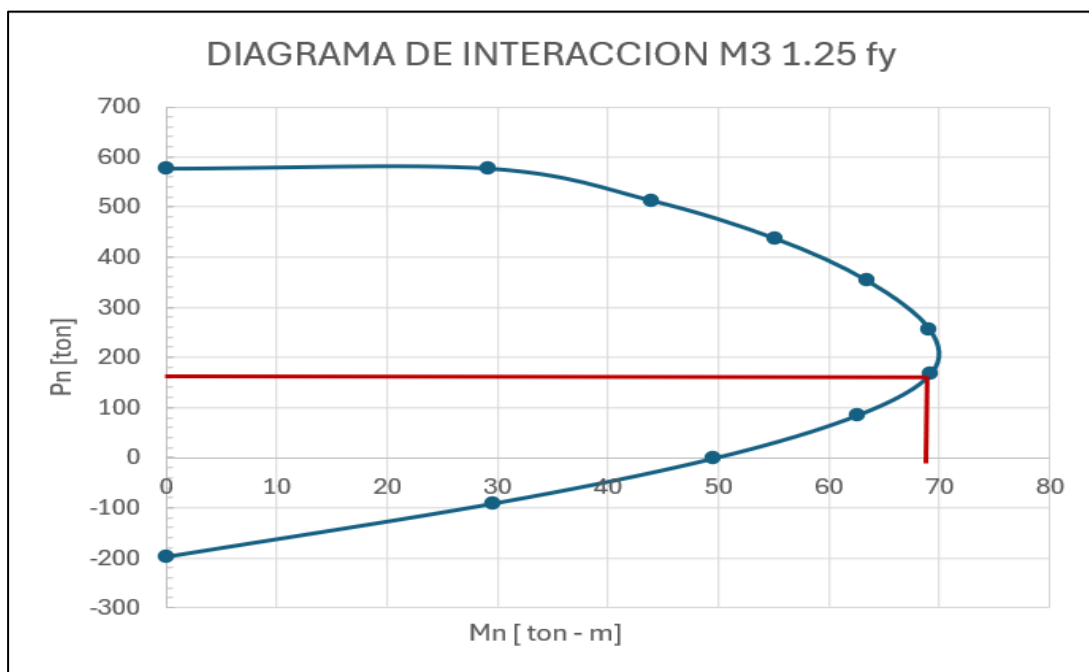
Al compararlo con la separación por normativa (9 cm), se establece la menor separación obtenida, es decir 9 cm.

Se repite el análisis para el eje X (M3), donde se obtienen los siguientes resultados:

$$P_u = 148.59 \text{ tonn}$$

Gráfica 9

Diagrama de interacción C40 en eje X



Nota. Diagrama de momento nominal en eje Y considerando una resistencia del acero de 1.25fy.

$$M_{pr1} = M_{pr2} = 69 \text{ tonn} * m$$

Por lo que,

$$V_u = 52.07 \text{ tonn}$$

Así mismo:

$$P_u \geq A_g * \frac{f'_c}{20}$$

$$155.24 \text{ tonn} \geq 31.2 \text{ tonn}$$

Como se cumple la condición, tenemos.

$$V_c = 0.53 * \left(1 + \frac{P_u}{140 * A_g} \right) * \sqrt{f'_c} * b * d \quad (3.74)$$

$$V_c = 44 \text{ tonn}$$

Ahora se obtiene V_s .

$$V_s = 25 \text{ tonn}$$

Recordando que, al área de acero de confinamiento del eje X, obtenemos:

$$S_{Dem} = 55.85 \text{ cm}$$

De manera similar al compararlo con la separación por normativa, se establece la menor separación obtenida; 9 cm.

3.3.5. *Diseño de losa*

Definición de cargas. Para el diseño de la losa, el primer paso consiste en definir las cargas actuantes, las cuales incluyen la carga muerta, la carga viva y las cargas sobreimpuestas. En esta etapa inicial se considera, como carga muerta, el peso propio de la losa maciza con una altura de 13 cm determinada en el predimensionamiento, más la carga sobreimpuesta.

$$W_{Viva} = 200 \frac{kg}{m^2 \text{ de losa}}$$

$$w_{Maciza} = 0.13 \text{ m}^3 \times 2400 \frac{kg}{m^3} = 288 \frac{kg}{m^3}$$

$$w_{Sobreimpuesta} = 0.5067 \frac{tonn}{m^2}$$

$$W_{Muerta} = w_{Maciza} + w_{Sobreimpuesta} = 0.795 \frac{tonn}{m^2}$$

$$Qu = 1.6 * W_{Viva} + 1.2 * W_{Muerta} = 1.274 \frac{tonn}{m^2}$$

Momentos positivos y negativos. Para hallar la flexión de la losa maciza en 2 direcciones, primero debemos determinar los siguientes coeficientes.

$$la = ln_{menor} = 4.36 \text{ m}$$

$$lb = ln_{mayor} = 5.07 \text{ m}$$

$$m = \frac{la}{lb} = \frac{4.36 \text{ m}}{5.07 \text{ m}} = 0.86$$

Momentos negativos. Para determinar este momento primero determinamos los siguientes coeficientes C_a y C_b , como la sección de la losa en la que se realiza el análisis en esquinero, escogemos el caso 4 presente en la siguiente imagen.

Figura 46

Tabla de coeficientes para momentos negativos en losa

Relación $m = \frac{\ell_a}{\ell_b}$		Caso 1 	Caso 2 	Caso 3 	Caso 4 	Caso 5 	Caso 6 	Caso 7 	Caso 8 	Caso 9 
1.00	$C_{a \text{ neg}}$		0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061
	$C_{b \text{ neg}}$		0.045	0.076	0.050			0.071	0.061	0.033
0.95	$C_{a \text{ neg}}$		0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065
	$C_{b \text{ neg}}$		0.041	0.072	0.045			0.067	0.056	0.029
0.90	$C_{a \text{ neg}}$		0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068
	$C_{b \text{ neg}}$		0.037	0.070	0.040			0.062	0.052	0.025
0.85	$C_{a \text{ neg}}$		0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072
	$C_{b \text{ neg}}$		0.031	0.065	0.034			0.057	0.046	0.021
0.80	$C_{a \text{ neg}}$		0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075
	$C_{b \text{ neg}}$		0.027	0.061	0.029			0.051	0.041	0.017

Nota. Coeficientes para momentos negativos C_a y C_b del caso 4. Obtenido de: (Córdova, 2015).

$$Ca = 0.066$$

$$Cb = 0.034$$

Aplicamos la siguiente expresión:

$$MA = Ca * Wu * la^2 \quad (3.75)$$

$$MB = Cb * Wu * lb^2 \quad (3.76)$$

Donde,

MA = Momento de flexión en la dirección A.

MA = Momento de flexión en la dirección B.

Ca, Cb = Coeficiente de momentos.

Wu = Carga última uniformemente repartida.

la = Luz Libre tramo corto.

lb = Luz Libre tramo largo.

Entonces,

$$MA_{Negativo} = 1.602 \text{ tonn} \frac{m}{m}$$

$$MB_{Negativo} = 1.115 \text{ tonn} \frac{m}{m}$$

Momentos positivos en lados continuos de la losa. En esta ocasión hacemos uso de las siguientes imágenes de tablas para obtener los coeficientes de momentos positivos correspondientes a las cargas muertas y vivas.

Figura 47

Tabla de coeficientes de carga muerta para momentos positivos en losa

Relación $m = \frac{\ell_a}{\ell_b}$		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
										
1.00	C_{aD}	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	C_{bD}	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	C_{aD}	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	C_{bD}	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	C_{aD}	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	C_{bD}	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	C_{aD}	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	C_{bD}	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	C_{aD}	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	C_{bD}	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010

Nota. Coeficientes para momentos positivos C_{aD} y C_{bD} del caso 4. Obtenido de: (Córdova, 2015).

Figura 48

Tabla de coeficientes de carga viva para momentos positivos en losa

Relación $m = \frac{\ell_a}{\ell_b}$		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
										
1.00	C_{aL}	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	C_{bL}	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	C_{aL}	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	C_{bL}	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	C_{aL}	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	C_{bL}	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	C_{aL}	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	C_{bL}	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	C_{aL}	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	C_{bL}	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017

Nota. Coeficientes para momentos positivos C_{aL} y C_{bL} del caso 4. Obtenido de: (Córdova, 2015).

Coeficientes con respecto a la carga muerta mayorada.

$$CaD = 0.036$$

$$CbD = 0.019$$

Coeficientes con respecto a la carga viva mayorada.

$$CaL = 0.036$$

$$CbL = 0.019$$

Entonces aplicamos las siguientes ecuaciones:

$$MA = Ca * Wu * la^2 \quad (3.75)$$

$$MB = Cb * Wu * lb^2 \quad (3.76)$$

$$MA = Ca,D * WuD * la^2 + Ca,D * WuD * la^2$$

$$MB = Cb,L * WuL * la^2 + Cb,L * WuL * lb^2$$

$$MA_{Positivo} = 0.917 \text{ tonn } \frac{m}{m}$$

$$MB_{Positivo} = 0.656 \text{ tonn } \frac{m}{m}$$

Momentos positivos en lados discontinuos de la losa. Estos momentos son la tercera parte de los momentos negativos obtenidos en la franja central de cada lado, de manera que se los calcula de la siguiente manera.

$$MA_{Negativo} = \frac{1}{3} * MA_{Positivo} \quad (3.77)$$

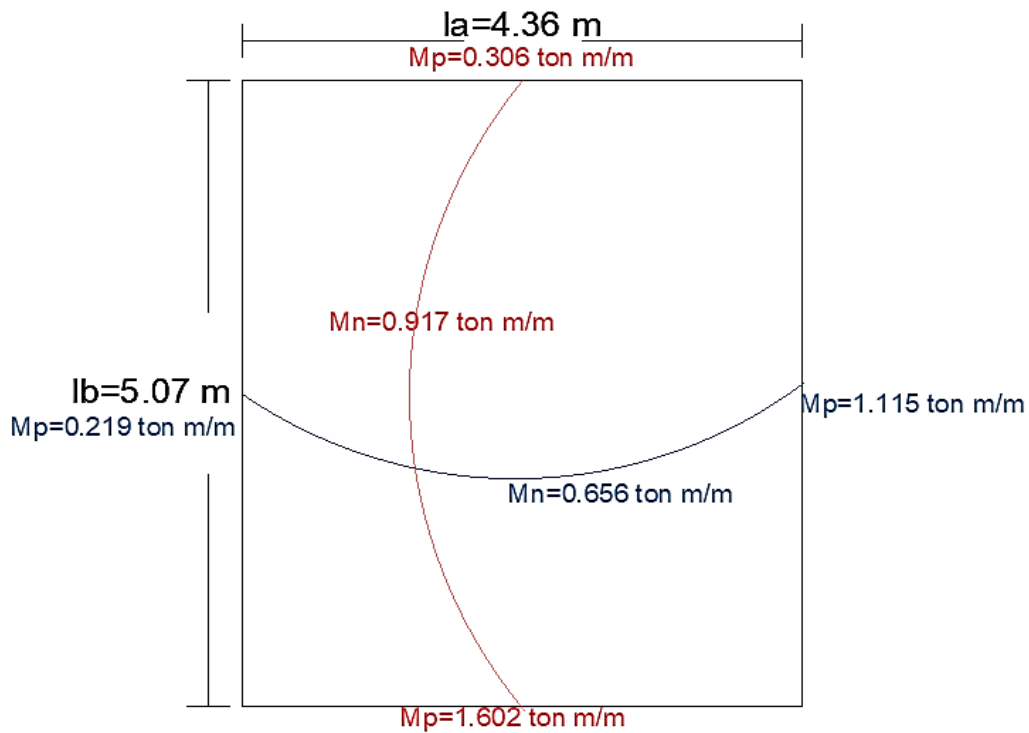
$$MA_{Negativo} = 0.306 \text{ tonn } \frac{m}{m}$$

$$MB_{Negativo} = \frac{1}{3} * MB_{Positivo} \quad (3.78)$$

$$MA_{Negativo} == 0.219 \text{ tonn } \frac{m}{m}$$

Figura 49

Esquema de resultado de momentos positivos y negativos en losa

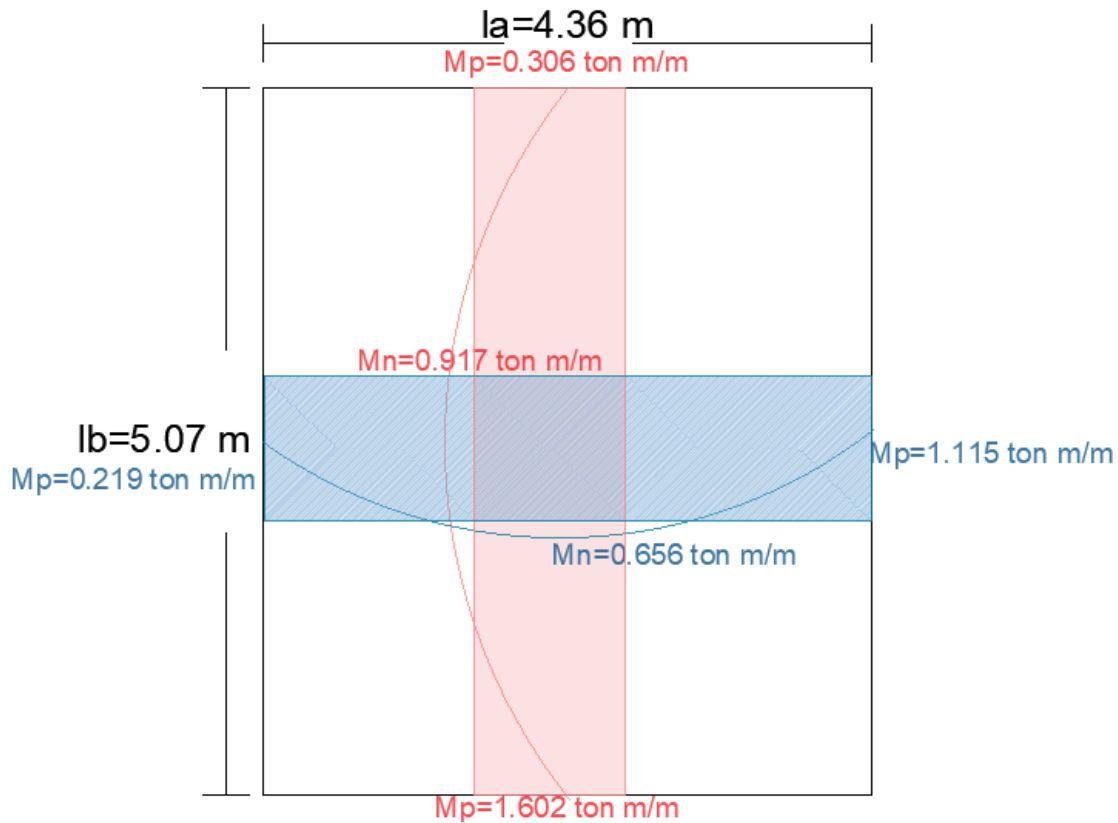


Nota. Representación gráfica de momentos positivos y negativos en la franja central de las secciones A y B. Obtenido de: Elaboración propia.

Diseño de losa maciza en 2D. Teniendo presentes los resultados de momentos obtenidos para la losa maciza, consideramos los momentos obtenidos por metro lineal en cada dirección, como se muestra en la siguiente ilustración, donde el área sombreada representa un metro de ancho a lo largo de las secciones.

Figura 50

Representación de 1m ancho de viga en losa maciza



Nota. Representación gráfica de ancho de un metro en la franja central de las secciones A y B.

Obtenido de: Elaboración propia.

Sin embargo, al tratarse de una losa en 2D, se evalúa por cada 0.5 metro de ancho de losa por una longitud libre (l_n) en cada dirección, simulando una viga T.

Entonces, entonces al dividir a la mitad los momentos obtenidos, tenemos ya los momentos en el inicio, centro y final de la viga, y se procede con el diseño como si se tratara de una viga, utilizando la altura de la losa nervada en 2D, que es de 20 cm.

Tabla 48*Momentos en vigas T*

		Momentos [T-m]		
		Inicio (Discontinuo)	Centro	Fin (Continuo)
Lado A	Superior	0,153	0	0,8
	Inferior	0	0,4585	0
Lado B	Superior	0,1095	0	0,555
	Inferior	0	0,328	0

Nota. Resultados de momentos reducidos para viga T en Inicio, centro y fin de esta.

Con un recubrimiento de 2 cm y un diámetro de varilla longitudinal de 12 mm, determinamos el peralte efectivo d.

$$d = h + \frac{\phi_{long}}{2} + rec = 17.4 \text{ cm}$$

Con este determinamos el acero mínimo requerido en el nervio.

$$A_{smin} = \frac{14 * bw * d}{fy} = 0.58 \text{ cm}^2$$

Como se mencionó anteriormente, el procedimiento de diseño del acero a flexión es similar al utilizado en vigas. Se determina el acero requerido, el acero mínimo y el acero colocado, para luego establecer la distribución del refuerzo superior e inferior con los diámetros de varilla seleccionados, asegurando el cumplimiento tanto del acero requerido como del mínimo. Estos resultados se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 49*Acero colocado en vigas T (Nervios) de lado A*

Lado A				
		Inicio (Discontinuo)	Centro	Fin(Continuo)
Acero requerido [cm²]	Superior	0,26	0,00	1,38
	Inferior	0,00	0,79	0,00
Acero requerido (Min) [cm²]	Superior	0,58	0,58	1,38
	Inferior	0,58	0,79	0,58
Acero colocado	Superior	1Φ10	1Φ10	1Φ14
	Inferior	1Φ10	1Φ10	1Φ10
Acero colocado [cm²]	Superior	0,79	0,79	1,54
	Inferior	0,79	0,79	0,79

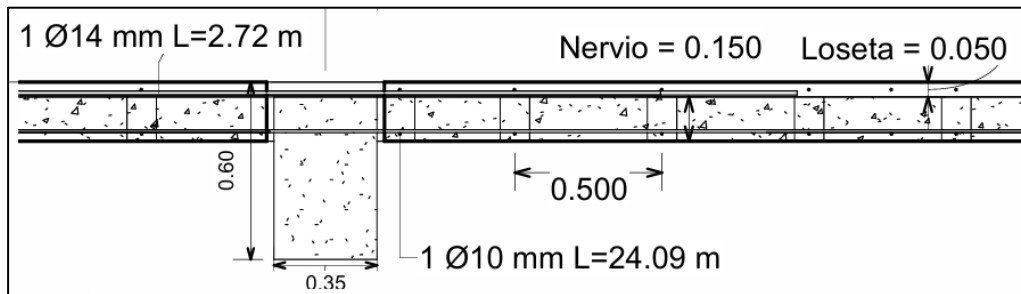
Nota. Acero colocado en la parte superior e inferior de cada nervio a lo largo del lado A.**Tabla 50***Acero colocado en vigas T (Nervios) de lado B*

Lado B				
		Inicio (Discontinuo)	Centro	Fin (Continuo)
Acero requerido [cm²]	Superior	0,19	0,00	0,96
	Inferior	0,00	0,57	0,00
Acero requerido (Min) [cm²]	Superior	0,58	0,58	0,96
	Inferior	0,58	0,58	0,58
Acero colocado	Superior	1Φ10	1Φ10	1Φ12
	Inferior	1Φ10	1Φ10	1Φ10
Acero colocado [cm²]	Superior	0,79	0,79	1,13
	Inferior	0,79	0,79	0,79

Nota. Acero colocado en la parte superior e inferior de cada nervio a lo largo del lado B.

Figura 51

Detalle de Acero colocado en lado A de losa Nervada



Nota. Se presenta la distribución del acero en los nervios de la losa.

Diseño de acero por retracción. Para el diseño del acero por temperatura o maya electrosoldada, lo determinamos por medio de la siguiente ecuación.

$$A_{Retr} = 0.0018 * 1m * \text{espesor de losa}$$

$$A_{Retr} = 0.0018 * 100 \text{ cm} * 5 \text{ cm}$$

$$A_{Retr} = 0,9 \text{ cm}^2$$

Por lo que se selecciona una maya electrosoldada R106 que se ubica en la parte superior de la losa.

Verificación por cortante. Al igual como se obtuvo los momentos positivos y negativos para el diseño de la losa, hacemos uso de la siguiente tabla para obtener los coeficientes para cortante.

Figura 52

Tabla de relación de la carga W que depende de m para calcular el cortante

Relación $m = \frac{\ell_a}{\ell_b}$		Caso 1 	Caso 2 	Caso 3 	Caso 4 	Caso 5 	Caso 6 	Caso 7 	Caso 8 	Caso 9 
1.00	W_a	0.50	0.50	0.17	0.50	0.83	0.71	0.29	0.33	0.67
	W_b	0.50	0.50	0.83	0.50	0.17	0.29	0.71	0.67	0.33
0.95	W_a	0.55	0.55	0.20	0.55	0.86	0.75	0.33	0.38	0.71
	W_b	0.45	0.45	0.80	0.45	0.14	0.25	0.67	0.62	0.29
0.90	W_a	0.60	0.60	0.23	0.60	0.88	0.79	0.38	0.43	0.75
	W_b	0.40	0.40	0.77	0.40	0.12	0.21	0.62	0.57	0.25
0.85	W_a	0.66	0.66	0.28	0.66	0.90	0.83	0.43	0.49	0.79
	W_b	0.34	0.34	0.72	0.34	0.10	0.17	0.57	0.51	0.21
0.80	W_a	0.71	0.71	0.33	0.71	0.92	0.86	0.49	0.55	0.83
	W_b	0.29	0.29	0.67	0.29	0.08	0.14	0.51	0.45	0.17

Nota. Coeficientes para cortante W_a y W_b del caso 4. Obtenido de: (Córdova, 2015).

$$W_a = 0.66$$

$$W_b = 0.34$$

$$Vu = Cu * la * lb \quad (3.79)$$

$$Vu = 28.2 \text{ tonn}$$

Cortante en el lado a.

$$Vua = Vu * \frac{W_a}{2 * la} \quad (3.80)$$

$$Vua = 2.13 \frac{\text{tonn}}{m}$$

Cortante en el lado b.

$$Vub = Vu * \frac{W_b}{2 * lb} \quad (3.81)$$

$$Vub = 0.945 \frac{\text{tonn}}{m}$$

Resistencia del hormigón a cortante.

$$\phi = 0.75$$

$$\phi V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d = 5.011 \text{ tonn}$$

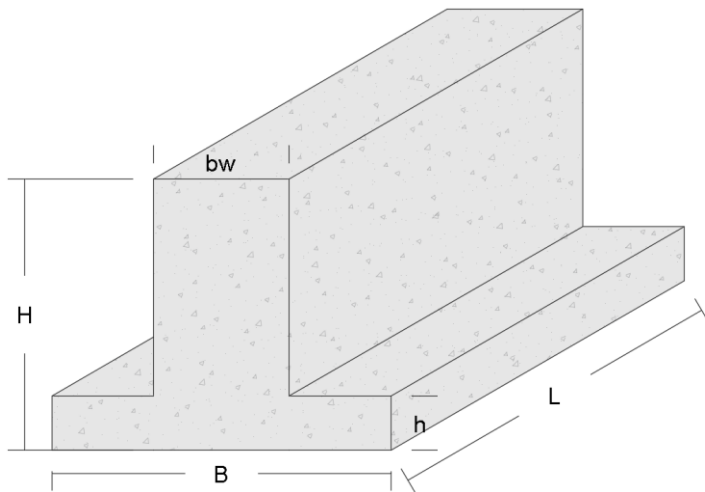
ϕV_c es mayor a V_{ua} y V_{ub} , por tanto, si cumple la resistencia a cortante.

3.4. Diseño de la subestructura

Se optó por el uso de vigas de cimentación como parte de la sub-estructura, con el objetivo de asegurar que las cargas estén bien distribuidas y tengan un comportamiento integral de la cimentación.

Figura 53

Representación de dimensiones de una viga de cimentación



3.4.1. Carga admisible

De acuerdo con los estudios de suelo, se determinaron los parámetros de resistencia del estrato portante (estrato 3), identificado como arena, con una densidad de 16 kN/m³, un ángulo de fricción interna de 35° y cohesión igual a cero.

Con estos valores se realizó el análisis de la capacidad de carga admisible utilizando el método de Meyerhof, considerando un factor de seguridad de 3. Como resultado del cálculo se obtuvo el siguiente valor:

$$q_{ult} = 95.66 \frac{tonn}{m^2}$$

$$Q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS} \quad (3.82)$$

$$Q_{adm} = 31.89 \frac{tonn}{m^2}$$

3.4.2. Dimensionamiento

Para este análisis se seleccionaron vigas de cimentación representativas en los sentidos X y Y, considerando que, si el diseño cumple para las vigas más críticas en cada dirección, cumplirá para las demás. El análisis se realizó tomando en cuenta los momentos generados por las cargas que debe soportar la cimentación, aplicando la siguiente combinación de cargas de servicio: $D + L + S_y$

A continuación, se presenta el análisis en el sentido Y que cuenta con 5 columnas, específicamente en el Eje C, por ser el que soporta los mayores momentos.

Figura 54

Eje de diseño en sentido Y

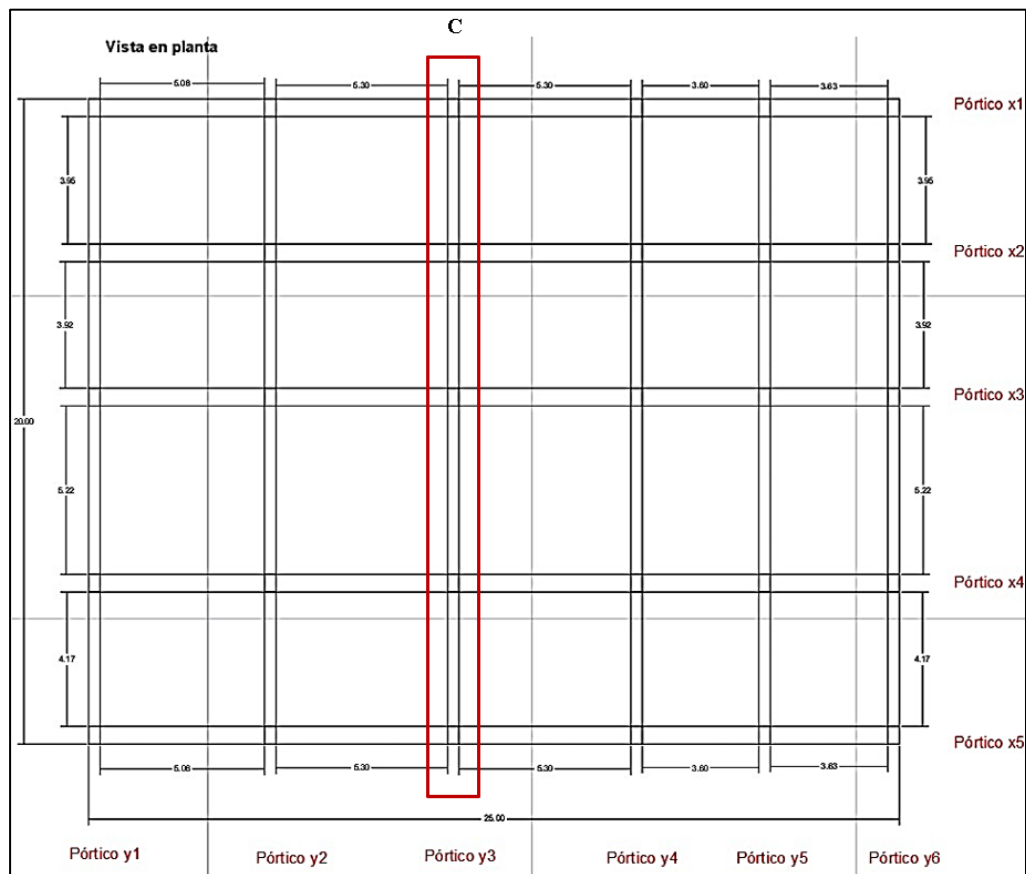


Tabla 51

Cargas y momentos sobre la sub-estructura

Carga de servicio: D+L+Sy				
	P [t]	Xi [m]	P*Xi [t*m]	M(Puntual) [t*m]
1	42,33	0	0	11,8532
2	134,01	4,716	631,99116	14,9917
3	115,63	10,484	1212,26492	16,399
4	105,16	14,95	1572,142	15,9079
5	78,84	19,45	1533,438	15,2212
Σ	475,97		4949,8	74,373

Nota. Obtenido de software de análisis estructural.

Comprobación de longitud L requerida. Se determina la longitud L de la viga dispuesta a lo largo del eje C, en el sentido Y, necesaria para resistir los momentos generados alrededor del eje X, considerando las solicitaciones definidas en el análisis estructural.

$$\sum M_{Total} = \sum P_i * X_i + \sum M_{Puntual} = P * X_R \quad (3.83)$$

$$\sum M_{Total} = 5024.21 \text{ tonn} * m$$

X_R es la resultante de los momentos aplicados, que debe coincidir con el centro de L.

$$L = \sum X_i = 19.41 \text{ m}$$

$$\frac{L}{2} = 9.72 \text{ m}$$

Despejando la ecuación 3.84, obtenemos:

$$X_R = \frac{\sum M_{Total}}{P} \quad (3.84)$$

$$X_R = 10.56 \text{ m}$$

De manera que debemos incrementar el valor de L para que L/2 coincida en gran medida con la resultante obtenida.

$$L = 21 \text{ m}$$

$$\frac{L}{2} = 10.6 \text{ m}$$

Entonces, la longitud final de la viga es de 21 m. Dado que la distancia inicial era de 19,4 m, esto implica un incremento de 1,6 m, correspondiente al voladizo adicional.

$$Voladizo = 1.6 \text{ m}$$

Base B de la loseta. Esta dimensión de la base de la loseta debe ser la necesaria para soportar las reacciones ejercidas desde el suelo, y la obtenemos por medio de la ecuación de esfuerzo.

$$\sigma_{adm} = \frac{P * fs}{B * L} \quad (3.85)$$

Donde fs es el factor de seguridad de 1.53, despejando B obtenemos:

$$B = \frac{P * fs}{\sigma_{adm} * L}$$

$$B = 0.96 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

Altura H de la viga. Para este cálculo se consideran las cargas del Estado Límite Último (ELU), considerando la mayoración de la carga muerta correspondiente a la combinación 1,2D + 1,0L + 1,0Sx.

Al aplicar esta combinación de cargas se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 52

Momentos con cargas de ELU

Columna	Pu [t]	M(Puntual) [t*m]
1	52,78	11,5801
2	155,25	14,884
3	136,01	16,5505
4	123,33	15,8721
5	89,2	15,4836
Σ	556,57	74,3703

Se calcula la carga de reacción del suelo con respecto a las cargas mayoradas Pu con las dimensiones B y L definidas anteriormente.

$$q_u = \frac{\sum P_{ui}}{B * L} \quad (3.85)$$

$$q_u = 26.5 \frac{\text{tonn}}{\text{m}^2}$$

Ahora se obtiene una carga distribuida por metro lineal q_{uR} que ser la carga repartida de manera uniforme a largo de L de la viga.

$$q_{uR} = \frac{\sum P_{ui}}{L} \quad (3.86)$$

$$q_{uR} = 26.5 \frac{\text{tonn}}{\text{m}}$$

Obtenida la carga de reacción del suelo hacia la viga, se realiza el análisis de todas las cargas aplicadas, considerando el peso propio del elemento. Para esto inicialmente definimos los siguientes datos.

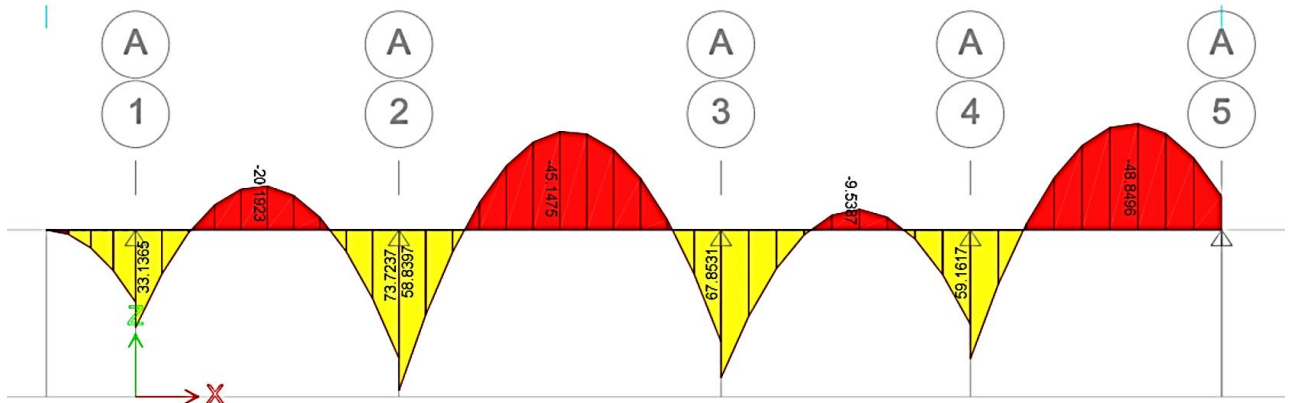
Tabla 53

Datos para el diseño de viga

DATOS		
bw	40	cm
f'c	240	kg/cm ²
fy	4200	kg/cm ²
rec	7,5	cm
Varilla Long	20	mm
Estribo	10	mm

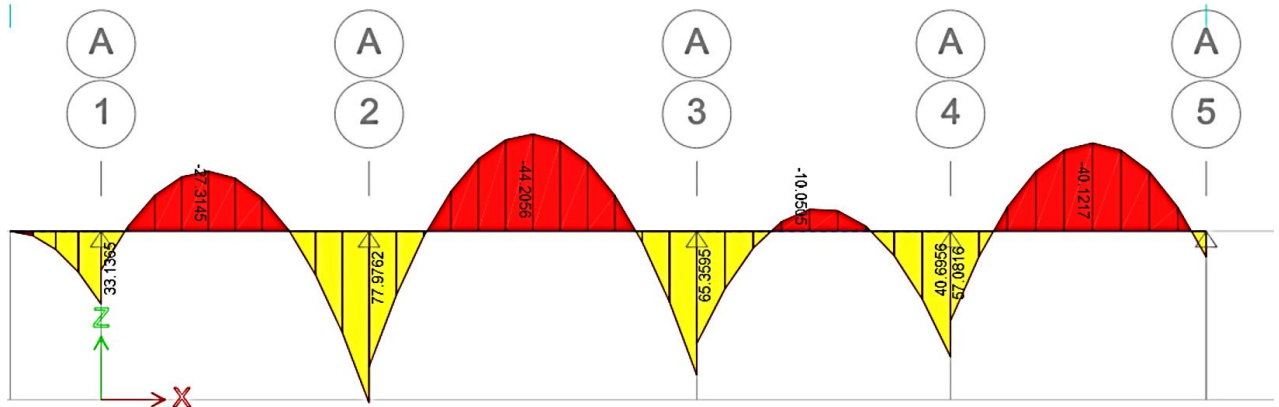
Gráfica 10

Momentos con cargas de ELU: combinación $1,2D + 1,0L + 1,0Sx$.



Gráfica 11

Momentos con cargas de ELU: combinación $1,2D + 1,0L - 1,0Sx$.



El momento máximo μ es 77,9762 ton/m, se utiliza para determinar el peralte efectivo, que es la altura útil de la sección que permite resistir este momento. Este cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{\mu}{0,145 * f'c * bw}}$$

$$d = 74.84 \text{ cm}$$

Con los datos proporcionados para el diseño de viga, se determina la altura H.

$$H = rec + \phi e + \frac{\phi L}{2} + d$$

$$H = 84.34 \text{ cm} \approx 85 \text{ cm}$$

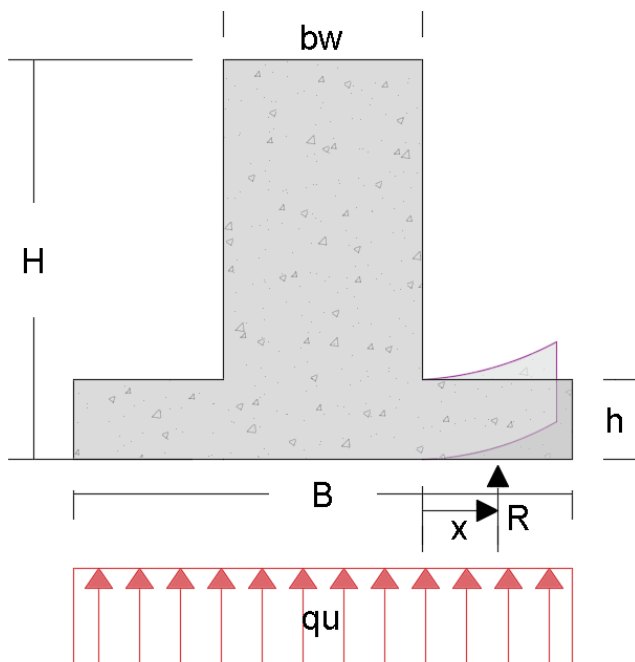
Recalculando el peralte efectivo obtenemos:

$$d = 75.5 \text{ cm}$$

Altura h de la loseta. Para este análisis se emplea la carga distribuida por metro lineal a lo largo de la losa. Con este valor se determina la resultante R, aplicada a una distancia x centrada en el ala de la loseta, con el fin de obtener el momento demandante, tal como se representa en la siguiente figura.

Figura 55

Momento demandante en ala de loseta



La distancia x que representa el brazo de palanca que ejerce el momento se determina mediante la siguiente expresión:

$$x = \frac{B - bw}{4}$$

$$R = q_u * 1m * \frac{B - bw}{2}$$

Entonces el momento M_u se expresa como la resultante por el brazo de palanca.

$$M_u = R * x$$

$$M_u = q_u * 1m * \frac{B - bw}{2} * \frac{B - bw}{4}$$

$$M_u = 1.19 \text{ tonn} * \frac{m}{m}$$

De manera similar que el H de la viga, para h determinamos el peralte efectivo d , considerando un ancho b de 100 cm.

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{0,145 * f'c * b}}$$

$$d = 5.85 \text{ cm}$$

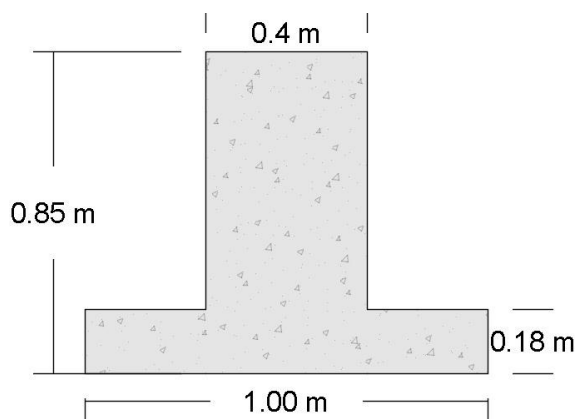
Con los datos proporcionados para el diseño de viga, se determina la altura h .

$$h = rec + \phi e + \frac{\phi L}{2} + d$$

$$h = 15.35 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm}$$

Figura 56

Dimensiones de viga de cimentación en eje Y



3.4.3. Diseño a flexión de sub-estructura

Diseño de viga a flexión. Para el diseño del acero de refuerzo se utilizan los momentos obtenidos en las gráficas 1 y 2 presentadas anteriormente. Es importante considerar que, al tratarse de vigas de cimentación, la presión ejercida por el suelo provoca que la parte superior de la viga esté sometida a tensión y la inferior a compresión, a diferencia de las vigas de entrepiso. Conociendo esto, se pueden interpretar mejor los resultados y aplicar un proceso de diseño similar al empleado en vigas de entrepiso.

Tabla 54

Resultados de momentos en vigas de cimentación eje Y

COMBINACIÓN		MOMENTO [tonn*m]		
		Inicio	Centro	Fin
Voladizo	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	0	8,2841	33,1365
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	0	8,2841	33,1365
		Inicio	Centro	Fin
Eje 1-2	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	44,7166	20,1923	58,8397
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	17,6444	27,3145	77,9762

		Inicio	Centro	Fin
Eje 2-3	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	73,7237	45,1475	51,3026
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	61,5507	44,2056	65,3595
		Inicio	Centro	Fin
Eje 3-4	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	67,8531	9,5387	43,2896
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	50,9856	10,0505	57,0816
		Inicio	Centro	Fin
Eje 4-5	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	59,1617	48,8496	15,4836
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	40,6956	40,1217	11,72

Nota. Se extrajeron los resultados de momentos con el sismo aplicado en ambas direcciones, seleccionando para cada inicio, centro y fin el valor máximo obtenido.

Para determinar el refuerzo, se analiza la viga considerando dimensiones de 40 x 80 cm para la altura H y el ancho bw. Aunque se trata de una viga con sección en forma de T invertida, el cálculo del refuerzo se realiza únicamente para la parte correspondiente a dichas dimensiones, por lo que el proceso se lleva a cabo como si fuera una viga rectangular convencional.

$$A_{s_{min}} = \frac{0.8 * \sqrt{f'c} * d * bw}{f_y}$$

$$A_{s_{min}} = 10.067 \text{ cm}^2$$

Tabla 55

Resultados de acero colocado para el voladizo y tramo 1-2 de viga de cimentación en eje C

	Voladizo				Tramo 1-2		
	Acero requerido [cm2]				Acero requerido [cm2]		
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
Superior	0,000	3,292	13,167	Superior	8,884	8,023	23,380
Inferior	0,000	3,292	13,167	Inferior	17,768	10,853	30,984
	Acero req mínimo [cm2]				Acero req mínimo [cm2]		
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin

Superior	10,067	10,067	13,167	Superior	10,067	10,067	23,380
Inferior	10,067	10,067	13,167	Inferior	17,768	10,853	30,984
Acero colocado				Acero colocado			
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
Superior	4Φ20	4Φ20	4Φ20	Superior	4Φ20	4Φ20	8Φ20
Inferior	4Φ20	4Φ20	6Φ20	Inferior	6Φ20	4Φ20	10Φ20
As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)			
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
Superior	93,624	93,624	95,440	Superior	93,624	93,624	107,497
Inferior	93,624	93,624	119,300	Inferior	106,086	115,782	101,394

Nota. El extremo del voladizo no presenta momentos, por ende, solo se coloca el acero mínimo calculado.

Diseño de viga a cortante. Los resultados de cortante último se obtienen aplicando el sismo en ambas direcciones, de forma similar al cálculo de momentos, seleccionando el valor máximo en cada extremo de todos los tramos, ya que en el centro de la viga el esfuerzo cortante es nulo.

Tabla 56

Resultados de Cortante en vigas de cimentación eje Y

COMBINACIÓN		MOMENTO [tonn*m]		
		Inicio	Centro	Fin
Voladizo	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	0	0	41,4206
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	0	0	41,4206
		Inicio	Centro	Fin
Eje 1-2	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	58,0489	0	64,0384
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	48,2506	0	73,8367
		Inicio	Centro	Fin
Eje 2-3	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	78,5478	0	70,7735
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	74	0	75,321

		Inicio	Centro	Fin
Eje 3-4	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	63,3078	0	52,3075
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	56,4427	0	59,1726
		Inicio	Centro	Fin
Eje 4-5	1,2D + 1,0L + 1,0Sx	74,8356	0	41,6599
	1,2D + 1,0L - 1,0Sx	64,6868	0	51,8087

Calculamos la resistencia al cortante que presenta el hormigón.

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = 24.79 \text{ tonn}$$

Tramo 1-2 de viga en sentido Y. Considerando el cortante máximo en para el tramo 1-2, se presenta el siguiente procedimiento de cálculo.

$$V_u = 73.83 \text{ tonn}$$

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = 79.93 \text{ tonn}$$

Para obtener la separación por demanda se usó un estribo cerrado de 10mm.

$$Av = 4 * 0.785 \text{ cm}^2 = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{Av * fy * d}{V_s}$$

$$S = 13.53 \text{ cm}$$

También se debe analizar la separación por normativa, donde para la zona dentro de 2h se escoge el menor valor de S entre:

$$S \leq \begin{cases} \frac{d}{4} \\ 6 * dv \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

Se escoge la menor entre la separación por demanda y la separación por normativa.

$$S_{int_{2h}} = 13.53 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

Para las zonas fuera de 2h se analiza de manera similar.

Por normativa:

$$S = \frac{d}{2}$$

Entonces, se observa que sigue siendo menor por demanda.

$$S_{ext_{2h}} = 10 \text{ cm}$$

Diseño de loseta a flexión (Transversal). La loseta se construye de manera monolítica con la viga de cimentación y se diseña para resistir los momentos producidos por las cargas de reacción (qu) del suelo. Sin embargo, el análisis se realiza considerando la loseta como un elemento individual para dimensionar el acero de refuerzo necesario.

$$A_{s_{min}} = \frac{0.8 * \sqrt{f'_c} * d * b}{f_y}$$

Para el cálculo del acero mínimo de la loseta se considera un espesor total h de 16 cm, una altura efectiva d de 6,5 cm de la loseta y una base b de 1 metro.

$$A_{s_{min}} = 2.17 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{req}} = 30 * \frac{M_u}{d}$$

$$A_{s_{req}} = 5.5 \text{ cm}^2$$

Al resultar el acero requerido mayor que el mínimo, se opta por utilizar este valor para continuar el análisis. Se propone el uso de varillas de 14 mm de diámetro, por lo que se requieren al menos 4Φ14 mm, con un acero colocado total de 6.1 cm².

Diseño de loseta por retracción (Longitudinal). Este se diseña igual que losas entre piso, para este se calcula el acero mínimo por retracción.

$$A_{Retr} = 0.0018 * 1m * h$$

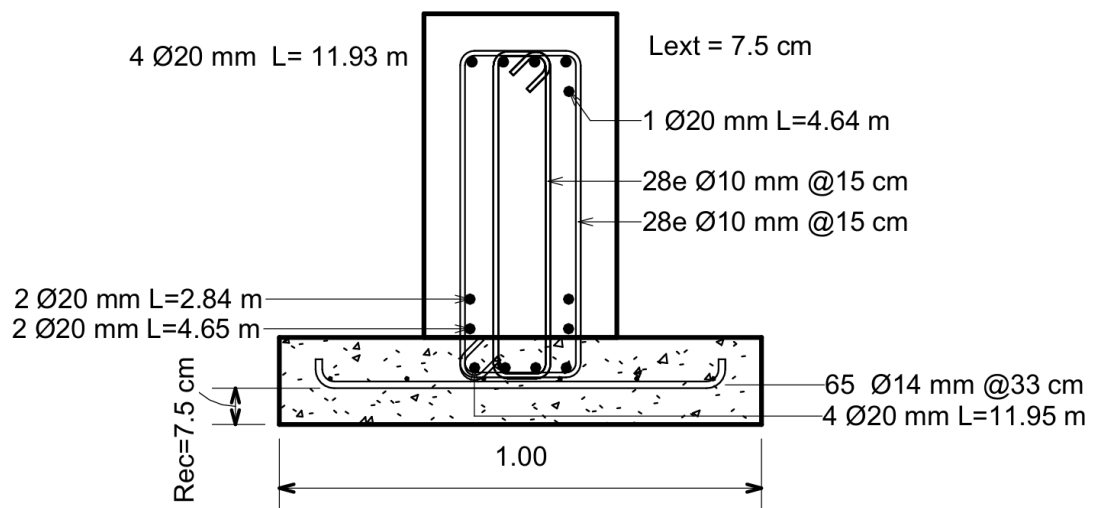
$$A_{Retr} = 0.0018 * 100 \text{ cm} * 18 \text{ cm}$$

$$A_{Retr} = 2.88 \text{ cm}^2$$

Se propone el uso de varillas de 8 mm de diámetro, por lo que se requieren al menos 6Φ8 mm, con un acero colocado total de 3.05 cm².

Figura 57

Sección de viga de cimentación de tramo 3 - 4 eje Y



Nota. Ejemplo de plano con acero de refuerzo de sección transversal de tramo 3 – 4.

El proceso se repite para el eje x, en ese caso se determinó que no requiere de voladizo.

Capítulo 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Descripción del proyecto

El estudio de impacto ambiental que acompaña este proyecto tiene como finalidad identificar, describir y valorar los efectos potenciales derivados de la construcción, operación y abandono de una edificación de cuatro niveles en el sector Las Conchas, parroquia Santa Rosa, cantón Salinas (Ver Figura 1 de la ubicación).

Este análisis se alinea con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible. En el caso del ODS 9, se busca diseñar una infraestructura segura y resiliente, cumpliendo con normativas técnicas vigentes. El uso de metodologías como BIM permite optimizar los recursos y mejorar la eficiencia. Además, se fomenta una industrialización inclusiva al involucrar pymes locales en diversas fases del proyecto. En cuanto al ODS 11, el proyecto contribuye al desarrollo urbanístico del sector, impulsando mejoras en infraestructura y servicios básicos, promoviendo así ciudades más habitables y sostenibles. La localización estratégica incentiva el turismo residencial y atrae inversión pública y privada.

Respecto al ODS 8, la edificación generará empleos directos e indirectos y dinamizará la economía local al requerir servicios y productos de pequeñas empresas de la zona. Así, se estimula un crecimiento económico inclusivo y sostenible.

Dado que el proyecto involucra el uso de recursos naturales y la intervención física del terreno, resulta necesario evaluar su influencia sobre variables ambientales. En este sentido, la evaluación de impacto ambiental (EIA) representa una herramienta fundamental que permite anticipar, prevenir y mitigar los efectos negativos que una actividad puede generar sobre el medio ambiente (Perevochtchikova, 2013). Además, la EIA ofrece importantes ventajas como mejorar la planificación de los proyectos, garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental,

promover una cultura de sostenibilidad, proteger la salud de la población, y facilitar la aceptación social del proyecto mediante procesos participativos y transparentes.

4.2. Línea base ambiental

La línea de base ambiental se refiere a las condiciones ambientales del área actual de la zona de estudio antes de la ejecución del proyecto. Esto permitirá conocer el estado de los hábitats, ecosistemas, recursos naturales y su interrelación para evaluar posteriormente los impactos ambientales que pueden generarse y con ello su calidad ambiental (Ministerio de Ambiente, Agua y transición ecológica, 2022; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016).

4.2.1. Medio Natural

Medio físico – químico inerte

Clima. El clima de Salinas es tropical árido o desértico, con un periodo cálido y lluvioso en los meses de diciembre a mayo, y con un periodo seco entre junio y noviembre. Esto es debido a la corriente de Humboldt que pasa por la península, permitiendo que existan dos estaciones: lluviosa y seca (Henríquez, 2018).

Tabla 57

Descripción de factores climáticos

Variable Climática	Descripción	Referencia
Temperatura	Durante el año varía entre 17°C y 28°C durante el año. Puede descender hasta 16°C o superar los 30°C. Marzo es el mes más cálido (24–28°C), y agosto el más frío (17–21°C).	(PDOT, 2023; Weatherspark, n.d.)
Precipitación	Mayor entre enero y abril. Febrero tiene la mayor frecuencia de lluvias (12.9 días con ≥ 1 mm). Precipitación anual <500 mm. Entre julio y octubre predominan neblinas y garúas sin gran impacto en vegetación.	(PDOT, 2023; World Weather Online, n.d.)
Humedad Relativa	Promedio anual del 80%. Máxima en febrero y diciembre 85%, mínima en septiembre 77%.	(PDOT, 2023; Weather Atlas, n.d.)
Viento	Dominante del suroeste (SO), velocidad promedio 8–11 mph. Mayor intensidad en julio y noviembre. Datos según estación meteorológica del Aeropuerto General Ulpiano Páez.	(PDOT, 2023; Windfinder, n.d.)

Nota. Descripción de los factores ambientales climáticos más representativos del Cantón Salinas.

Atmósfera. Se refiere a las condiciones atmosféricas, es decir concentraciones de partículas de aire, focos de emisión de contaminantes, generación de ruido, entre otros.

Tabla 58

Descripción de factores atmosféricos

Variable Ambiental	Descripción	Referencia
Calidad del aire	En el cantón Salinas, los niveles de PM2.5 varían entre 11.1 y 13.8 µg/m³, y PM10 entre 16.5 y 20.5 µg/m³, lo que indica un riesgo bajo para la salud.	(Weather tomorrow, n.d.)
Confort sonoro	Debido al bajo desarrollo urbano en la zona, la generación de ruido es mínima. No se encontró información específica sobre niveles de ruido, pero los límites máximos permisibles se presentan en la Tabla 27.	(PDOT, 2023; TULSMA, 2003)

Nota. Descripción de los factores ambientales atmosféricos: calidad de aire y confort sonoro del Cantón Salinas.

Tabla 59

Límites de presión sonora

Tipo de Zona según uso de suelo	Límites de presión sonora equivalente NPS eq [Db (A)]	
	De 06H00 a 20H00	De 20H00 a 6H00
Zona hospitalaria y educativa	55	45
Zona Residencial	60	50
Zona Residencial Mixta	65	55
Zona Comercial	65	55
Zona Comercial mixta	70	60
Zona Industrial	75	65
Zonas de Preservación de Hábitat	60	50

Nota. Límites máximos de ruido permisible según uso de suelo. TULSMA Libro VI ANEXO 5

Tierra. A continuación, se presenta características del entorno físico de la zona de estudio.

Tabla 60

Descripción de factores del suelo

Aspecto	Descripción	Referencia
Geomorfología	El territorio del cantón Salinas se caracteriza por ser una extensa planicie sin accidentes orográficos importantes. Presenta pequeñas elevaciones como la Colina de Punta Carnero y el Cerro El Morro.	
Relieve	La puntilla se extiende aproximadamente 6.5 millas hacia el noroeste del cantón La Libertad, separando la Bahía de Santa Elena del Golfo de Guayaquil. La topografía es parcialmente plana y forma una meseta entre 10 y 20 metros.	(PDOT, 2023; Plan Uso de Suelo y Gestión de Suelo, 2021)
Geología	Destaca la formación geológica Cayo, compuesta por areniscas, chert y arcillas silicatadas, erosionadas por el oleaje en los acantilados de La Chokolatera. Los suelos coluviales presentan matriz limo-arenosa y pertenecen a los salórtidos del orden de los aridisoles, formados por depósitos marinos, fluvio-marinos y zonas salitrales.	

Nota. Descripción de los factores ambientales del suelo más representativos del Cantón Salinas.

Hidrología. El cantón Salinas está rodeado de variedad de playas. Además, cuenta con la represa Velasco Ibarra que funciona como humedal artificial de inundación temporal (PDOT, 2023). El sector Conchas Municipales, lugar donde se realizará el proyecto, se encuentra cercano a la playa Santa Rosa.

Medio físico – biótico (biológico)

Vegetación. En el cantón existen varias especies como *Cordia lutea* (muyuyo) y *Cryptocarpus pyriformis*, así como arbustos achaparrados de 2 a 4 m de alto, herbáceas rastreras o trepadoras, *Bursera graveolens* (palo santo), *Loxotrigium huasango* (guazango), *Libidia corymbosa* (cascol), *Tamarindus* (tamarindo), arbustos como el “muyumuyu” *Cordia lutea* y el “barbasco” *Jacquinia pubescens*. En la reserva REMACOPSE existen 28 especies de flora, pertenecientes a 25 géneros y 17 familias. La familia con más especie es la Fabaceae con 4 registros. Boraginaceae y Convolvulaceae registran 3 especies cada una, Malvaceae y Poaceae registran 2 especies cada una. No se registró especie endémica en la zona (Ministerio de Ambiente y Agua, 2020; PDOT, 2023).

Fauna. La fauna del cantón Salinas está compuesta por una gran diversidad de especies, destacando a las aves migratorias, pero también se encuentran mamíferos y reptiles como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 61

Descripción de la fauna y el espacio ecológico del Cantón Salinas

Aspecto	Descripción	Referencia
Especies marinas	Lobo fino de dos pelos de Galápagos (<i>Arctocephalus galapagoensis</i>), Ballena jorobada (<i>Megaptera novaeangliae</i>), Tortuga verde (<i>Chelonia mydas</i>), Camarón langostino (<i>Macrobrachium tenellun</i>), Dorado (<i>Coryphaena hippurus</i>).	
Especies terrestres	Murciélago (<i>Desmodus rotundus</i>), Zarigüeya (<i>Didelphys marsupialis</i>), Lagartija (<i>Microlophus occipitalis</i>), Iguana (<i>Iguana iguana</i>), Tortuga golfina (<i>Lepidochelys olivacea</i>).	
Especies de aves	Pelícano peruano (<i>Pelecanus thagus</i>), Albatros de Galápagos (<i>Phoebastria irrorata</i>), Espátula rosada (<i>Ajaia ajaia</i>), Gaviotín Inca (<i>Larosterna inca</i>), Garza blanca (<i>Ardea alba</i>).	(Ministerio de Ambiente y Agua, 2020; PDOT, 2023)
Espacios ecológicos	En la zona de estudio no existen áreas declaradas de preservación de biodiversidad, sin embargo, se presentan zonas de preservación cercanas: la Reserva Marino Costera Puntilla de Santa Elena, que protege hábitats marinos; los Manglares de Santa Rosa, vitales para la fauna costera; el Humedal artificial Velasco Ibarra, importante para aves migratorias, y la Playa de Santa Rosa por su biodiversidad y valor turístico.	

Nota. Descripción de las especies marinas, terrestres, avifauna y espacios ecológicos más representativos del Cantón Salinas.

Paisaje. Específicamente en la zona predomina un paisaje plano, y cuenta con una playa cercana (Playa Santa Rosa). Se puede observar que el suelo está antropizado, producto de construcciones de viviendas que se han desarrollado en la localidad. Se puede observar la puntilla de Santa Elena desde este sitio, así como la arena y el horizonte del mar. Se observa un ambiente armónico, y relajante.

4.2.2. Medio humano

La información proporcionada en esta sección es basada de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022) y el PDOT 2023-2027.

Tabla 62

Descripción del Medio económico productivo

Aspecto	Descripción	Referencia
Economía	El cantón Salinas cuenta con una PEA de 61,849 personas, de las cuales el 42.32% se ubica en zonas urbanas y el 57.68% en zonas rurales, lo que muestra una alta participación en actividades económicas fuera del entorno urbano.	INEC, 2022 PDOT
Empleo	La tasa de empleo bruto en la provincia de Santa Elena se redujo del 56.2% al 52% en el año 2022, lo que representa una disminución de 4.2 puntos porcentuales. Esto sitúa a la provincia por debajo del promedio nacional en términos de empleo formal.	INEC, 2022

Actividades económicas	En el sector primario, destacan la pesca y la acuicultura con 4,109 personas. En el sector secundario, la construcción involucra al 9.45% de la PEA. El sector terciario representa el 62.13% del total, siendo liderado por comercio (16.47%), servicios de alojamiento y comida (7.46%) y administración pública (7.09%).	INEC, 2022
-------------------------------	---	------------

Nota. Descripción del medio económico productivo: economía, empleo y actividad económica del Cantón Salinas.

Medio sociocultural.

Tabla 63

Descripción del medio sociocultural

Aspecto	Descripción	Referencia
Demografía y población	El cantón Salinas tiene una población total de 86,801 habitantes. El 40.40% reside en zonas urbanas y el 59.60% en zonas rurales. El 91.4% de la población provincial se identifica como mestiza. El crecimiento poblacional fue del 2.03% al 27.58% entre 2010 y 2022.	(INEC, 2022; PDOT, 2023)
Educación	Hay 46 unidades educativas en todo el cantón. De ellas, 21 están ubicadas en la cabecera cantonal, 21 en José Luis Tamayo y 4 en Anconcito.	(Directorio Educativo, n.d.; PDOT, 2023)
Salud	El cantón cuenta con 9 edificaciones de salud pública: 3 hospitales básicos y 5 centros de salud.	(PDOT, 2023)

Nota. Descripción del medio sociocultural: demografía y población, educación y salud del Cantón Salinas.

4.3. Actividades del proyecto

Para este proyecto se han considerado tres fases clave del ciclo de vida de la edificación: construcción, operación y abandono. En cada una de estas etapas se identificaron las acciones más relevantes que son susceptibles de generar impactos ambientales. Esta identificación permite describir las actividades, especialmente considerando que el proyecto se desarrolla en una zona costera.

A continuación, se detallan las principales acciones constructivas y sus descripciones.

Tabla 64

Tabla de descripción de actividades en la Fase de Construcción del Edificio en Zona Costera

CONSTRUCCION		
PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
MOVIMIENTO DEL TERRENO	Desbroce del terreno	- Remoción de vegetación.
	Nivelación y compactación del terreno	- Influencia en la morfología del terreno - Compactación del suelo - Uso de maquinaria pesada.
	Transporte de escombros	- Traslado de materiales de desecho desde el sitio de obra hacia lugares de disposición.
GESTIÓN DE RESIDUOS	Disposición final en botaderos autorizados	- Descarga de residuos de construcción.
OBRA CIVIL	Encofrado de elementos estructurales	- Colocación de moldes (madera o metálicos) para formar zapatas, vigas, columnas y losas.

	Vertido de hormigón	- Colocación de mezcla de concreto en elementos estructurales.
	Curado de hormigón	- Aplicación de agua o productos para conservar la humedad del concreto durante su fraguado.
MAMPOSTERÍA	Construcción de muros de mampostería	- Levantamiento de muros.
INSTALACIONES	Instalación de tuberías (AAPP, AASS, AALL, SCI, Eléctrico, Climatización)	- Montaje de sistemas de agua potable, aguas servidas, aguas lluvias, contra incendios, eléctricos y climatización.
	Colocación de pisos	- Instalación de revestimientos cerámicos o similares en superficies horizontales.
ACABADOS	Empaste de muros de mampostería	- Aplicación de mezclas para alisar las superficies de los muros.
	Pintado de muros de mampostería	- Aplicación de pintura en superficies interiores y exteriores.
	Instalación de puertas y ventanas	- Colocación de cerramientos.
URBANIZACIÓN EXTERIOR	Pavimentación de acceso y áreas comunes	- Colocación de capas de rodadura o adoquines para vías y espacios compartidos.
	Plantación de áreas verdes	- Siembra de césped, plantas ornamentales y árboles en espacios designados.
MOVIMIENTO DE MAQUINARIA	Ingreso y salida de maquinaria	- Desplazamiento de equipos pesados dentro y fuera del sitio de obra.

Nota. La tabla identifica las actividades desarrolladas durante la fase de construcción del proyecto.

Durante la operación del edificio, el uso cotidiano de recursos como agua y energía, así como la generación de residuos. La siguiente tabla presenta las acciones operativas más significativas.

Tabla 65

Tabla de descripción de actividades en la Fase de Operación del Edificio en Zona Costera

OPERACIÓN		
PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
GESTIÓN DE RESIDUOS	Clasificación, almacenamiento y disposición de residuos	- Separación de desechos en categorías, su almacenamiento temporal y posterior entrega a sistemas de recolección.
	Uso de electrodomésticos e iluminación	- Operación continua de equipos eléctricos como refrigeradoras, aires acondicionados, y sistemas de iluminación.
CONSUMO DE AGUA	Uso de agua en baños, lavandería, cocina y zonas comunes	- Utilización de agua potable para actividades domésticas, sanitarias y de limpieza de áreas comunes.
MANTENIMIENTO GENERAL	Mantenimiento de acabados (pinturas, solventes, químicos)	- Aplicación de productos químicos en paredes, superficies y estructuras para conservar la estética del lugar.
	Mantenimiento estructural	- Reparación de elementos constructivos como muros, techos o pisos que presenten desgaste o daño.
	Mantenimiento de equipos eléctricos	- Revisión y reparación de sistemas eléctricos y electrodomésticos para garantizar su funcionamiento.

MANEJO DE ÁREAS VERDES	Uso de fertilizantes y pesticidas	- Aplicación de productos para el control de plagas y nutrición del césped y plantas ornamentales.
GESTION ADMINISTRATIVA Y OPERACIONAL	Servicios del personal administrativo y operacional	- Trabajo del personal administrativo, recepcionistas, personal de limpieza
RUIDOS Y MOLESTIAS	Desarrollo de actividades internas o eventos	- Realización de actividades sociales o recreativas que pueden generar ruido, tránsito y concentración de personas.
ACTIVIDADES RESIDENCIALES Y TURÍSTICAS	Uso de transporte, excursiones y servicios en zonas costeras	- Desplazamientos dentro y fuera del sitio mediante vehículos, así como participación en actividades turísticas.

Nota. La tabla identifica las actividades desarrolladas durante la fase de operación del edificio.

La etapa de abandono implica el desmantelamiento de las estructuras y el retiro de equipos y materiales. La siguiente tabla resume las actividades críticas de esta fase.

Tabla 66

Tabla de descripción de actividades en la Fase de Abandono del Edificio en Zona Costera

ABANDONO		
PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
DESMANTELA- MIENTO Y DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	Retiro de puertas, ventanas y elementos reutilizables	- Actividad que implica el desmontaje de elementos no estructurales con potencial de reutilización, generando residuos que requieren clasificación.
	Derribo de elementos estructurales (muros, losas, techos)	- Actividad que requiere maquinaria o herramientas para demoler estructuras principales.

GESTIÓN DE RESIDUOS	Separación de escombros y clasificación de materiales	- Actividad enfocada en segregar materiales aprovechables de los escombros para su reciclaje.
	Transporte de escombros	- Consiste en la carga y movilización de residuos hacia sitios de disposición o tratamiento.
	Disposición final de residuos	- Entrega de escombros en sitios regulados. - Exige control para evitar la saturación de los botaderos
	Reciclaje de piezas de acero	- Clasificación y envío de materiales metálicos reutilizables para reciclaje
	Manejo y disposición de residuos peligrosos (aceites, pinturas, etc.)	- Identificación, almacenamiento y envío de sustancias tóxicas a gestores autorizados.
TRANSPORTE DE MAQUINARIA	Salida de maquinaria y cierre de accesos al sitio	- Movimiento de equipos hacia su lugar de almacenamiento o nuevo destino.

Nota. La tabla identifica las actividades desarrolladas durante la fase de abandono del edificio.

4.4. Identificación de impactos ambientales

En esta sección se identifican los impactos ambientales potenciales del proyecto, lo cual permite conocer las posibles alteraciones que la ejecución del proyecto podría causar en un entorno real. Para ello se analizaron todas las etapas del ciclo de vida del edificio, incluyendo la fase de instalación, operación y abandono. No obstante, para efectos de ejemplificación, a continuación, se presenta la Tabla 6767 correspondiente a la etapa de construcción, por ser la más representativa en cuanto a la generación de impactos.

Tabla 67

Tabla de Evaluación de Impactos Ambientales en la Fase de Construcción

CONSTRUCCION		
PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
MOVIMIENTO DEL TERRENO	Desbroce del terreno	- Alteración del paisaje - Pérdida de vegetación y fauna local
	Nivelación y compactación del terreno	- Contaminación del suelo - Aumento de partículas en el aire
GESTIÓN DE RESIDUOS	Transporte de escombros	- Emisiones atmosféricas - Generación de residuos sólidos
	Disposición final en botaderos autorizados	- Riesgo de contaminación de cuerpos de agua por manejo inadecuado de materiales
OBRA CIVIL	Encofrado de elementos estructurales	- Riesgo de contaminación del suelo y agua por residuos no gestionados correctamente
	Vertido de hormigón	- Agotamiento de recursos naturales - Generación de residuos
	Curado de hormigón	- Incremento en la huella hídrica y huella de carbono del proyecto
MAMPOSTERÍA	Construcción de muros de mampostería	- Emisiones por transporte
INSTALACIONES	Instalación de tuberías (AAPP, AASS, AALL, SCI, Eléctrico, Climatización)	- Posible afectación del suelo y generación de residuos si no hay control adecuado

ACABADOS	Colocación de pisos	- Generación de residuos
	Empaste de muros de mampostería	- Generación de polvos
	Pintado de muros de mampostería	- Emisiones de COVs (compuestos orgánicos volátiles)
	Instalación de puertas y ventanas	- Generación de residuos domésticos e industriales livianos
URBANIZACIÓN EXTERIOR	Pavimentación de acceso y áreas comunes	- Disminuye la capacidad de infiltración del suelo - Aumenta la escorrentía contaminada - Cambia la percepción paisajística del entorno.
	Plantación de áreas verdes	- Si se introducen especies no nativas - Se usan fertilizantes/pesticidas que puede generar contaminación del suelo o cuerpos de agua.
MOVIMIENTO DE MAQUINARIA	Ingreso y salida de maquinaria	- Produce emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación sonora y polvo

Nota. La tabla identifica los impactos ambientales asociados a las actividades desarrolladas durante la fase de construcción del proyecto.

Una vez definido los posibles impactos que genera cada actividad se empleará la matriz Causa -Efecto de Leopold, cuya metodología describe las interacciones entre las actividades de cada proceso y los factores ambientales, que serán susceptibles a ser alterados. Su análisis se basa en juicios de valor por parte del especialista (Verd, 2000). Esta metodología es útil para la valoración de los impactos ambientales que se realizará en la siguiente sección.

Los impactos de cada actividad fueron evaluados empleando un rango del 1 al 10 para la magnitud de su efecto sobre las variables ambientales, considerando que estos pueden ser

positivos o negativos, este valor es colocado sobre la zona superior izquierda de cada casilla (Tabla 688). A diferencia de la zona inferior derecha, que presenta la importancia de cada actividad en un rango del 1 al 10 como lo menciona Herrera Pacheco, 2024 (**Tabla 69**). Cabe mencionar que los cuadros vacíos representan aquellas actividades cuyo impacto no afecta a los factores ambientales.

Tabla 68

Valores sugeridos de la Matriz de Leopold -Magnitud

Intensidad	Efecto	Calificación
Bajo	Bajo	(+/-)1
Bajo	Medio	(+/-)2
Bajo	Alto	(+/-)3
Medio	Bajo	(+/-)4
Medio	Medio	(+/-)5
Medio	Alto	(+/-)6
Alto	Bajo	(+/-)7
Alto	Medio	(+/-)8
Alto	Alto	(+/-)9
Muy Alto	Alto	(+/-)10

Nota. Fuente: Herrera Campuzano & Pacheco Bustos, 2024.

Tabla 69*Valores sugeridos de la Matriz de Leopold -Importancia*

Duración	Influencia	Calificación
Temporal	Puntual	1
Medio	Puntual	2
Permanente	Puntual	3
Temporal	Local	4
Medio	Local	5
Permanente	Local	6
Temporal	Regional	7
Medio	Regional	8
Permanente	Regional	9
Permanente	Nacional	10

Nota. Fuente: Herrera Campuzano & Pacheco Bustos, 2024.

En la Figura 58, se visualiza el número de impactos positivos, negativos y totales por cada acción evaluada de la fase de funcionamiento. En la Figura 599, se encuentran aquellos impactos de la fase de operación y finalmente en la Figura 6060, se muestran los impactos de la fase de abandono. En total se encontraron 594 impactos, de los cuales 158 fueron positivos y 436 negativos. De esta matriz se pudo obtener que los factores ambientales con mayor posibilidad de afectaciones negativas fueron las especies terrestres en relación con la fauna (impactadas por 26 actividades), seguido del confort sonoro con 25 actividades, y la vegetación con 23 actividades. Aquellos factores son perjudicados principalmente debido al desbroce, nivelación / compactación, vertido de hormigón e ingreso y salida de maquinaria en la etapa de construcción.

Otro factor evaluado fue la calidad paisajística con 24 actividades que causan impacto. Esto se debe debido a que el entorno se encuentra bien susceptible a ser alterado por la

construcción del edificio en sí, involucrando un daño en la calidad paisajística y visibilidad de la zona. La calidad del aire también se ve afectada porque en la construcción y demolición se generan residuos de polvos, e incluso emisiones de gases y partículas de CO₂ y NO que alteran la calidad atmosférica del sitio de manera negativa.

Sin embargo, la matriz de Leopold también muestra los impactos positivos que genera el desarrollo del proyecto en la zona, en este caso sobre factores como la economía, empleo y las actividades económicas de la zona, que se ve reflejado mayormente en la fase constructiva y operacional del edificio.

Figura 58

Matriz de Leopold en la Fase de Construcción

ACCIONES DEL PROYECTO QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES				MATRIZ DE LEOPOLD															
				FASE DE CONSTRUCCIÓN															
				MOVIMIENTO DEL TERRENO		GESTIÓN DE RESIDUOS	OBRA CIVIL			MAMPOSTERÍA	INSTALACION	ACABADO				URBANIZACIÓN EXTERIOR		MAQUINARIA	
				Desbroce del terreno	Nivelación y compactación del terreno	Transporte y disposición de escombros	Encofrado de elementos estructurales: Zapatas, Vigas, Columnas, Losas	Vertido de hormigón	Curado de hormigón	Construcción de muros de mampostería	Instalación de tuberías AAP, AASS, AALL, SCI, Eléctrico, Climatización	Colocación de pisos	Empaste de muros de mampostería	Pintado de muros de mampostería	Instalación de puertas y ventanas	Pavimentación de acceso y áreas comunes	Plantación de áreas verdes	Ingreso y salida de maquinaria	
MAGNITUD / IMPORTANCIA				-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
				-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
MEDIO NATURAL	MEDIO FÍSICO-QUÍMICO INERTE	Clima.	Temperatura	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
			Precipitación	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
			Humedad	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
		Atmósfera	Viento	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5
			Calidad de aire	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5	-9	5
			Confort sonoro	-5	5	-3	5	-1	5	-1	5	-1	5	-2	5	-3	5	-2	5
		Tierra	Geomorfología	-1	2	-3	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2
			Relieve	-1	2	-3	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2
			Geología	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2
	MEDIO FÍSICO-QUÍMICO INERTE	Agua	Calidad de agua superficial (playas)	-9	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
			Diversidad de especies	-9	3	-9	3	-1	3	-1	3	-1	3	-1	3	-1	3	-1	3
			Especies endémicas	-1	3	-1	3	-1	3	-1	3	-1	3	-1	3	-1	3	-1	3
		Fauna	Especies marinas	-9	1	-9	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
			Especies terrestres	-1	3	-1	3	-1	1	-1	3	-1	1	-1	3	-1	1	-1	3
			Avifauna	-1	3	-1	3	-1	1	-1	3	-1	1	-1	3	-1	1	-1	3
		Ecología	Especies protegidas y en peligro	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
			Especies de interés ecológico	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
			Calidad paisajística	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
MEDIO HUMANO	SOCIOECONÓMICO	Paisaje	Visibilidad	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
			Fragilidad	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
			Economía local	4	1	5	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1
		Económico	Generación de Empleo	5	4	5	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4
			Actividades económicas (Turismo)	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
			Demografía y Población	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Sociocultural	Educación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Salud	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	
		Usos de territorio	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	
	Impactos positivos				5	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	
	Impactos negativos				19	5	16	5	15	5	14	5	13	5	12	5	11	5	
	Total de Impactos				24	6	22	6	21	6	20	6	19	6	18	6	17	6	

Nota. Matriz Causa Efecto de Leopold considerando la magnitud e importancia de cada actividad y su efecto en cada variable ambiental del medio natural y humano.

Figura 59

Matriz de Leopold en la Fase de Operación

MATRIZ DE LEOPOLD				MATRIZ DE LEOPOLD											
ACCIONES DEL PROYECTO QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES				FASE DE OPERACIÓN											
				GESTION RESIDUOS	CONSUMO DE ENERGÍA Y AGUA		MANTENIMIENTO			AREA VERDE	GESTION ADMINISTRATIVA	RUIDO Y MOLESTIAS	ACT. RESIDENCIAL TURISTICA		
MAGNITUD / IMPORTANCIA				Clasificación, almacenamiento y disposición de residuos	Uso de electrodomésticos e iluminación	Uso de agua en baños, lavandería, cocina y zonas comunes	Mantenimiento de acabados: Uso de pinturas, solventes y productos químicos	Mantenimiento estructural	Mantenimiento de equipos eléctricos	Uso de fertilizantes y pesticidas	Servicios del personal administrativo y operacional	Desarrollo de actividades internas o eventos	Uso de transporte, excursiones y servicios en zonas costeras		
				VARIABLES AMBIENTALES QUE PUEDEN SUFRIR ALTERACIONES											
MEDIO NATURAL	MEDIO FÍSICO-QUÍMICO INERTE	Clima.	Temperatura	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	
			Precipitación	-1	1		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	
			Humedad	-1	1		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	
			Viento	-2	1		-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	
		Atmósfera	Calidad de aire	-6	5		-6	5	-3	5	-3	5	-6	5	
			Confort sonoro	-3	5	-3	5	-3	5	-3	5		-9	-3	
			Geomorfología	-2	2		4	-3	5	-1	2	2	-1	2	
		Tierra	Relieve	-2	2		-1	2	-1	2	2	-1	2	-1	
			Geología	-1	2		-1	2	-1	2	2	-3	2	-1	
	Agua		-4	2		-6	-3	2	2	-1	-1	-6	2		
	MEDIO FÍSICO-QUÍMICO VIVO	Calidad de agua superficial (playas)	-2	5		8	-3	6	-1	1	1	-6	8	-3	
		Vegetación	Diversidad de especies	-2	2	-1		-1	1	-1	1	1	6	5	-2
			Especies endémicas	-1	2	1		-2	5	-1	1	-1	1	-6	
		Fauna	Especies marinas	-2	1	-1	1	-2	5	-1	1	-1	1	-6	-6
			Especies terrestres	-2	2	-3	4	-2	2	-2	4	-1	1	-1	-2
			Avifauna	-4	4	-3	4	-3	4	-2	4	-1	1	-1	-2
			Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
		Ecología	Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
Especies protegidas y en peligro				4	4			4	-1	1	1				
Especies protegidas y en peligro			4	4			4	-1	1	1					
Paisaje	Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1					
	Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1					
	Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1					
MEDIO HUMANO	SOCIOECONÓMICO	Económico	Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
			Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
			Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
		Sociocultural	Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
			Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
			Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
	USOS DEL TERRENO		Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
			Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
			Especies protegidas y en peligro		4	4			4	-1	1	1			
Impactos positivos			5	2	1	4	2	2	7	5	3	5			
Impactos negativos			19	10	10	20	22	17	15	1	4	18			
Total de Impactos			24	12	11	24	24	19	22	6	7	23			

Nota. Matriz Causa Efecto de Leopold considerando la magnitud e importancia de cada actividad y su efecto en cada variable ambiental del medio natural y humano.

Figura 60

Matriz de Leopold en la Fase de Abandono

MATRIZ DE LEOPOLD				MATRIZ DE LEOPOLD										
ACCIONES DEL PROYECTO QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES				FASE DE ABANDONO										
				DESMANTELAMIENTYO Y DEMOLICIÓN		GESTIÓN DE RESIDUOS					TRANSPORTE MAQUINARIA			
				Retiro de puertas, ventanas y elementos reutilizables	Derribo de elementos estructurales (muros, losas, techos)	Separación de escombros y clasificación de materiales	Transporte de escombros	Reciclaje de piezas de acero reutilizables	Manejo y disposición de residuos peligrosos (aceites, pinturas, etc.)	Salida de maquinaria y cierre de accesos al sitio				
MAGNITUD / IMPORTANCIA														
VARIABLES AMBIENTALES QUE PUEDEN SUFRIR ALTERACIONES														
MEDIO NATURAL	MEDIO FÍSICO-QUÍMICO INERTE	Clima.	Temperatura											
			Precipitación											
			Humedad											
			Viento											
		Atmósfera	Calidad de aire											
			Confort sonoro											
		Tierra	Geomorfología											
			Relieve											
			Geología											
		Agua	Calidad de agua superficial (playas)											
		MEDIO FÍSICO-QUÍMICO INERTE	Vegetación	Diversidad de especies										
	Especies endémicas													
	Fauna		Especies marinas											
			Especies terrestres											
			Avifauna											
			Especies protegidas y en peligro											
	Ecología		Espacios de interes ecológico											
	Paisaje		Calidad paisajística											
			Visibilidad											
			Fragilidad											
	MEDIO HUMANO	SOCIOECONÓMICO	Económico	Economía local										
Generación de Empleo														
Actividades económicas (Turismo)														
Sociocultural			Demografía y Población											
			Educación											
			Salud											
		Usos de terretorio												
Impactos positivos			3	3	4	5	4	2	2			158		
Impactos negativos			7	19	19	18	7	22	22			436		
Total de Impactos			10	22	23	23	11	24	24			594		

Nota. Matriz Causa Efecto de Leopold considerando la magnitud e importancia de cada actividad y su efecto en cada variable ambiental del medio natural y humano.

4.5. Valoración de impactos ambientales

Una vez que se haya realizado la matriz de Leopold e identificado el número de impactos positivos y negativos más relevantes, se realiza la valoración de cada actividad, considerando la ecuación 4.1 de Tito.

$$IA = \sqrt{Importancia * |Magnitud|} \quad (4.1)$$

Además, en base a la escala de valoración de la tabla 70 de Tito, se evalúa el grado de impacto con respecto a cada una de las acciones consideradas.

Tabla 70

Escala de Valoración Ambiental cualitativa

Clasificación De Impacto Ambiental	Índice De Impacto Ambiental (IA)
Altamente significativo	$ IA \geq 6,50$
Significativo	$6,50 > IA \geq 4,50$
Despreciable	$ IA < 4,50$
Benéfico	$IA > 0$

Nota. Escala de Valoración ambiental según (Tito, 2021)

Entonces, se obtiene que, en la fase de construcción (Figura 61), el factor “Calidad paisajística” tiene un índice de impacto ambiental (IA) de 6.71, lo cual es mayor a 6.50 por lo que se considera *altamente significativo*. El factor “Especies terrestres” y “Diversidad de especies” genera un impacto *significativo* porque esta alterado por el desbroce, nivelación del terreno y pavimentación de áreas comunes, lo cual puede generar que exista una pérdida de fauna local y de vegetación. El ingreso y salida de maquinaria también afecta negativamente a las especies terrestres, pero se considera *despreciable* por ser menor a 4.50.

Adicional a las actividades mencionadas, el transporte de escombros también perjudica la calidad de aire y es *altamente significativo*, puesto que en esta fase se generan residuos de polvos por el movimiento de tierra, así como gases y partículas de CO₂, y NO en la atmósfera debido a las emisiones que son causadas por el movimiento de maquinaria y el uso propio del hormigón. El confort sonoro también es un factor afectado *altamente significativo*, por la generación del ruido de las maquinarias de construcción. En cambio, la plantación de áreas verdes afecta *significativamente* a la vegetación de la zona y a la calidad del aire puesto que es *beneficioso* y aumenta la diversidad de plantas, árboles o arbustos y por ende la fertilidad del suelo generando también una mejora en la calidad paisajística.

En la fase de operación (Figura 62) el factor “Uso de fertilizantes” afecta positivamente a la diversidad de especies de flora y a la calidad paisajística con un IA de 5.48 ubicándolo como impacto *significativo* positivo si es usado de manera controlada, ya que aporta con el crecimiento de las plantas y mejora el aspecto visual del edificio. Así mismo, el funcionamiento del hotel requiere del servicio del personal administrativo, de recepcionistas, y personal de mantenimiento, generando un impacto beneficioso *altamente significativo* ya que se generan empleos en la localidad, e incrementan las actividades económicas como el comercio, y servicios en zonas costeras relacionadas con el turismo.

Por otro lado, el desarrollo de actividades, como eventos, o reuniones de los huéspedes puede generar ruido que puede tornarse *significativo* dependiendo de la época. Como se puede observar dentro de esta fase si existen afectaciones negativas, sin embargo, de acuerdo con la tabla 70, se caracterizan por ser *despreciables*.

La fase de abandono también presenta implicaciones ambientales, es por ello que es importante tomarla en cuenta a pesar de que sea el ciclo final del edificio. En este caso, el área se verá afectada principalmente por el manejo y disposición de residuos peligrosos, así como la

entrada y salida de la maquinaria para el cierre de acceso causando un impacto *significativo* en las especies terrestres. Así como en la fase de construcción, la calidad de aire, el confort sonoro y la calidad paisajística causan también impactos altamente significativos. Y, por último, como se requiere de personal que realice el trabajo en esta fase, se generarán empleos y con ello también se mejorara la economía local, aunque es en menor medida que en la fase de operación.

Figura 61

Valoración ambiental en la fase de construcción

ACCIONES DEL PROYECTO QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES	FASE DE CONSTRUCCIÓN															
	MOVIMIENTO DEL TERRENO		GESTIÓN DE	OBRA CIVIL			MAMPOSTERÍA	STALACIA	ACABADO				URBANIZACIÓN EXTERIOR		MAQUINARIA	
	Desbroce del terreno	Nivelación y compactación del terreno	Transporte y disposición de escombros	Encofrado de elementos estructurales: Zapatas, Vigas, Columnas, Losas	Vertido de hormigón	Curado de hormigón	Construcción de muros de mampostería	Instalación de tuberías AAPP, AASS, AALL, SCI, Eléctrico, Climatización	Colocación de pisos	Empaste de muros de mampostería	Pintado de muros de mampostería	Instalación de puertas y ventanas	Pavimentación de acceso y áreas comunes	Plantación de áreas verdes	Ingreso y salida de maquinaria	
VARIABLES AMBIENTALES QUE PUEDEN SUFRIR ALTERACIONES	Especies terrestres	-5,20	-5,20	-2,45	-1,00	-3,87	-1,00	-1,00	-1,00	-1,73	-1,73	-1,00	-4,90	3,00	-4,47	
	Diversidad de especies	-5,20	-5,20	-1,73	-1,73	-3,87	-1,73	-1,73		-1,73	-3,00		-4,24	5,20	-1,00	
	Confort sonoro	-6,71	-6,71	-6,71	-5,00	-4,47		-4,47	-2,24			-3,16	-3,16		-6,71	
	Calidad de aire	-6,71	-6,71	-6,71	-5,92	-6,71	-1,73	-2,24	0,00	0,00	-2,24	-3,87	0,00	-5,48	3,46	-6,71
	Calidad paisajística	-1,00	-1,00	-1,00	-6,71	-6,71	-6,71	-5,92	0,00	0,00	-1,00	-5,48	-2,00	-4,90	6,71	-3,46
	Economía local	4,00	4,47	4,47	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	3,46
	Generación de Empleo	4,47	4,47	4,47	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	2,83
	Actividades económicas (Turismo)	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	-1,00

Nota. Color amarillo oscuro: Altamente significativo – Color amarillo claro: Significativo – Color beige claro: Despreciable.

Figura 62

Valoración ambiental en la fase de operación

VARIABLES AMBIENTALES QUE PUEDEN SUFRIR ALTERACIONES	ACCIONES DEL PROYECTO QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES	FASE DE OPERACIÓN									
		GESTION RESIDUO	CONSUMO DE ENERGÍA Y AGUA		MANTENIMIENTO			AREA VERDE	GESTION ADMINISTR	RUIDO Y MOLESTI	ACT. RESIDEN
		Clasificación, almacenamiento y disposición de residuos	Uso de electrodomésticos e iluminación	Uso de agua en baños, lavandería, cocina y zonas comunes	Mantenimiento de acabados: Uso de pinturas, solventes y productos químicos	Mantenimiento estructural	Mantenimiento de equipos eléctricos	Uso de fertilizantes y pesticidas	Servicios del personal administrativo y operacional	Desarrollo de actividades internas o eventos	Uso de transporte, excursiones y servicios en zonas costeras
Especies terrestres	-2,00	-3,46		-2,00	-2,83	-1,00	-1,00			-2,83	
Diversidad de especies	-2,00	-1,00		-1,00	-1,00	-1,00	5,48			-2,83	
Confort sonoro	-3,87	-3,46	-3,87	-3,16	-3,87	-2,45			-6,00	-3,46	
Calidad de aire	-5,48	0,00	0,00	-5,48	-3,87	-2,24	-5,48	0,00	0,00	-3,46	
Calidad paisajística	-1,41	0,00	0,00	-1,00	-2,45	-1,00	5,48	0,00	0,00	-2,00	
Economía local	4,00	-1,00	-1,00	3,46	3,46	1,73	3,46	6,71	4,00	3,46	
Generación de Empleo	4,47	-1,00	-2,00	4,47	4,47	4,47	4,47	6,71	4,47	4,47	
Actividades económicas (Turismo)	2,00	1,00	-1,00	2,00	-2,00	-1,00	-1,00	6,71	2,83	4,47	

Nota. Color amarillo oscuro: Altamente significativo – Color amarillo claro: Significativo – Color beige claro: Despreciable.

Figura 63

Valoración ambiental en la fase de abandono

ACCIONES DEL PROYECTO QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES	FASE DE ABANDONO						
	DESMANTELAMIENTO Y DEMOLICIÓN		GESTIÓN DE RESIDUOS				TRANSPORTE
	Retiro de puertas, ventanas y elementos reutilizables	Derribo de elementos estructurales (muros, losas, techos)	Separación de escombros y clasificación de materiales	Transporte de escombros	Reciclaje de piezas de acero reutilizables	Manejo y disposición de residuos peligrosos (aceites, pinturas, etc.)	Salida de maquinaria y cierre de accesos al sitio
Especies terrestres		-1,00	-3,46	-1,00		-5,48	-4,90
Diversidad de especies		-1,00	-1,00	-1,00		-3,46	-1,00
Confort sonoro	-3,87	-6,71	-5,92	-6,71	-1,41	-2,24	-6,71
Calidad de aire	0,00	-6,71	-6,71	-6,71	4,47	-5,48	-6,71
Calidad paisajística	-1,41	-6,71	-3,46	-6,71	-1,00	-1,00	-6,71
Economía local	3,46	3,46	3,46	3,46	4,90	3,46	3,46
Generación de Empleo	3,46	4,90	4,00	2,83	4,00	2,83	2,83
Actividades económicas (Turismo)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

Nota. Color amarillo oscuro: Altamente significativo – Color amarillo claro: Significativo – Color beige claro: Despreciable.

Por todo lo expuesto anteriormente, se tiene que los impactos ambientales altamente significativos son:

Negativos: Confort sonoro, Calidad de aire, Calidad paisajística

Positivos: Economía local, Generación de empleo y Actividades económicas.

A pesar de que las especies terrestres (fauna) y la diversidad de especies (flora) no están dentro de esta categoría, es importante poder implementar medidas de control preventivas y correctivas para garantizar que estos impactos se mantengan dentro de un rango aceptable.

4.6. Medidas de prevención/mitigación

En esta sección se presentan las medidas propuestas para tratar los principales impactos negativos identificados en las fases de construcción, operación y abandono del edificio costero. Se discute la viabilidad, conveniencia, posible obligatoriedad normativa y casos en que las medidas podrían ser impracticables, siguiendo enfoques consolidados en planes de manejo ambiental para zonas costeras. Las disposiciones están organizadas por fase del proyecto para facilitar su implementación y monitoreo.

Tabla 71

Medidas de Prevención/Mitigación en fase de construcción

FASE DE CONSTRUCCIÓN		
Impacto Ambiental	Medidas de Prevención/Mitigación	Aplicabilidad
Especies terrestres (fauna)	- Delimitar las zonas de intervención para evitar afectar hábitats innecesarios. - Reubicar o asegurarse de desalojar la fauna silvestre presente durante el desbroce, con apoyo de técnicos en biodiversidad. - Evitar trabajos nocturnos que afectan la fauna activa. - Capacitar al personal sobre protección de fauna.	Conveniente y frecuentemente requerida en proyectos
Diversidad de especies (flora)	- Usar especies nativas en áreas verdes. - Evitar el uso de herbicidas químicos y fomentar métodos manuales o ecológicos. - Implementar una reforestación compensatoria.	Propuesto por la normativa ambiental ecuatoriana
Calidad paisajística, visibilidad y fragilidad del paisaje	- Conservar vegetación periférica o de borde como pantalla visual. - Diseñar el edificio con colores y formas que armonicen con el entorno costero. - Volver a arbolear zonas intervenidas.	Muy recomendada en entornos turísticos
Confort sonoro	- Instalar barreras físicas temporales (como paneles acústicos o vegetación densa) entre el sitio de obra y las áreas habitadas. - Limitar las labores ruidosas a horarios laborales diurnos. - Evitar actividades durante días festivos o fines de semana.	Obligatoria en zonas urbanas y/o turísticas

-
- Monitorear periódicamente los niveles de ruido.

Calidad de aire	- Dar mantenimiento periódico a maquinaria pesada para reducir emisiones. - Fomentar el uso compartido de transporte para trabajadores. - Usar maquinaria moderna con menores emisiones o certificación ambiental. - Optimizar la logística para reducir desplazamientos innecesarios.	Requerida y conveniente económicamente
------------------------	---	--

Nota. La tabla identifica las medidas de Prevención / Mitigación asociadas con los factores ambientales con mayor impacto.

Tabla 72

Medidas de Prevención/Mitigación en fase de abandono

FASE DE ABANDONO		
Impacto Ambiental	Medidas de Prevención/Mitigación	Aplicabilidad
Confort sonoro	- Planificar la salida de maquinaria y demolición en horarios diurnos exclusivamente. - Aplicar protocolos de seguridad y salud ocupacional para evitar exposición prolongada al ruido de los trabajadores. - Informar a la comunidad sobre el cronograma de actividades ruidosas.	Requerida según normativa laboral y ambiental

Calidad de aire	- Planificar rutas cortas y directas para el retiro de materiales. - Usar vehículos de bajas emisiones si están disponibles. - Evitar quemas de residuos o restos vegetales. - Implementar logística inversa donde sea viable.	Recomendado
Calidad paisajística	- Eliminar completamente escombros, instalaciones temporales y cercas. - Nivelar y revegetar la zona afectada con especies nativas. - Restaurar visualmente el terreno para que recupere su valor paisajístico. - Establecer un plan de monitoreo post - abandono para verificar la regeneración.	Altamente recomendable y requerida en proyectos que afectan el paisaje costero

Nota. La tabla identifica las medidas de Prevención / Mitigación asociadas con los factores ambientales con mayor impacto.

Capítulo 5

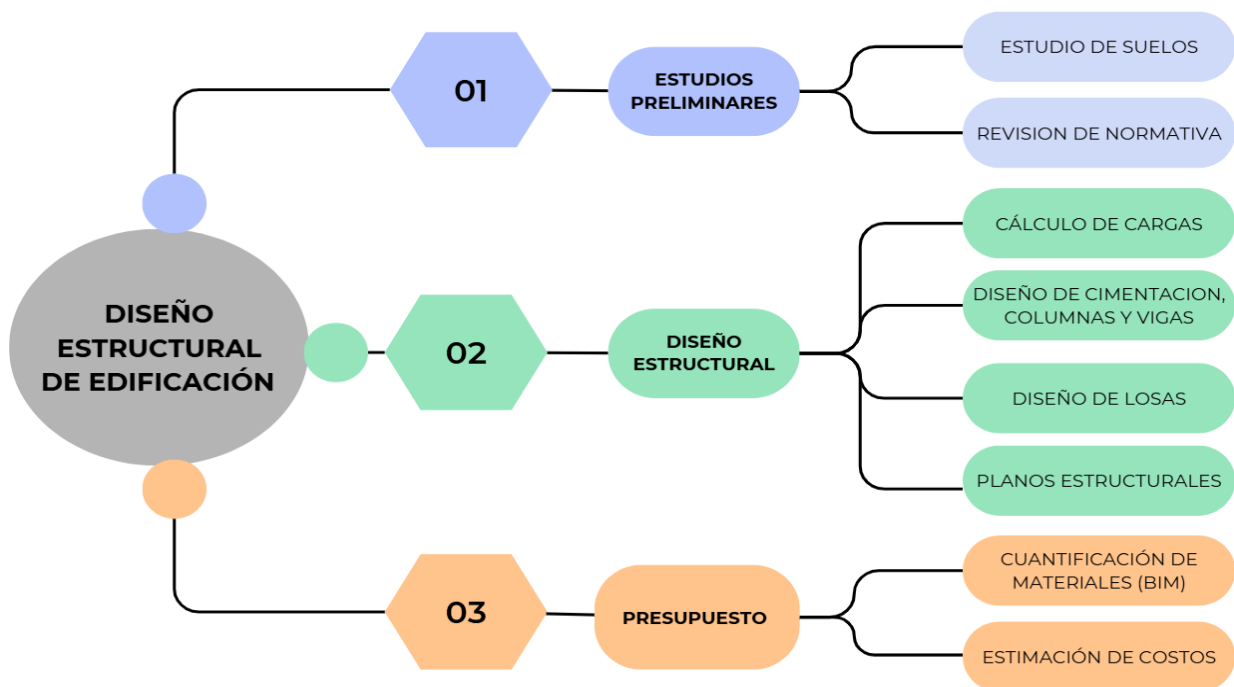
5. PRESUPUESTO

5.1. Estructura Desglosada de Trabajo

La Estructura Desglosada de Trabajo (EDT), es una herramienta para la planificación y control del proyecto, ya que presenta de manera organizada las jerarquías de los entregables y actividades en fases del proyecto. A partir del desglose, se facilita el seguimiento de cada etapa del diseño estructural de la edificación y la estimación del presupuesto, garantizando una gestión ordenada del proceso constructivo.

Figura 64

Estructura desglosada de trabajo



Nota. Elaboración propia.

5.2. Especificaciones Técnicas

5.2.1. Vigas de cimentación.

Para la subestructura, con una profundidad de fundación (Df) de 1 metro, donde se encuentra el estrato de mayor resistencia, se optó por utilizar vigas de cimentación con una resistencia del concreto de 240 kg/cm².

Tabla 73

Especificaciones de elementos de cimentación

Elemento	Altura (cm)	Ancho (cm)	Voladizo (m)	Espesor losa (m)	Observaciones
Viga eje Y	85	40	1,6	—	Requiere voladizo según diseño
Viga eje X	90	40	No aplica	—	No requiere voladizo
Loseta de cimentación	—	100	En eje Y	0,18	Común para ambos ejes

5.2.2. Columnas estructurales.

Las columnas fueron diseñadas con una resistencia del hormigón de 240 kg/cm². Cada piso tiene una altura de 3 metros y se dispusieron columnas de sección rectangular por fines estéticos y arquitectónicos.

Tabla 74*Especificaciones de columnas de cada piso*

Piso	Dimensiones de columna (cm)	Altura (m)	Observaciones
1	40 × 65	3	Sección rectangular
2	40 × 60	3	Sección rectangular
3	35 × 55	3	Sección rectangular
4	35 × 45	3	Sección rectangular

5.2.3. Vigas estructurales.

Las vigas fueron diseñadas como vigas peraltadas, con una resistencia del hormigón de 240 kg/cm². Sus longitudes varían de acuerdo con la separación entre columnas, tanto en el eje X como en el eje Y.

Tabla 75*Especificaciones de vigas de cada piso*

Piso	Dimensiones de viga (cm)	Observaciones
1	35 × 60	Viga peraltada
2	35 × 60	Viga peraltada
3	35 × 60	Viga peraltada
4	35 × 55	Viga peraltada

5.2.4. Losas nervadas.

Las losas de cada piso se diseñaron como losas aligeradas nervadas, utilizando poliestireno expandido como material de aligeramiento entre los nervios, con el fin de reducir el peso muerto de la estructura. El hormigón utilizado tiene una resistencia de 240 kg/cm².

Tabla 76

Especificaciones de vigas de cada piso

Especificación	Valor	Observaciones
Altura total de losa	20 cm	Losa nervada
Altura de nervios	15 cm	—
Espesor de losa superior	5 cm	Capa de compresión
Separación entre nervios	40 cm	Distribución uniforme
Ancho de nervio	10 cm	Sección rectangular
Material de aligeramiento	Poliestireno expandido	Reduce peso muerto
Refuerzo superior	Malla electrosoldada R-106	Ubicada en la parte superior

5.3. Rubros y análisis de precios unitarios

El proyecto contempla diferentes rubros constructivos, correspondientes a las actividades principales necesarias para la construcción de los elementos estructurales de la edificación. Para cada rubro se realizó un análisis de precios unitarios (APU) que considera el costo de materiales, mano de obra y equipos, aplicando valores actualizados.

Los precios referenciales fueron obtenidos a partir de fuentes oficiales, tales como Análisis de precios unitarios, presupuestos de obra y materiales de construcción (INSUCONS), lo que permite contar con precios acordes al mercado actual de la construcción en el Ecuador.

Tabla 77

Descripción de rubros principales

N.º Rubro	Rubro	Unidad	Descripción
1	Replanteo	m ²	Capa de concreto pobre usada como base para la cimentación.
2	Vigas de cimentación	m ³	Elemento de concreto armado que distribuye las cargas de la estructura al suelo.
3	Muro ciclope	m ³	Muro de mortero y agregado grueso que confina el suelo de relleno para el contrapiso.
4	Columnas	m ³	Elementos de concreto reforzado que distribuyen las cargas de la edificación a la cimentación.
5	Vigas	m ³	Elementos horizontales de concreto armado que transfieren las cargas hacia las columnas.
6	Losa nervada	m ³	Losa aligerada de hormigón armado con nervaduras y poliestireno expandido para disminuir el peso muerto.

5.4. Cantidades de obra

Las cantidades de obra, es decir, la cantidad de unidades, volumen o área correspondientes a los elementos, se realizaron por secciones de la construcción, separándolas en cimentación, primer piso, segundo piso, tercer piso y, finalmente, cuarto piso.

La cuantificación se llevó a cabo mediante la metodología BIM. Una vez modelada la estructura en el software Revit, fue posible extraer las cantidades sin duplicar volúmenes en las intersecciones, logrando un proceso más seguro y eficiente.

Figura 65

Extracción de volumen en columnas por piso

<METRADO DE COLUMNAS>				
A	B	C	D	E
Tipo	Material estructural	Marca	Volumen	Recuento
C40X65cm	Hormigón f'c= 240 kg/cm2	C_PISO1	26.09 m³	30
C40X60CM	Hormigón f'c= 240 kg/cm2	C_PISO2	23.36 m³	30
C35X55CM	Hormigón f'c= 240 kg/cm2	C_PISO3	18.72 m³	30
C35X45CM	Hormigón f'c= 240 kg/cm2	C_PISO4	15.33 m³	30

Nota. Extracción de presupuesto con metodología BIM. Obtenido de software Revit

A continuación, se presenta la tabla de resumen general de las cantidades de obra de los elementos estructurales.

Tabla 78

Resumen general de cantidades de obra

No	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD TOTAL
1	Replanto (Hormigon simple)	m²	227,00
2	Vigas de cimentación	m³	108,79
3	Muro ciclope	m³	26,63
4	Columnas (f'c=240 kg/cm³)	m³	85,16
5	Vigas (f'c=240 kg/cm³)	m³	171,90
6	Losa entre pisos / nervada	m³	170,48

5.5. Costo del proyecto

Para la obtención de costos por la cantidad de unidades, volumen o área correspondientes a los elementos, se realizaron por secciones de la construcción, separándolas en cimentación, primer piso, segundo piso, tercer piso y finalmente cuarto piso con finalidad de obtener el costo por cada sección.

Tabla 79*Presupuesto estructural por pisos*

Presupuesto de Obra Estructural	
Sub-Estructura	
Cimentación	\$ 34.176,93
Super-Estructura	
Piso 1	\$ 18.453,04
Piso 2	\$ 69.323,13
Piso 3	\$ 67.754,81
Piso 4	\$ 65.222,64
Total	\$ 305.370,32
Total por m²	\$ 610,74

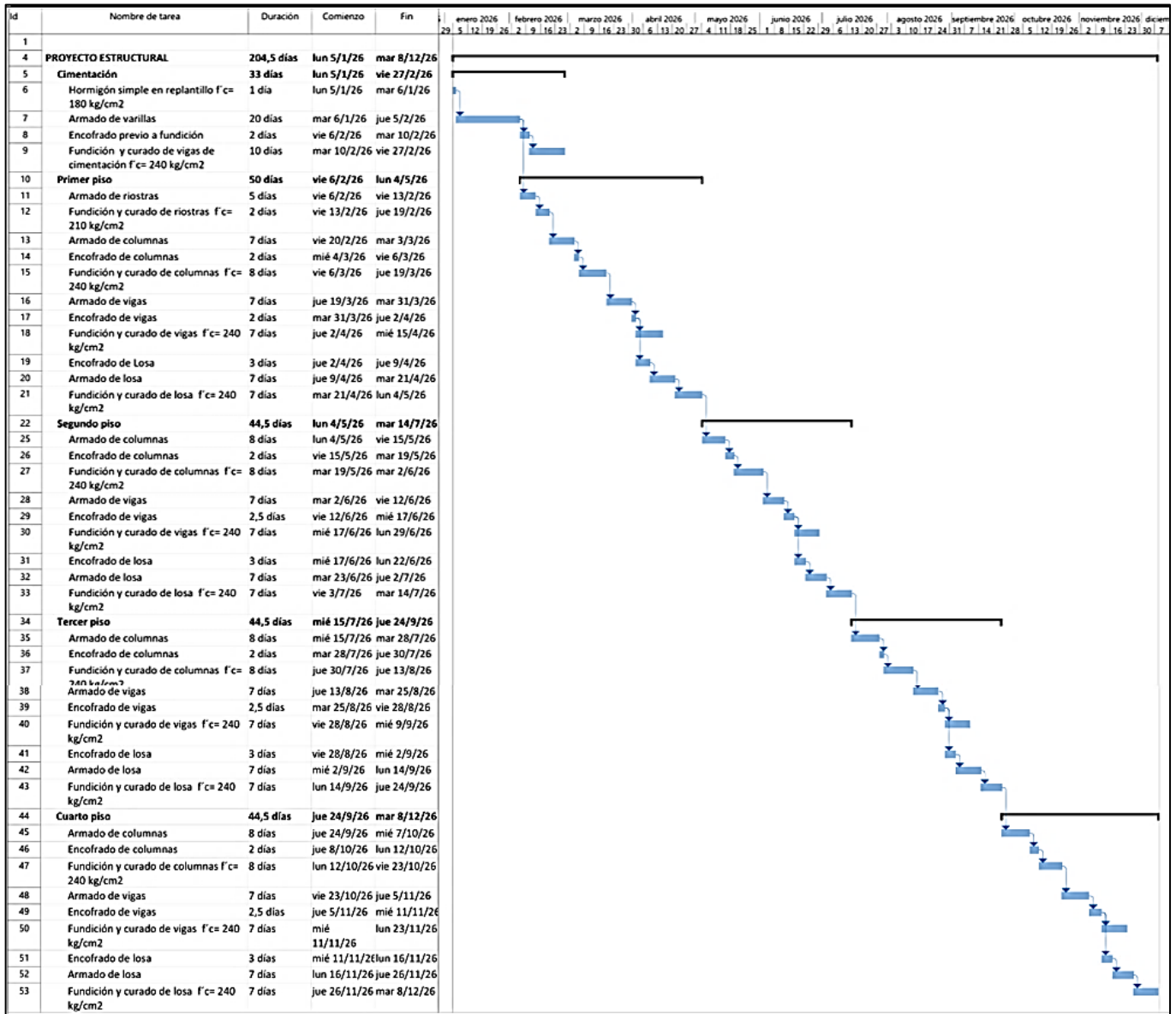
Nota. Resumen de presupuesto estructural

5.6. Cronograma de obra

El proyecto tiene un tiempo estimado de duración de 204,5 días, equivalente a aproximadamente 6,8 meses, considerando únicamente la construcción de la parte estructural, iniciando desde la cimentación (Figura 66). Para culminar la construcción estructural es fundamental tener en cuenta los tiempos establecidos en el cronograma de obra, identificando las actividades que pueden ejecutarse de manera simultánea o continuar inmediatamente después de la finalización de la anterior.

Figura 66

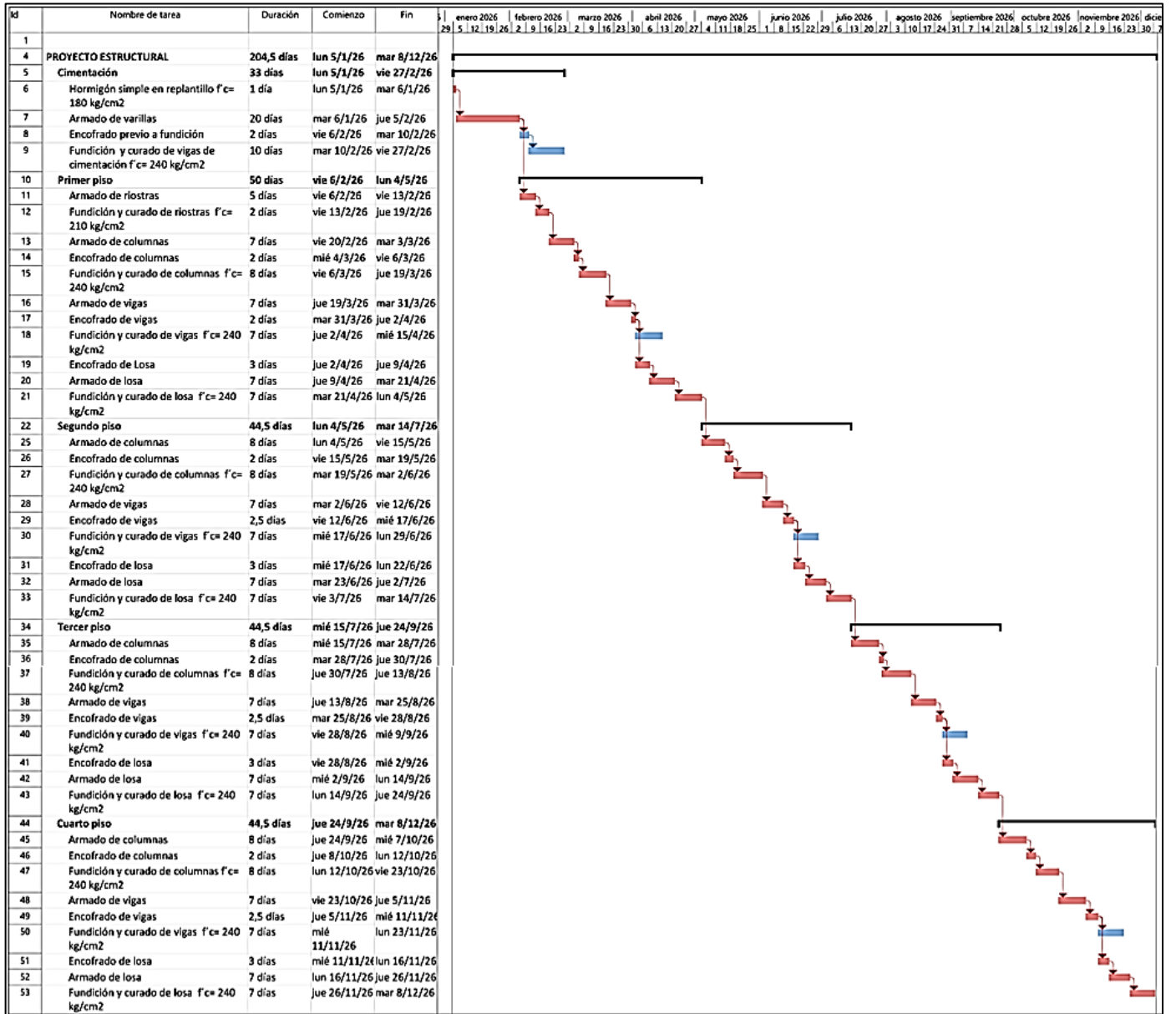
Cronograma de proyecto estructural



Asimismo, se presentan las rutas críticas de la construcción del proyecto, como se observa en la Figura 67, donde muchas actividades representadas en color rojo son consecutivas entre sí; por lo tanto, un retraso en cualquiera de ellas generaría demoras en la obra completa.

Figura 67

Actividades críticas de cronograma estructural



Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El desarrollo del proyecto permitió analizar la distribución de cargas sobre la estructura y el suelo, así como diseñar una estructura que combina rigidez y ductilidad en sus elementos, cumpliendo con los criterios establecidos en la normativa NEC-2015. Este enfoque asegura que la estructura pueda resistir adecuadamente eventos sísmicos, contribuyendo a la confiabilidad, seguridad y durabilidad del proyecto.
- El uso de BIM demostró ser una herramienta que facilita la organización de la información y optimiza los tiempos durante el desarrollo del proyecto. Además, permite realizar ajustes en las dimensiones de los elementos de manera rápida y precisa, así como obtener cantidades actualizadas de manera eficiente reduciendo significativamente el riesgo de duplicar volúmenes por intersecciones entre los elementos.
- La adaptabilidad del modelo BIM para futuros proyectos evidencia su potencial como un prototipo replicable, ofreciendo una ventaja competitiva al permitir la estandarización y optimización de los procesos constructivos en condiciones similares. Esta característica no solo facilita la eficiencia técnica en el diseño y ejecución de nuevas obras, sino que también consolida su valor económico al reducir tiempos, costos y riesgos asociados a la construcción.
- El proyecto genera impactos positivos debido a los beneficios económicos que implicaría su desarrollo, enfocándose en la generación de empleo local y estimulando el desarrollo de actividades productivas asociadas al turismo, lo cual genera beneficios directos e indirectos en la comunidad.

- El proyecto propone medidas concretas para evitar, minimizar o compensar los efectos negativos de su desarrollo, principalmente con la pérdida de flora y fauna, impacto paisajístico, generación de polvo y ruido asociados con las actividades involucradas, asegurando su compatibilidad con el entorno natural, y garantizando que sea ambientalmente viable con una adecuada gestión responsable.

6.2. Recomendaciones

Para el desarrollo de futuros proyectos, se recomienda iniciar con un predimensionamiento de los elementos estructurales, ya que esto proporciona valores iniciales de referencia para los diseños definitivos. De esta manera, al comprobar el cumplimiento de resistencia, ductilidad y demás requisitos establecidos por la normativa, se minimizan las iteraciones, facilitando un proceso de diseño más ágil y preciso, garantizando la seguridad y durabilidad de la edificación.

Se sugiere implementar la metodología BIM en todas las etapas del proyecto, no solo como herramienta de diseño, sino como una metodología integral de gestión de proyectos. BIM permite intervenir en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de la edificación. La creación de un modelo 3D realista facilita la visualización previa de la estructura, previene interferencias entre distintas ingenierías (arquitectura, hidrosanitaria, eléctrico, climatización) y optimiza la coordinación entre disciplinas, reduciendo errores y retrabajos durante la ejecución.

Es recomendable utilizar fuentes confiables y actualizadas de precios unitarios, preferiblemente cercanas a la localidad donde se realiza el proyecto, con el fin de reducir costos por transporte y evitar desviaciones presupuestarias. Los precios de materiales y servicios cambian continuamente, por lo que una selección inadecuada puede generar irregularidades difíciles de corregir una vez que los presupuestos se hayan definido de manera definitiva.

Se aconseja también considerar medidas de prevención y mitigación ambiental, especialmente durante la fase de construcción y abandono, tal como se propone en el estudio de impacto ambiental. Esto contribuye a reducir al mínimo el impacto negativo en la localidad y su entorno, especialmente considerando la proximidad a zonas costeras, evitando contribuir a la contaminación global y promoviendo una construcción más responsable y sostenible.

Referencias

- Baque, B. S., Panchana Vera, R. E., Álava Rosado, D., Zamora Sánchez, D. J., & Alcívar Castro, J. R. (2024). Eventos naturales y crecimiento urbano informal en zonas costeras de Ecuador. *Bitácora Urbano Territorial*, 34(1), 156–169.
<https://doi.org/10.15446/bitacora.v34n1.111660>
- Baque Solís, B. S., Panchana Vera, R. E., Álava Rosado, D., Zamora Sánchez, D. J., & Alcívar Castro, J. R. (2024). Natural events and informal urban growth in coastal areas of Ecuador. *Bitacora Urbano Territorial*, 34(1), 156–169.
<https://doi.org/10.15446/BITACORA.V34N1.111660>
- Borrero, A., & García, L. (2025). La rehabilitación y la construcción en pedernales luego de nueve años del terremoto del 16 de abril de 2016. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 9(2), 102–114. <https://doi.org/10.47230/UNESUM-CIENCIAS.V9.N2.2025.102-114>
- Castro, M., & Humberto, M. (2021). La urbanización en Ecuador y la importancia de la planificación estatal en la creación de una ciudad intermedia (2007-2017): el caso de Milagro. *Territorios*, 44, 1–29.
<https://doi.org/10.12804/REVISTAS.UROSARIO.EDU.CO/TERRITORIOS/A.9202>
- Córdova, C. (2015). *Diseño de Estructuras de Hormigón Armado - Córdova Alvéstegui Carlos Roberto* | Abdías Mamani C. | uDocz (Tercera edición).
<https://www.udocz.com/apuntes/47669/disenio-de-estructuras-de-hormigon-armado-cordova-alvestegui-carlos-roberto-1>

Das, B. M. (n.d.). *Fundamentos de ingeniería geotécnica Cuarta edición*.

Das, K., Khursheed, S., & Paul, V. K. (2025). The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies. *Discover Materials*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/S43939-025-00200-2/TABLES/8>

David, E., & Chariguaman, M. (2024). *Análisis comparativo entre una estructura de concreto armado y estructura metálica, aplicando metodología BIM*.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28296>

Ebawe. (n.d.). *Losa maciza* | Ebawe. Retrieved June 14, 2025, from
<https://www.ebawe.de/es/aplicaciones/elementos-de-forjado/losa-maciza>

Foshan TianPuAn Building Materials Technology Co., Ltd. (2016, November 2). *Durable Galvanized Mezzanine Flooring Prefabricated Steel Structure Warehouse for Office House Project*. <https://tpaprefab.en.made-in-china.com/product/JjoExcSAXvWN/China-Durable-Galvanized-Mezzanine-Flooring-Prefabricated-Steel-Structure-Warehouse-for-Office-House-Project.html>

García Vines, L. J., Palacios Rodríguez, J., Escobar Molina, A. M., & Zambrano Cevallos, L. D. (2021). “Análisis Estructural y propuesta de reforzamiento del edificio de Facultad de Ciencias Humanísticas de la Universidad Técnica de Manabí.” *Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 6(1), 14.
<https://doi.org/10.33936/RIEMAT.V6I1.3686>

Gómez, M., Acevedo, S., Alvarado, L., & Iturra, R. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Revista Tecnología En Marcha*, 36(7), Pág. 66-77.
<https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860>

Harmsen, T. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado* (4ta ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

Henríquez, Y. (2018). *Vista de Salinas en la Provincia de Santa Elena, Ecuador.*

Caracterización e impactos por la expansión urbana = Salt Flats in Santa Elena's province, Ecuador. Characterization and impacts of urban expansion.

<https://polired.upm.es/index.php/territoriosinformacion/article/view/3891/3989>

Herrera, A. A., & Tumbaco, L. A. (2025). *Evaluación de desempeño sísmico aplicando la NEC 15 para edificación de cinco pisos de uso educativo.*

<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12686>

Herrera Campuzano, Y. P., & Pacheco Bustos, C. A. (2024). Estudio de impactos ambientales sobre alternativas de sistemas de saneamiento para la solución de vertimientos en la zona costera del distrito de Riohacha, en La Guajira, Colombia. *Revista Ingenio, ISSN-e 2389-864X, ISSN 2011-642X, Vol. 21, N°. 1, 2024 (Ejemplar Dedicado a: Enero - Diciembre), Págs. 21-28, 21(1), 21–28.*

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9600705&info=resumen&idioma=ENG>

INEC. (2022). *Población Tasa de crecimiento interanual Hombres Mujeres.*

Juan Sánchez. (2022). *Losas nervadas: Todo sobre ellas.*

<https://arquitecturapura.com/17838/losas-nervadas/>

Look, Burt. (2014). *Handbook of geotechnical investigation and design tables.* CRC Press.

Ministerio de Ambiente, A. y transición ecológica. (n.d.). *GUIA_no_metalicos.*

Ministerio de Ambiente y Agua. (2020). *Acuerdo-Ministerial-Nro.-MAE-2020-006.*

Ministerio del Turismo. (2020). *SALINAS, UN PARAÍSO AZUL EN EL PACÍFICO SUR –*

Ministerio de Turismo. <https://www.turismo.gob.ec/salinas-un-paraíso-azul-en-el-pacífico-sur/>

- NEC. (2015). *Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) – MIDUVI – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.*
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- NEC-SE-DS. (2015). *PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE.*
- Padilla, A., Linzán, J., & Villao, D. (2019, December). *Vista de Sol, Playa y Gastronomía como recursos turísticos: perfil del turista del Balneario de Salinas Provincia de Santa Elena.*
<https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/432/349>
- PDOT. (2023). *PDOT PARTE 2.*
- PDOT. (2024). *PDOT.* <https://www.salinas.gob.ec/index.php/transparencia/rendicion-de-cuentas-2>
- Perevochtchikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública*, 22(2), 283–312.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Plan Uso de Suelo y Gestión de Suelo. (2021). *Plan Uso de Suelo y Gestión de Suelo.*
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (n.d.). *GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL PREVIO AL INICIO DE LAS ACTIVIDADES TERRESTRES.*
- Tito, B. (2021). *▷ Matriz de Leopold.* <https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold-excel-descargar/>

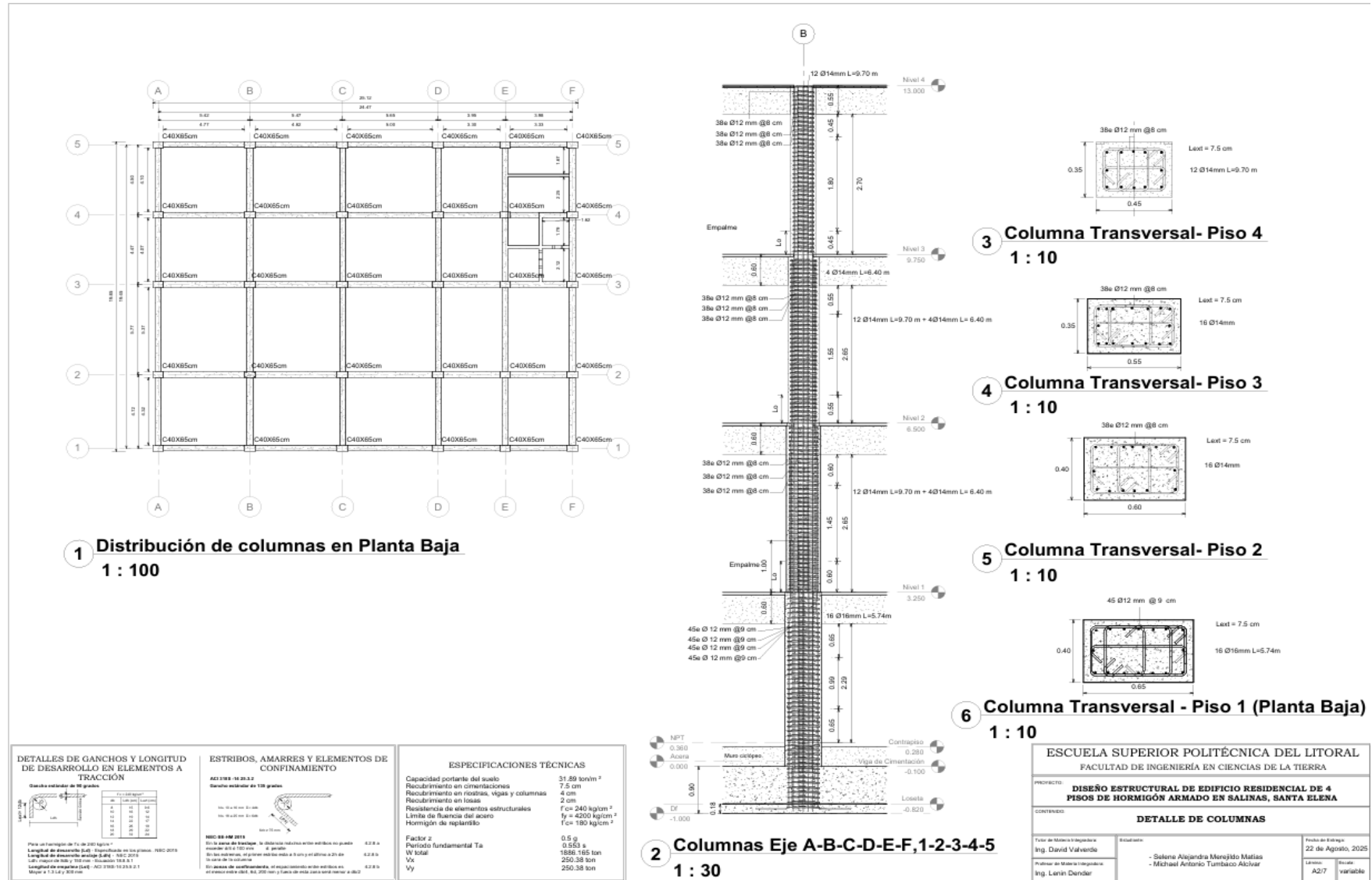
- Torres, L. N., & Díaz, L. F. (2023). *Diseño y cálculo estructural de una edificación de hormigón armado de 4 plantas para viviendas de interés social*.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26102>
- TULSMA. (2003). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*.
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Verd, J. (2000). *RECURSOS PARA LAS CTMA: LA MATRIZ DE LEOPOLD, UN INSTRUMENTO PARA ANALIZAR NOTICIAS DE PRENSA DE TEMATICA AMBIENTAL*.
- Weather Atlas. (n.d.). *Anual y Mensual del Tiempo - Salinas, Ecuador*. Retrieved July 29, 2025, from <https://www.weather-atlas.com/es/ecuador/salinas-clima>
- Weather tomorrow. (n.d.). *Calidad del aire en Salinas, Ecuador | Tomorrow.io*. Retrieved July 29, 2025, from <https://weather.tomorrow.io/es/EC/SE/Salinas/031565/health/>
- Weatherspark. (n.d.). *Salinas Clima Tiempo Por Mes, Temperatura Media (Ecuador) - Weather Spark*. Retrieved July 29, 2025, from <https://weatherspark.com/y/18290/Average-Weather-in-Salinas-Ecuador-Year-Round>
- Windfinder. (n.d.). *Previsión de viento, olas, tiempo y mareas Salinas - Windfinder*. Retrieved July 29, 2025, from https://es.windfinder.com/forecast/salinas_santa_elena_ecuador
- World Weather Online. (n.d.). *Salinas Weather Averages - Guayas, EC*. Retrieved July 29, 2025, from <https://www.worldweatheronline.com/salinas-weather-averages/guayas/ec.aspx>

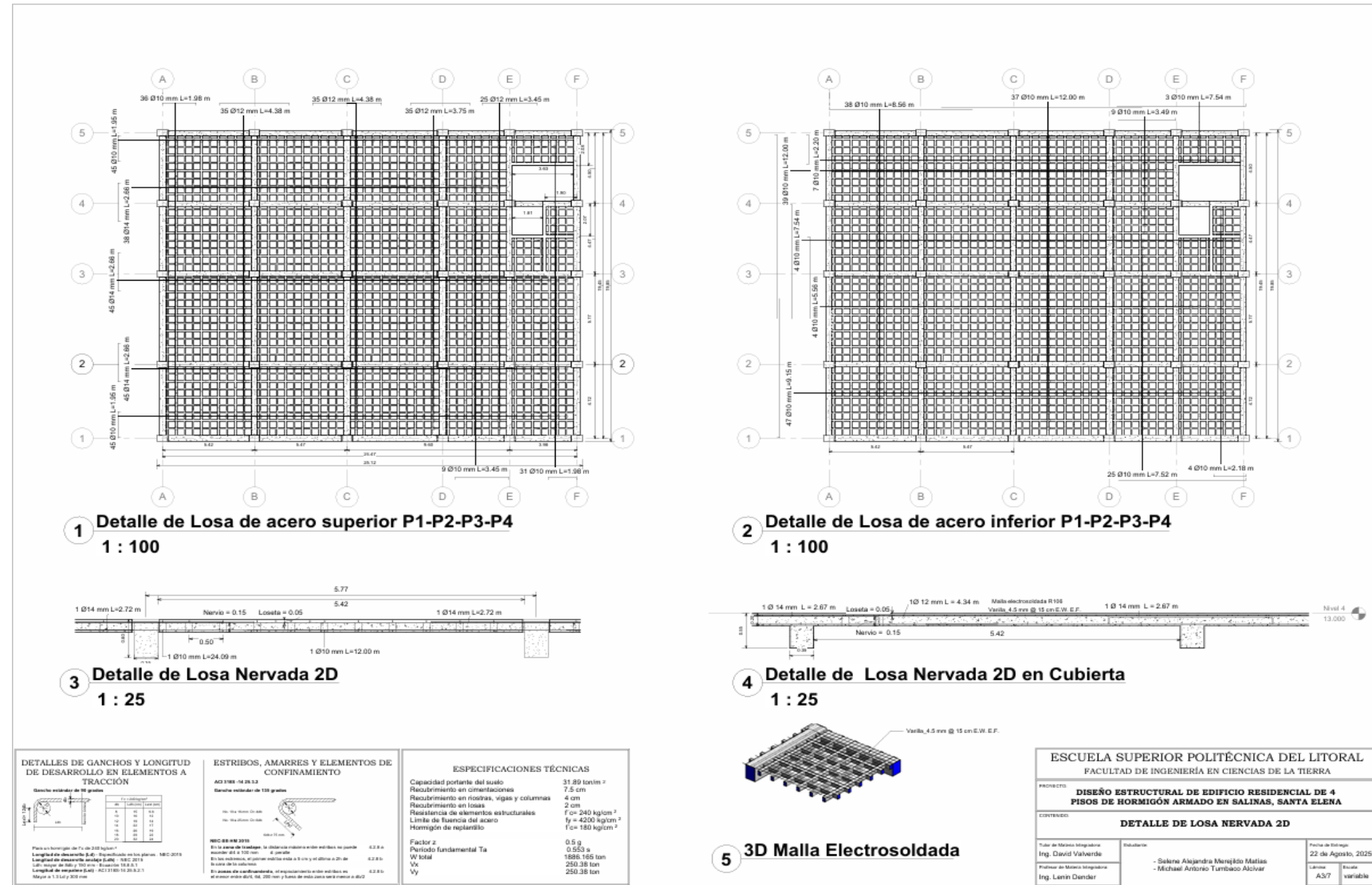
PLANOS Y ANEXOS

PLANO 1 Detalle de cimentación

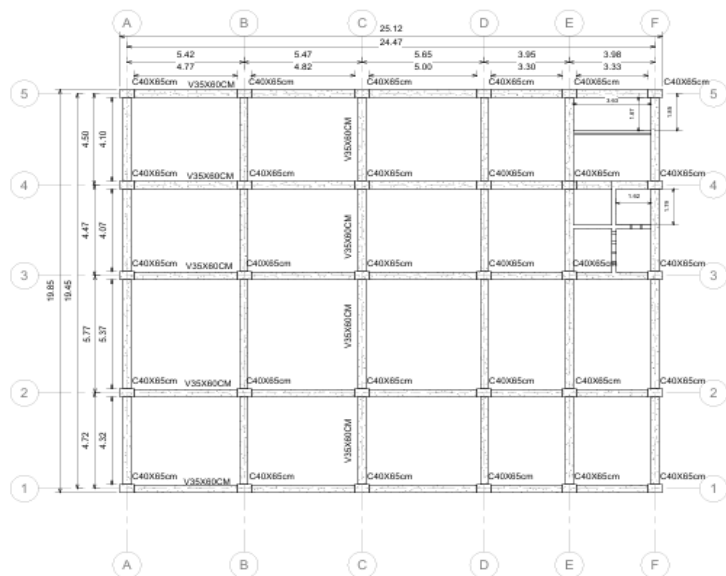


PLANO 2 Detalle de columnas

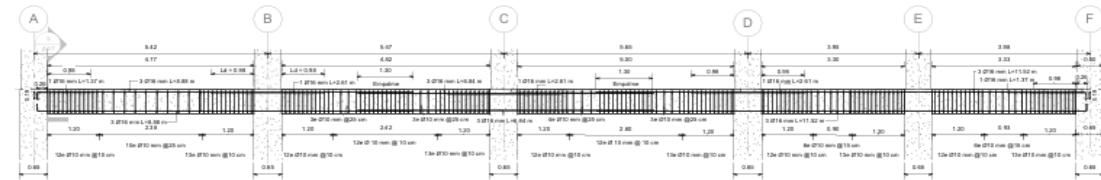




PLANO 4 Detalle de vigas del piso 1



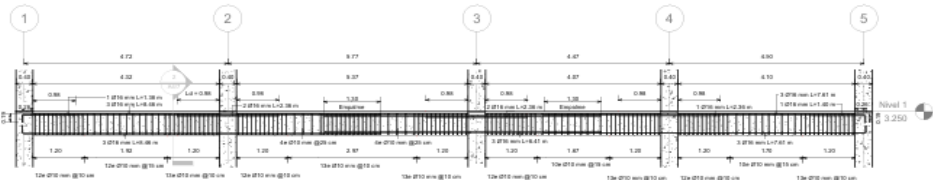
1 Distribución de columnas y vigas en Planta Baja. 1 : 100



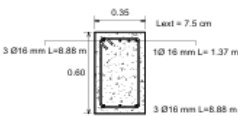
3 Detalle Vigas Eje A-B-C-D-E-F Planta Baja 1 : 50

4 Detalle Viga Eje 1-2-3-4-5 Planta Baja 1 : 50

2 Viga Transversal Eje A - Planta Baja 1 : 15



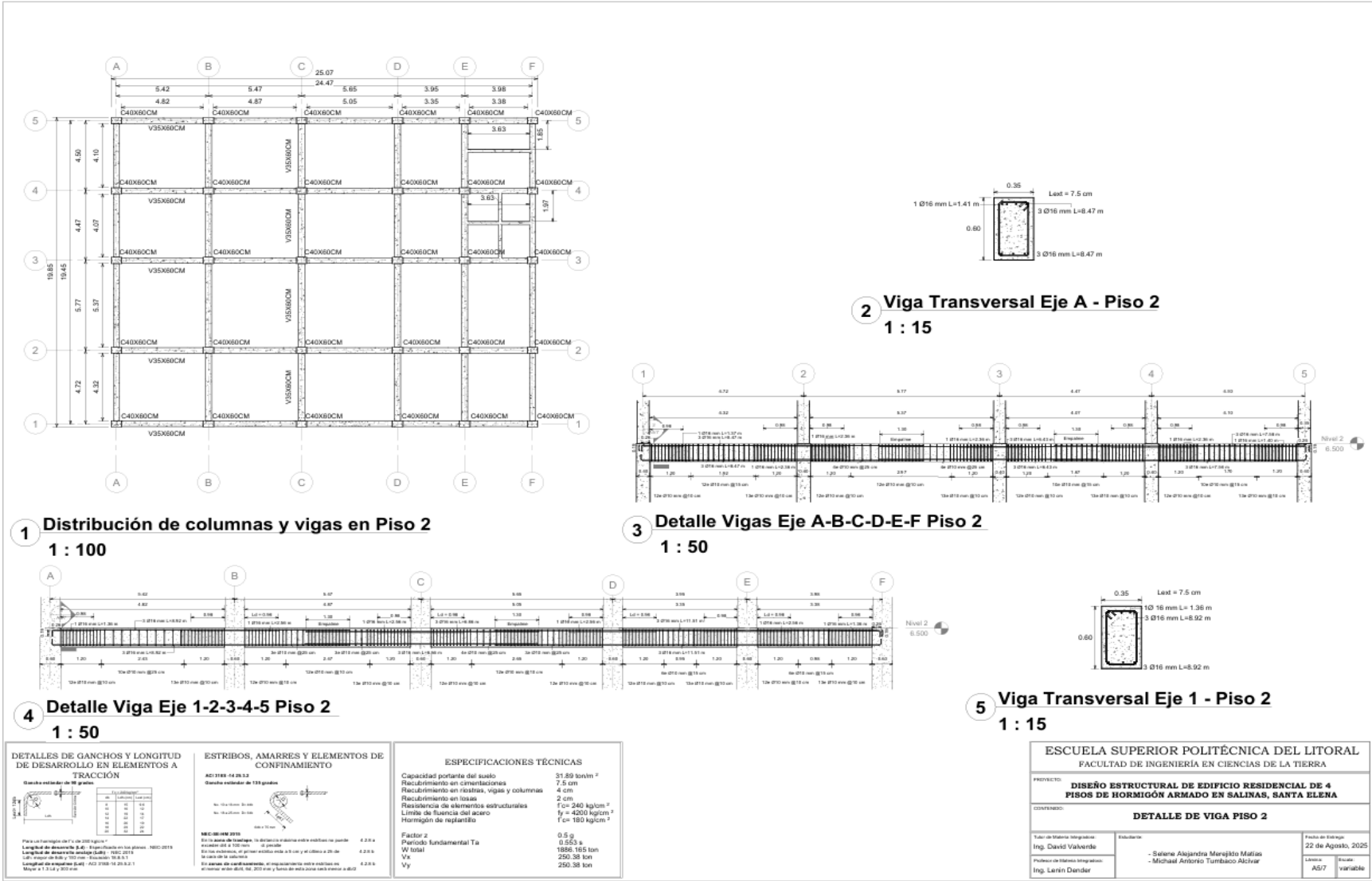
5 Viga Transversal Eje 1 - Planta Baja 1 : 15

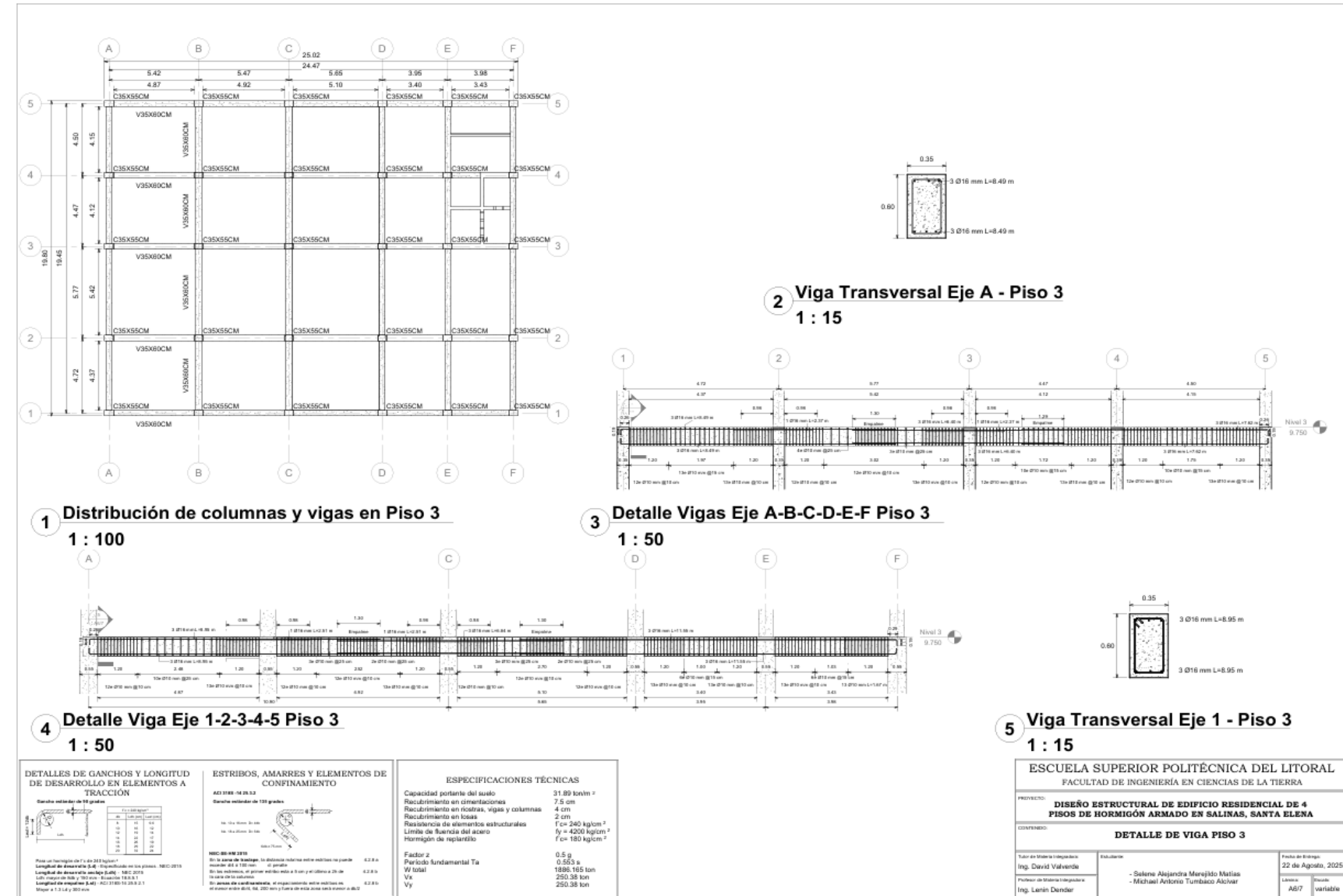


DETALLES DE GANCHOS Y LONGITUD DE DESARROLLO EN ELEMENTOS A TRACCIÓN	
ESTRIBOS, AMARRES Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Capacidad portante del suelo	31.89 ton/m ²
Recubrimiento en cimentaciones	7.5 cm
Recubrimiento en risas, vigas y columnas	4 cm
Recubrimiento en losas	2 cm
Resistencia de elementos estructurales	f _c = 240 kg/cm ²
Límite de fluencia del acero	f _y = 4200 kg/cm ²
Hormigón de replanteo	f _c = 180 kg/cm ²
Factor z	0.5 g
Periodo fundamental T _a	0.555 s
W total	1986.165 ton
V _x	250.38 ton
V _y	250.38 ton

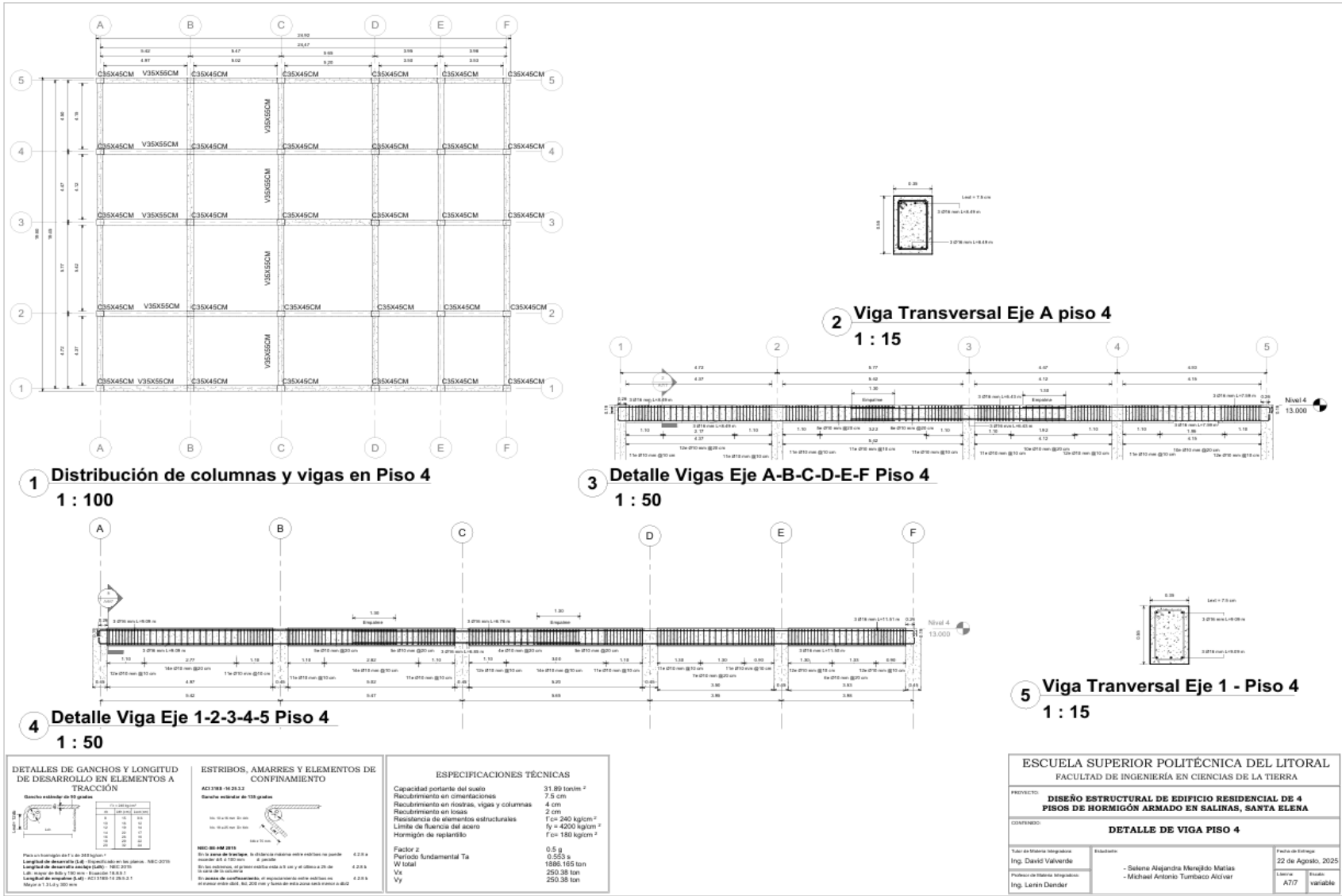
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL			
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO			
DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO RESIDENCIAL DE 4 PISOS DE HORMIGÓN ARMADO EN SALINAS, SANTA ELENA			
CONTENIDO			
DETALLE DE VIGA PISO 1 (PLANTA BAJA)			
Tutor de Materia Integradora		Fecha de Entrega	
Ing. David Valverde		22 de Agosto, 2025	
Profesor de Materia Integradora		Estudiante	
Ing. Lenin Cordero		- Sakine Alejandra Nunez Matias	
		- Michael Antonio Tumbaco Alvar	
		Lámina	
		A4/7	
		Escala	
		variable	

PLANO 5 Detalle de vigas del piso 2

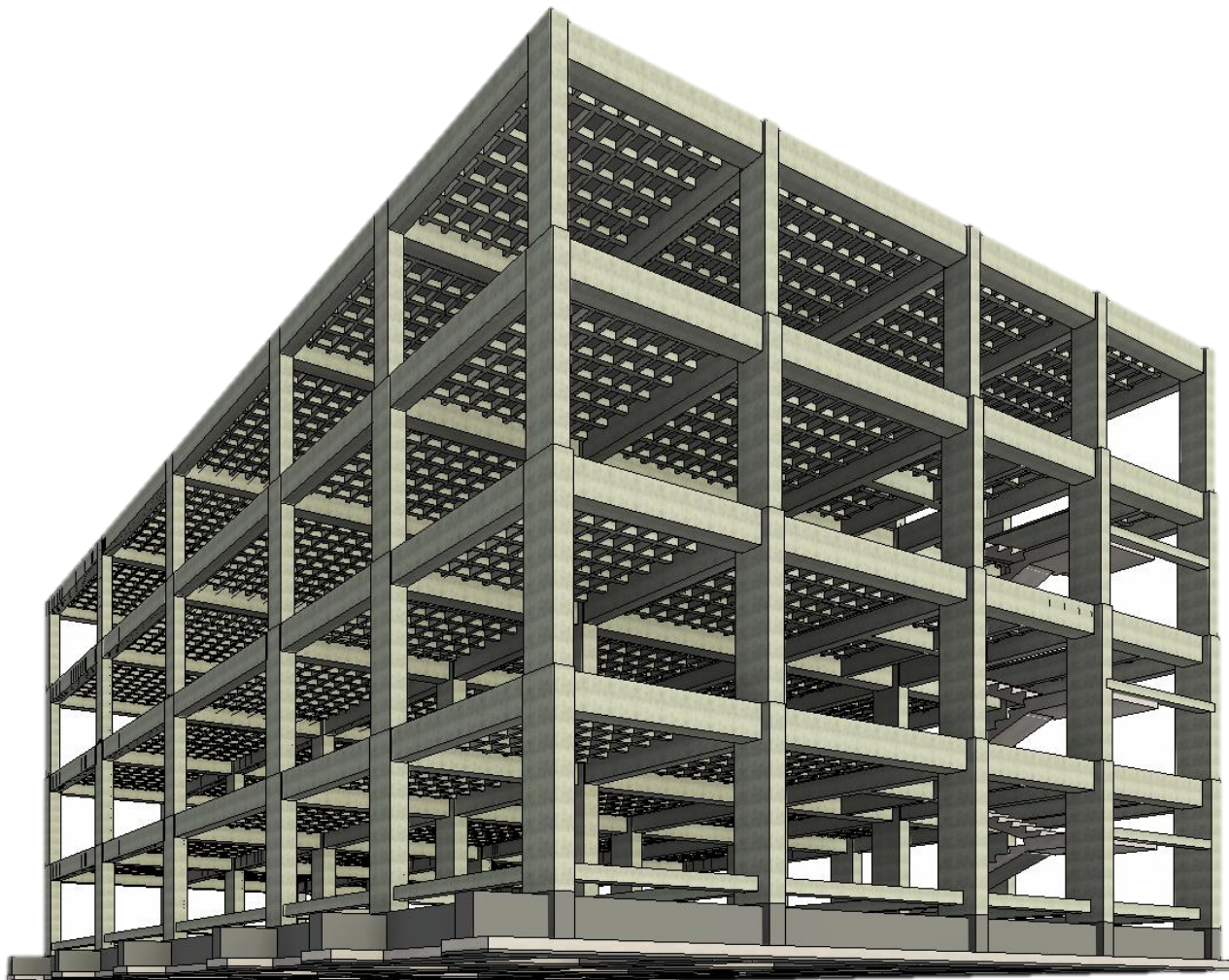




PLANO 7 Detalle de vigas del piso 4



Anexo A: Modelado BIM estructural y arquitectónico





Anexo B: Presupuesto

PRESUPUESTO DE OBRA ESTRUCTURAL – EDIFICACIÓN DE 4 PISOS					
No.	RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT.	P. TOTAL
Cimentación					
1	Replanteo (5 cm)	m2	227	\$5,20	\$1.180,40
2	Hormigon simple vigas de cimentacion fc=240kg/cm2 Acero de refuerzo fy=4200	m3	108,79	\$132,50	\$14.414,68
3	kg-cm2 (figurado y colocado)	Kg	15.356,90	\$1,21	\$18.581,85
SUB TOTAL					\$34.176,93
SUPER-ESTRUCTURA					
PRIMER PISO					
4	Hormigon ciclopeo 40% piedra fc=180kg/cm2	m3	26,63	\$88,27	\$2.350,63
5	Columnas P.1, con H. fc= 240 kg/cm2 con bomba	m3	26,09	\$278,20	\$7.258,24
6	Vigas, con H.Premezclado fc= 240 kg/cm2 con bomba	m3	43,38	\$537,57	\$23.319,79
7	Losa, con H.Premezclado fc= 240 kg/cm2 con bomba Acero de refuerzo fy=4200	m3	42,28	\$414,17	\$17.511,11
8	kg-cm2 (figurado y colocado)	Kg	15.250,45	\$1,21	\$18.453,04
SUB TOTAL					\$68.892,81
SEGUNDO PISO					
9	Columnas P.2. con H. fc= 240 kg/cm2 con bomba	m3	23,36	\$371,88	\$8.687,12
10	Vigas, con H.Premezclado fc= 240 kg/cm2 con bomba	m3	43,63	\$601,35	\$26.236,90

	Losa de P.2, con				
11	H.Premezclado fc= 240 kg/cm2 con bomba Acero de refuerzo fy=4200	m3	42,3	\$444,89	\$18.818,85
12	kg-cm2 (figurado y colocado)	kg	12.876,25	\$1,21	\$15.580,26
SUB TOTAL					\$69.323,13
TERCER PISO					
13	Columnas P.3., con H. fc= 240 kg/cm2 con bomba	m3	18,72	\$371,88	\$6.961,59
14	Vigas, con H.fc= 240 kg/cm2 con bomba	m3	44,13	\$601,35	\$26.537,58
15	Losa de P.3, con H.Premezclado fc= 240 kg/cm2 con bomba Acero de refuerzo fy=4200	m3	42,33	\$444,89	\$18.832,19
16	kg-cm2 (figurado y colocado)	kg	12.746,65	\$1,21	\$15.423,45
SUB TOTAL					\$67.754,81
CUARTO PISO					
17	Columnas P.4. A Losa de cubierta, con H. fc= 240 kg/cm2 con bomba	m3	16,99	\$371,88	\$6.318,24
18	Vigas de cubierta, con H.Premezclado fc= 240 kg/cm2 con bomba	m3	40,76	\$601,35	\$24.511,03
19	Losa de cubierta, con H.Premezclado fc= 240 kg/cm2 con bomba Acero de refuerzo fy=4200	m3	43,57	\$444,89	\$19.383,86
20	kg-cm2 (figurado y colocado)	kg	12.404,55	\$1,21	\$15.009,51
SUB TOTAL					\$65.222,64

TOTAL	\$305370,32
TOTAL POR M2	\$610,74

APUs

Replanto (espesor 5 cm)

Especificaciones técnicas: [✎ Editar](#)

RENDIMIENTO: 0.17 Horas/m2

Análisis de Precios Unitarios (en):

1. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667501 Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	0.30	7.68	2.30
2667502 Arena	m3	0.04	13.50	0.54
2667521 Piedra	m3	0.05	10.63	0.53
Total materiales				3.38
2. MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667493 Peón	Hora	0.17	4.05	0.67
2667494 Albañil	Hora	0.33		
2667510 Maestro de Obra	Hora	0.08	4.33	0.36
Total mano de obra				1.03
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667505 Concretera 1 saco	Hora	0.17	4.48	0.75
Herramientas menores %			5.00%	0.05
Total equipo, maquinaria y herramientas				0.80
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
5. UTILIDAD				
6. IMPUESTOS				
Total Precio Unitario de Replanto (espesor 5 cm)				5.21

Hormigon simple vigas de cimentacion $f_c=240\text{kg/cm}^2$

Especificaciones técnicas:

[✎ Editar](#)

RENDIMIENTO: 2.20 Horas/m³

Análisis de Precios Unitarios (en):

1. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667501 Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	7.21	7.68	55.37
2667502 Arena	m ³	0.65	13.50	8.78
2667503 Ripio	m ³	0.95	18.00	17.10
2667504 Agua	m ³	0.22	0.85	0.19
Total materiales				81.44
2. MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667493 Peón	Hora	10.00	4.05	40.50
2667494 Albañil	Hora	4.40		
Total mano de obra				40.50
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667505 Concretera 1 saco	Hora	1.00	4.48	4.48
2667496 Vibrador de manguera	Hora	1.00	4.06	4.06
Herramientas menores %			5.00%	2.03
Total equipo, maquinaria y herramientas				10.57
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
5. UTILIDAD				
6. IMPUESTOS				
Total Precio Unitario de Hormigon simple vigas de cimentacion $f_c=240\text{kg/cm}^2$				132.50

Acero de refuerzo $f_y=4200\text{ kg-cm}^2$ (figurado y colocado)

Especificaciones técnicas:

[✎ Editar](#)

RENDIMIENTO: 1.00 Horas/kg

Análisis de Precios Unitarios (en):

1. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667511 Alambre galvanizado No.18	Kg	0.05	2.54	0.13
2667513 Acero de refuerzo $f_c=4200\text{kg/cm}^2$	kg	1.05	0.81	0.85
Total materiales				0.98
2. MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667493 Peón	Hora	0.03	4.05	0.12
2667509 Fierro	Hora	0.01	4.10	0.04
2667510 Maestro de Obra	Hora	0.01	4.33	0.04
Total mano de obra				0.21
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667512 Cortadora dobladora de hierro	Hora	0.03	0.51	0.02
Herramientas menores %			5.00%	0.01
Total equipo, maquinaria y herramientas				0.03
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
5. UTILIDAD				
6. IMPUESTOS				
Total Precio Unitario de Acero de refuerzo $f_y=4200\text{ kg-cm}^2$ (figurado y colocado)				1.21

Hormigon ciclopeo 40% piedra $f_c=180\text{kg/cm}^2$

Especificaciones técnicas:

[✎ Editar](#)

Este ítem se refiere a la colocación de la cimentación compuesta por un concreto simple en cuya masa se incorporan grandes piedras o bloques que no contiene armadura. La proporción máxima del agregado ciclópeo será en sesenta por ciento (60%) de concreto simple y del cuarenta por ciento (40%) de rocas desplazadas de tamaño máximo, de 10" ; éstas deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple. RENDIMIENTO: 0.78 Horas/m3

Análisis de Precios Unitarios (en):

1. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667501 Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	4.02	7.68	30.87
2667502 Arena	m3	0.39	13.50	5.27
2667503 Ripio	m3	0.57	18.00	10.26
2667504 Agua	m3	0.14	0.85	0.12
2667521 Piedra	m3	0.40	10.63	4.25
Total materiales				50.77

2. MANO DE OBRA

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667493 Peón	Hora	7.80	4.05	31.59
2667494 Albañil	Hora	0.96		
2667510 Maestro de Obra	Hora	0.48	4.33	2.08
Total mano de obra				33.67

3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667505 Concretera 1 saco	Hora	0.48	4.48	2.15
Herramientas menores %			5.00%	1.68
Total equipo, maquinaria y herramientas				3.83

4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS

5. UTILIDAD

6. IMPUESTOS

Total Precio Unitario de Hormigon ciclopeo 40% piedra $f_c=180\text{kg/cm}^2$				88.27
---	--	--	--	-------

Columnas P.B. de H.A. $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Especificaciones técnicas:

[Editar](#)

RENDIMIENTO: 2.18 Horas/m³

Análisis de Precios Unitarios (en):

1. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667501 Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	9.00	7.88	69.12
2667523 Tabla dura de encofrado de 0.30 m.	u	6.57	5.50	36.14
2667502 Arena	m ³	0.58	13.50	7.83
2667503 Ripio	m ³	0.72	18.00	12.96
2667504 Agua	m ³	0.25	0.85	0.21
2667527 Cuartones de encofrado	u	7.10	4.00	28.40
2667528 Tiras de encofrado	u	3.67	1.88	6.90
2667566 Clavos 2", 2 1/2", 3", 3 1/2"	kg	1.88	2.13	4.00
2667560 Plastiment BV-40 10 Kg - Sika DISENSA	u	0.02	22.60	0.45
Total materiales				166.01

2. MANO DE OBRA

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667493 Peón	Hora	15.26	4.05	61.80
2667494 Albañil	Hora	2.18		
2667509 Ferrero	Hora	2.18	4.10	8.94
2667522 Carpintero	Hora	2.18	4.10	8.94
2667510 Maestro de Obra	Hora	2.18	4.33	9.44
Total mano de obra				89.12

3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667505 Concretera 1 saco	Hora	2.18	4.48	9.77
2667496 Vibrador de manguera	Hora	2.18	4.06	8.85
Herramientas menores %			5.00%	4.46
Total equipo, maquinaria y herramientas				23.07

4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS

5. UTILIDAD

6. IMPUESTOS

Total Precio Unitario de Columnas P.B. de H.A. $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$				278.20
--	--	--	--	---------------

Columnas Plantas Altas de H.A. fc= 240 kg/cm2

Especificaciones técnicas:

[✎ Editar](#)

No hay especificaciones para esta actividad. Haga clic en editar.

Análisis de Precios Unitarios (en):

1. MATERIALES					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667501	Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	9.00	7.68	69.12
2667523	Tabla dura de encofrado de 0.30 m.	u	12.50	5.50	68.75
2667502	Arena	m3	0.58	13.50	7.83
2667503	Ripio	m3	0.72	18.00	12.96
2667504	Agua	m3	0.25	0.85	0.21
2667527	Cuartones de encofrado	u	19.50	4.00	78.00
2667528	Tiras de encofrado	u	5.00	1.88	9.41
2667566	Clavos 2", 2 1/2", 3", 3 1/2"	kg	1.98	2.13	4.21
2667560	Plastiment BV-40 10 Kg - Sika DISENSA	u	0.02	22.60	0.45
Total materiales					250.94
2. MANO DE OBRA					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667493	Peón	Hora	16.45	4.05	66.62
2667494	Albañil	Hora	2.35		
2667509	Fierrero	Hora	2.35	4.10	9.64
2667522	Carpintero	Hora	2.35	4.10	9.64
2667510	Maestro de Obra	Hora	2.35	4.33	10.18
Total mano de obra					96.07
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667505	Concretera 1 saco	Hora	2.35	4.48	10.53
2667496	Vibrador de manguera	Hora	2.35	4.06	9.54
Herramientas menores %				5.00%	4.80
Total equipo, maquinaria y herramientas					24.87
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
5. UTILIDAD					
6. IMPUESTOS					
Total Precio Unitario de Columnas Plantas Altas de H.A. fc= 240 kg/cm2					371.88

Vigas, con H.Premezclado $f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con bomba

Especificaciones técnicas:

[✎ Editar](#)

RENDIMIENTO: 1.00 Horas/m³. Este ítem se refiere a la construcción de elementos estructurales de remate superior de una edificación, siendo posible localizarla en el último nivel, para apoyar una cubierta de losa, con estructura metálica o de madera y también enlazando las columnas de la edificación.

Análisis de Precios Unitarios (en):

1. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667523 Tabla dura de encofrado de 0.30 m.	u	7.00	5.50	38.50
2667525 Clavos	kg	3.00	1.03	3.09
2667527 Cuartones de encofrado	u	4.00	4.00	16.00
2667528 Tiras de encofrado	u	1.00	1.88	1.88
2667529 Pruebas de hormigon	u	0.33	7.28	2.42
2667530 H. Premezclado 240 Kg/cm ² -19mm-13cm-28d HOLCIM	m ³	1.00	122.05	122.05
2667540 Caña rolliza	u	10.00	2.26	22.57
Total materiales				206.52

2. MANO DE OBRA

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667493 Peón	Hora	30.00	4.05	121.50
2667509 Fierro	Hora	10.00	4.10	41.00
2667522 Carpintero	Hora	20.00	4.10	82.00
2667510 Maestro de Obra	Hora	10.00	4.33	43.30
Total mano de obra				287.80

3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
2667496 Vibrador de manguera	Hora	4.00	4.06	16.24
2667497 Bomba estacionaria (45m Tubería) HOLCIM	M ³	1.00	12.62	12.62
Herramientas menores %			5.00%	14.39
Total equipo, maquinaria y herramientas				43.25

4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS

5. UTILIDAD

6. IMPUESTOS

Total Precio Unitario de Vigas, con H.Premezclado $f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con bomba				537.57
---	--	--	--	---------------

Anexo C: Cálculos Fuerza y cortante basal sísmico

FUERZA Y CORTANTE BASAL SÍSMICO				
Cargas Edificio de oficinas PCRM			Factores	
Losa	249,6	kg/m2	Fa	1,180
Ceramicas	30,59	kg/m2	Fd	1,060
Mamposteria	264,6	kg/m2	Fs	1,230
Enlucido	111,51	kg/m2	Valores To y Tc	
Instalaciones y tumbado	100	kg/m2	To	0,110 s
Carga Viva Wl	0	ton/m2	Tc	0,608 s
Carga Muerta Wd (Sobreimpuesta +losa)	0,7563	ton/m2	Periodo de vibración T	
Carga peso propio Wpp(Col y Vig)	0,35	ton/m2	T	0,553 s
Wep(Operación de equipo)	0	ton/m2	Espectro de respuesta Elástico Sa	
Wp paisajismo (elementos decorativos)	0,0366	ton/m2	Sa (X=T=0.553 s)	1,062
Wtotal P1-P2-P3	1,1429	ton/m2	Espectro de respuesta Inelástico Cs	
Cubierta	0,3436275	ton/m2	Cs (X=T=0.553 s)	0,133
N	4		Cortante Basal	
Ancho edificio	20	m	Vs	250,388238 ton
Largo edificio	25	m	k	1,026618811
Area 1 piso	500	m2	Valores de T (s) k	
W 1er piso alto	571,45	ton	≤ 0.5	1
W 2do piso alto	571,45	ton	0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T
W 3er piso alto	571,45	ton	> 2.5	2
W Cubierta	171,81375	ton		
W(Total)	1886,16375	ton		

# Pisos	Altura Entre Pisos (hi)	Peso por Piso (wi) [ton]	$h_i^k * w_i$	Cv	F [ton]	V[ton]
4	13,00	171,814	2391,405	0,169	42,371	42,371
3	9,75	571,450	5919,827	0,419	104,888	147,259
2	6,50	571,450	3904,185	0,276	69,175	216,433
1	3,25	571,450	1916,405	0,136	33,955	250,388
0			14131,821			

Anexo D: Cálculos de diseño de cimentación

Carga admisible

DETERMINACION DE CARGA ADM		
CARACTERÍSTICAS DEL ESTRATO 3		
Ø	35	°
C'	0	KPa
γ	16	kN/m3
DATOS ZAPATA		
B	1,00	m
L	20,00	m
Df	1	m
CAPACIDAD DE CARGA MEYERHOFF		
ANÁLISIS DEL NIVEL FREÁTICO		
Nf<=df	NO	
y prima	16	
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA PARA Ø = 35°		
Nc	46,12	
Nq	33,3	
Ny	37,15	
FACTORES DE FORMA		
Sc	1,037	
Sq	1,369	
Sy	1,369	
FACTORES DE PROFUNDIDAD		
dc	1,27	
dq	1,25	
dy	1,25	
FACTORES DE INCLINACIÓN DE CARGA		
ic	1,00	
iq	1,00	
iy	1,00	
FACTORES DE INCLINACIÓN DE BASE		
gc	1,00	
gq	1,00	
gy	1,00	
CÁLCULO CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA		
q ult1	947,06	KPa
q ult2	95,66	Tonn/m2
Fs	3,00	
q adm	315,69	KPa
q adm	31,89	Tonn/m2

1.2 Meyerhoff

No considera casos en donde:

- La base de la zapata esta inclinada
- Existe inclinación del suelo (talud cercano)

$$q_{ult} = c' N_c S_c d_c i_c + \sigma'_{vDf} N_q S_q d_q i_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga

S_c, S_q, S_γ = Factores de forma (shape)

d_c, d_q, d_γ = Factores de profundidad (depth)

i_c, i_q, i_γ = Factores de inclinación de carga (inclination)

1.2.1 Factores de capacidad de carga

$$N_c = (N_q - 1) * \cot(\phi)$$

$$N_c = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) * e^{\pi \tan \phi} = \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right) * e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) * \tan(1.4\phi)$$

Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof							
φ'	N _c	N _q	N _γ	φ'	N _c	N _q	N _γ
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	8.00
1	5.38	1.09	0.00	27	23.94	13.20	9.46
2	5.63	1.20	0.01	28	25.80	14.72	11.19
3	5.90	1.31	0.02	29	27.86	16.44	13.24
4	6.19	1.43	0.04	30	30.14	18.40	15.67
5	6.49	1.57	0.07	31	32.67	20.63	18.56
6	6.81	1.72	0.11	32	35.49	23.18	22.02
7	7.16	1.88	0.15	33	38.64	26.09	26.17
8	7.53	2.06	0.21	34	42.16	29.44	31.15
9	7.92	2.25	0.28	35	46.12	33.30	37.15
10	8.34	2.47	0.37	36	50.59	37.75	44.43
11	8.80	2.71	0.47	37	55.63	42.92	53.27
12	9.28	2.97	0.60	38	61.35	48.93	64.07
13	9.81	3.26	0.74	39	67.87	55.96	77.33
14	10.37	3.59	0.92	40	75.31	64.20	93.69
15	10.98	3.94	1.13	41	83.86	73.90	113.99
16	11.63	4.34	1.37	42	93.71	85.37	139.32
17	12.34	4.77	1.66	43	105.11	99.01	171.14
18	13.10	5.26	2.00	44	118.37	115.31	211.41
19	13.93	5.80	2.40	45	133.87	134.87	262.74
20	14.83	6.40	2.87	46	152.10	158.50	328.73
21	15.81	7.07	3.42	47	173.64	187.21	414.33
22	16.88	7.82	4.07	48	199.26	222.30	526.45
23	18.05	8.66	4.82	49	229.92	265.50	674.92
24	19.32	9.60	5.72	50	266.88	319.06	873.86

1.2.2 Factores de forma

Para $\phi = 0^\circ$

$$S_c = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right)$$

$$S_q = S_\gamma = 1$$

Para $\phi \geq 10^\circ$

$$S_c = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right) * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L} \right) * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

NOTA - Para zapatas continuas, B/L es pequeño, por lo que S_c, S_q, S_γ están cerca de 1

1.3.3 Factor de profundidad

Para $\phi > 0^\circ$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_q * \tan \phi}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan(\phi) * (1 - \sin(\phi))^2 * k$$

$$d_\gamma = 1$$

Para $\phi = 0^\circ$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = d_\gamma = 1$$

$$D_f/B \leq 1 \text{ usar } k = \frac{D_f}{B}$$

$$D_f/B > 1 \text{ usar } k = \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right) \text{ en radianes}$$

Vigas de cimentación en eje Y

PREDISEÑO DE VIGAS EJE Y

DATOS		
Esfuerzo admisible	31,89	t/m2
Esfuerzo admisible *1,333	42,51567619	t/m2
L	21	m
fs	1,35	
B	0,96	m
B elegido	1,00	m

Carga de servicio : D+L+Sy				
	P [t]	Xi [m]	P*Xi [t*m]	M(Puntual) [t*m]
1	42,33	0	0	11,8532
2	134,01	4,716	631,99116	14,9917
3	115,63	10,484	1212,26492	16,399
4	105,16	14,95	1572,142	15,9079
5	78,84	19,45	1533,438	15,2212
Σ	475,97		4949,83608	74,373

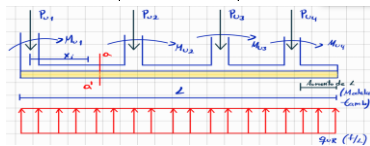
9,725

Comprobacion de L requerida	
ΣM Total	Σ Pi*Xi + Σ M(Puntual)
ΣM Total	5024,21 [t*m]
L/2	10,50 [m]
Resultante Xr=	10,56 [m]
Cumple	
L voladizo	1,55 m
Area de cont def	20,15 m2
Q Demandante	23,62 t/m2
QDM>Qdem: Cumple	

DISEÑO DE VIGAS EJE Y

DIMENSIONES

DATOS		
bw	40	cm
f'c	240	kg/cm2
fy	4200	[kg/cm ²]
rec	7,5	cm
Varilla Long	20	mm
Estribo	10	mm
# Ramales	4	



Cargas de ELU 1,2D+1L-1Sx		
	P [t]	M(Puntual) [t*m]
1	51,1	11,72
2	128,57	16,386
3	147,5	14,373
4	140,41	16,4255
5	88,94	15,4921
Σ	556,52	74,3966

Carga de reaccion del suelo		
qu	26,5009524	t/m2
qu repartida	26,5009524	t/m

H de viga		
Mu	77,9762	t/m
d	74,84	cm
H	84,3447627	cm
H Elegido	85	cm
	V 40x85	
d nuevo	75,5	cm

h de loseta		
x	0,15	m
R	7,950285714	t
Mu	1,192542857	t*m/m
d	5,85392799	cm
h	15,35392799	cm
h elegido	18	cm
d nuevo	8,5	cm

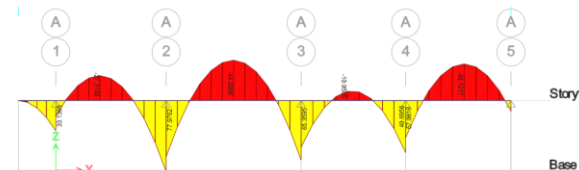
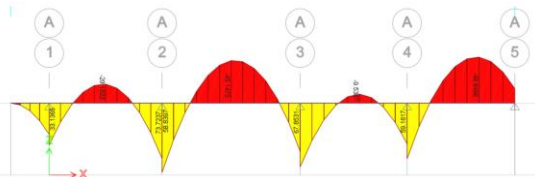
DISEÑO A FLEXION LOSETA

Acero transversal (flexion)		
As min	2,833333333	cm1
As req	4,21	cm2
Φ propuesto	14	mm
# varillas	2,734200584	
Acero colocado	3Φ14	
Acero colocado	4,618141201	cm2

Acero long		
As min	3,24	cm2
Φ propuesto	8	mm
# varillas	6,445775195	
Acero colocado	6Φ8	
Acero colocado	3,015928947	cm2

DISEÑO A FLEXION VIGA

1				2				3				4				5			
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
	Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]		
Superior	0	8,2841	33,1365	Superior	17,6444	20,1923	58,8397	Superior	61,5507	44,2056	51,3026	Superior	50,9856	9,5387	43,2896	Superior	40,6956	40,1217	11,72
Inferior	0	8,2841	33,1365	Inferior	44,7166	27,3145	77,9762	Inferior	73,7237	45,1475	65,3595	Inferior	67,8531	10,0505	57,0816	Inferior	59,1617	48,8496	15,4836
	Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]		
Superior	0,0	8,3	33,1	Superior	22,4	20,2	58,8	Superior	61,6	44,2	51,3	Superior	51,0	17,0	43,3	Superior	40,7	40,1	11,7
Inferior	0,0	8,28	33,1	Inferior	44,7	27,31	78,0	Inferior	73,7	45,15	65,4	Inferior	67,9	16,96	57,1	Inferior	59,2	48,85	15,5
	Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]		
Superior	0,00	3,29	13,17	Superior	8,88	8,02	23,38	Superior	24,46	17,57	20,39	Superior	20,26	6,74	17,20	Superior	16,17	15,94	4,66
Inferior	0,00	3,29	13,17	Inferior	17,77	10,85	30,98	Inferior	29,29	17,94	25,97	Inferior	26,96	6,74	22,68	Inferior	23,51	19,41	6,15
	Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]		
Superior	10,07	10,07	13,17	Superior	10,07	10,07	23,38	Superior	24,46	17,57	20,39	Superior	20,26	10,07	17,20	Superior	16,17	15,94	10,07
Inferior	10,07	10,07	13,17	Inferior	17,77	10,85	30,98	Inferior	29,29	17,94	25,97	Inferior	26,96	10,07	22,68	Inferior	23,51	19,41	10,07
# Varillas con Φ propuesto =	20			# Varillas con Φ propuesto =	20			# Varillas con Φ propuesto =	20			# Varillas con Φ propuesto =	20			# Varillas con Φ propuesto =	20		
Superior	3,20	3,20	4,19	Superior	3,20	3,20	7,44	Superior	7,78	5,59	6,49	Superior	6,45	3,20	5,48	Superior	5,15	5,07	3,20
Inferior	3,20	3,20	4,19	Inferior	5,66	3,45	9,86	Inferior	9,32	5,71	8,27	Inferior	8,58	3,20	7,22	Inferior	7,48	6,18	3,20
	Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado		
Superior	4Ø20	4Ø20	4Ø20		4Ø20	4Ø20	8Ø20		8Ø20	6Ø20	6Ø20		6Ø20	4Ø20	5Ø20		5Ø20	5Ø20	4Ø20
Inferior	4Ø20	4Ø20	6Ø20		6Ø20	4Ø20	10Ø20		10Ø20	6Ø20	10Ø20		10Ø20	4Ø20	8Ø20		8Ø20	6Ø20	4Ø20
	Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]		
Superior	9,42	9,42	12,57	Superior	9,42	9,42	25,13	Superior	25,13	18,85	18,85	Superior	18,85	9,42	15,71	Superior	15,71	15,71	9,42
Inferior	9,42	9,42	15,71	Inferior	18,85	12,57	31,42	Inferior	31,42	18,85	28,27	Inferior	28,27	9,42	21,99	Inferior	21,99	18,85	9,42
	As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)		
Superior	93,62	93,62	95,44	Superior	93,62	93,62	107,50	Superior	102,76	107,31	92,47	Superior	93,04	93,62	91,32	Superior	97,14	98,53	93,62
Inferior	93,62	93,62	119,30	Inferior	106,09	115,78	101,39	Inferior	107,24	105,07	108,87	Inferior	104,87	93,62	96,96	Inferior	93,55	97,11	93,62



Viga de cimentación en eje X

PREDISEÑO DE VIGAS EJE X

DATOS		
Esfuerzo admisible	31,89	t/m2
Esfuerzo admisible *1,333	42,51567619	t/m2
L	24,5	m
fs	1,35	
B	1,00	m
B elegido	1,00	m

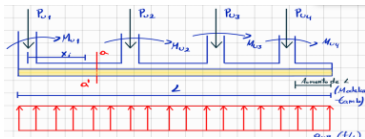
Carga de servicio : D+L+Sx					
	P [t]	Xi [m]	P*Xi [t*m]	M(Puntual) [t*m]	
1	76,17	0	0	17,8678	
2	91,37	3,975	363,19575	19,0548	
3	102,15	7,927	809,74305	19,7259	
4	127,36	13,578	1729,29408	17,4139	
5	126,11	19,049	2402,26939	17,9609	
6	55,66	24,474	1362,22284	12,7713	
Σ	578,82		6666,72511	104,7946	

Comprobacion de L requerida	
ΣM Total	Σ Pi*Xi + Σ M(Puntual)
ΣM Total	6771,52 [t*m]
L/2	12,25 [m]
Resultante Xr=	11,70 [m]
Se debe modificar L	
L voladizo	0,026 m
Area de cont def	24,50 m2
Q Demandante	23,63 t/m2
QDM>Qdem: Cumple	

DISEÑO DE VIGAS EJE X

DIMENSIONES

DATOS	
bw	40 cm
fc	240 kg/cm2
fy	4200 [kg/cm²]
rec	7,5 cm
Varilla Long	20 mm
Estribo	10 mm
# Ramales	2



Cargas de ELU 1,2D+1L-1Sx		
	P [t]	M(Puntual) [t*m]
1	92,85	18,8198
2	144,22	17,8455
3	147,06	16,6232
4	138,92	16,623
5	147,04	17,8456
6	144,22	17,69
Σ	814,31	105,4471

Carga de reaccion del suelo		
qu	33,2371429	t/m2
qu repartida	33,2371429	t/m

H de viga		
Mu	91,7705	t/m
d	81,20	cm
H	90,6954945	cm
H Elegido	90	cm
V 40x80		
d nuevo	80,5	cm

h de loseta		
x	0,15	m
R	9,971142857	t
Mu	1,495671429	t*m/m
d	6,555841978	cm
h	16,05584198	cm
h elegido	18	cm
d nuevo	8,5	cm

DISEÑO A FLEXION LOSETA

Acero transversal (flexion)		
As min	2,833333333	cm1
As req	5,28	cm2
Φ propuesto	14	mm
# varillas	3,429198095	
Acero coloca	3Φ14	
Acero coloca	4,618141201	cm2

Acero long		
As min	3,24	cm2
Φ propuesto	8	mm
# varillas	6,445775195	
Acero coloca	6Φ8	
Acero coloca	3,015928947	cm2

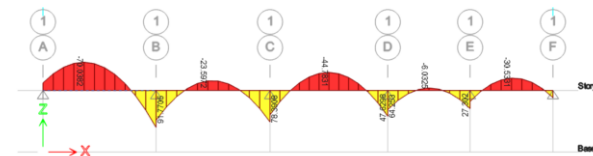
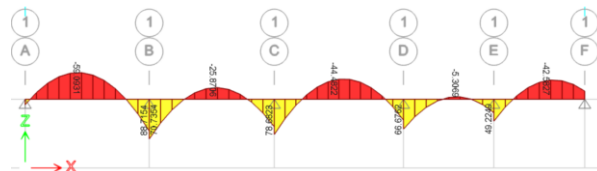
DISEÑO A FLEXION VIGA

Asmin	10,733	cm2
-------	--------	-----

A				B				C				D				E			
Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin			
Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]			
Superior	12,3176	59,0931	70,7354	Superior	74,0726	23,5972	61,3008	Superior	60,5453	44,4822	46,7179	Superior	47,6298	5,3069	30,1349	Superior	27,302	30,5331	17,6979
Inferior	18,8194	70,0382	91,7705	Inferior	88,7154	25,8706	78,3908	Inferior	78,6823	44,7831	64,253	Inferior	66,6762	6,0325	45,1475	Inferior	49,2249	42,5827	18,1176
Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]			
Superior	12,3	59,1	70,7	Superior	74,1	23,6	61,3	Superior	60,5	44,5	46,7	Superior	47,6	16,7	30,1	Superior	27,3	30,5	17,7
Inferior	18,8	70,04	91,8	Inferior	88,7	25,87	78,4	Inferior	78,7	44,78	64,3	Inferior	66,7	16,67	45,1	Inferior	49,2	42,58	18,1
Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]			
Superior	4,59	22,02	26,36	Superior	27,60	8,79	22,85	Superior	22,56	16,58	17,41	Superior	17,75	6,21	11,23	Superior	10,17	11,38	6,60
Inferior	7,01	26,10	34,20	Inferior	33,06	9,64	29,21	Inferior	29,32	16,69	23,95	Inferior	24,85	6,21	16,83	Inferior	18,34	15,87	6,75
Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]			
Superior	10,73	22,02	26,36	Superior	27,60	10,73	22,85	Superior	22,56	16,58	17,41	Superior	17,75	10,73	11,23	Superior	10,73	11,38	10,73
Inferior	10,73	26,10	34,20	Inferior	33,06	10,73	29,21	Inferior	29,32	16,69	23,95	Inferior	24,85	10,73	16,83	Inferior	18,34	15,87	10,73
# Varillas con Φ propuesto = 20				# Varillas con Φ propuesto = 20				# Varillas con Φ propuesto = 20				# Varillas con Φ propuesto = 20				# Varillas con Φ propuesto = 20			
Superior	3,42	7,01	8,39	Superior	8,79	3,42	7,27	Superior	7,18	5,28	5,54	Superior	5,65	3,42	3,57	Superior	3,42	3,62	3,42
Inferior	3,42	8,31	10,89	Inferior	10,52	3,42	9,30	Inferior	9,33	5,31	7,62	Inferior	7,91	3,42	5,36	Inferior	5,84	5,05	3,42
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado			
Superior	4 Φ 20	8 Φ 20	8 Φ 20		8 Φ 20	4 Φ 20	8 Φ 20		8 Φ 20	6 Φ 20	6 Φ 20		6 Φ 20	4 Φ 20	4 Φ 20		4 Φ 20	4 Φ 20	4 Φ 20
Inferior	4 Φ 20	8 Φ 20	12 Φ 20		12 Φ 20	4 Φ 20	10 Φ 20		10 Φ 20	6 Φ 20	8 Φ 20		8 Φ 20	4 Φ 20	6 Φ 20		6 Φ 20	6 Φ 20	4 Φ 20
Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]			
Superior	12,57	21,99	25,13	Superior	25,13	12,57	21,99	Superior	21,99	15,71	18,85	Superior	18,85	12,57	12,57	Superior	12,57	12,57	12,57
Inferior	12,57	25,13	34,56	Inferior	34,56	12,57	28,27	Inferior	28,27	15,71	25,13	Inferior	25,13	12,57	18,85	Inferior	18,85	15,71	12,57
As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)			
Superior	117,08	99,86	95,34	Superior	91,05	117,08	96,26	Superior	97,46	94,76	108,27	Superior	106,19	117,08	111,90	Superior	117,08	110,44	117,08
Inferior	117,08	96,29	101,04	Inferior	104,52	117,08	96,78	Inferior	96,43	94,12	104,96	Inferior	101,14	117,08	112,03	Inferior	102,75	98,98	117,08

Sx

-Sx



Anexo E: Cálculos de diseño de columnas

Demanda de columnas

TABLE: Element Forces - Column C7						
Story	Column	Output Case	Station	M2	M3	P
			m	tonf-m	tonf-m	tonf
Story1	C40	UDConS1	0	-0,7537	-0,2267	-148,6538
Story1	C40	UDConS1	1,325	0,1985	0,097	-147,4949
Story1	C40	UDConS1	2,65	1,1508	0,4208	-146,3361
Story1	C40	UDConS2	0	-0,8456	-0,2546	-160,0767
Story1	C40	UDConS2	1,325	0,2237	0,1103	-159,0834
Story1	C40	UDConS2	2,65	1,293	0,4753	-158,0901
Story1	C40	UDConS3	0	-0,7496	17,3815	-148,5963
Story1	C40	UDConS3	1,325	0,209	6,5305	-147,603
Story1	C40	UDConS3	2,65	1,1676	-4,3205	-146,6097
Story1	C40	UDConS4	0	-0,7919	-17,8455	-147,0627
Story1	C40	UDConS4	1,325	0,1982	-6,3302	-146,0694
Story1	C40	UDConS4	2,65	1,1884	5,1851	-145,0761
Story1	C40	UDConS5	0	14,884	-0,5016	-155,2468
Story1	C40	UDConS5	1,325	3,8034	0,0088	-154,2535
Story1	C40	UDConS5	2,65	-7,2772	0,5193	-153,2601
Story1	C40	UDConS6	0	-16,4255	0,0375	-140,4122
Story1	C40	UDConS6	1,325	-3,3961	0,1915	-139,4189
Story1	C40	UDConS6	2,65	9,6333	0,3454	-138,4256
Story1	C40	UDConS7	0	-0,4633	17,4677	-96,33
Story1	C40	UDConS7	1,325	0,133	6,4927	-95,585
Story1	C40	UDConS7	2,65	0,7294	-4,4823	-94,84
Story1	C40	UDConS8	0	-0,5057	-17,7593	-94,7963
Story1	C40	UDConS8	1,325	0,1222	-6,368	-94,0513
Story1	C40	UDConS8	2,65	0,7502	5,0233	-93,3064
Story1	C40	UDConS9	0	15,1703	-0,4153	-102,9804
Story1	C40	UDConS9	1,325	3,7274	-0,0289	-102,2354
Story1	C40	UDConS9	2,65	-7,7155	0,3575	-101,4904
Story1	C40	UDConS10	0	-16,1393	0,1238	-88,1459
Story1	C40	UDConS10	1,325	-3,4721	0,1537	-87,4009
Story1	C40	UDConS10	2,65	9,195	0,1836	-86,6559

TABLE: Element Forces - Column C7						
Story	Column	Output Case	Station	M2	M3	P
			m	tonf-m	tonf-m	tonf
Story2	C40	UDConS1	0	-1,9076	-0,5288	-106,4801
Story2	C40	UDConS1	1,325	-0,1507	-0,0738	-105,4104
Story2	C40	UDConS1	2,65	1,6063	0,3812	-104,3407
Story2	C40	UDConS2	0	-2,1413	-0,594	-114,1576
Story2	C40	UDConS2	1,325	-0,1694	-0,0834	-113,2407
Story2	C40	UDConS2	2,65	1,8025	0,4271	-112,3238
Story2	C40	UDConS3	0	-1,9321	10,8342	-106,0346
Story2	C40	UDConS3	1,325	-0,1523	1,0995	-105,1178
Story2	C40	UDConS3	2,65	1,6275	-8,6351	-104,2009
Story2	C40	UDConS4	0	-1,9709	-11,9166	-105,1138
Story2	C40	UDConS4	1,325	-0,1563	-1,2513	-104,1969
Story2	C40	UDConS4	2,65	1,6583	9,4141	-103,28
Story2	C40	UDConS5	0	10,5779	-0,6797	-110,0878
Story2	C40	UDConS5	1,325	0,9529	-0,0845	-109,1709
Story2	C40	UDConS5	2,65	-8,6722	0,5107	-108,254
Story2	C40	UDConS6	0	-14,4809	-0,4028	-101,0607
Story2	C40	UDConS6	1,325	-1,2615	-0,0672	-100,1438
Story2	C40	UDConS6	2,65	11,958	0,2683	-99,2269
Story2	C40	UDConS7	0	-1,2069	11,0354	-68,9119
Story2	C40	UDConS7	1,325	-0,0948	1,1279	-68,2242
Story2	C40	UDConS7	2,65	1,0172	-8,7796	-67,5366
Story2	C40	UDConS8	0	-1,2457	-11,7154	-67,9911
Story2	C40	UDConS8	1,325	-0,0989	-1,2229	-67,3034
Story2	C40	UDConS8	2,65	1,048	9,2697	-66,6157
Story2	C40	UDConS9	0	11,3031	-0,4784	-72,9651
Story2	C40	UDConS9	1,325	1,0103	-0,0561	-72,2774
Story2	C40	UDConS9	2,65	-9,2825	0,3662	-71,5897
Story2	C40	UDConS10	0	-13,7557	-0,2015	-63,9379
Story2	C40	UDConS10	1,325	-1,204	-0,0388	-63,2503
Story2	C40	UDConS10	2,65	11,3477	0,1239	-62,5626

TABLE: Element Forces - Column C7						
Story	Column	Output Case	Station	M2	M3	P
			m	tonf-m	tonf-m	tonf
Story3	C40	UDConS1	0	-1,4553	-0,4232	-64,8202
Story3	C40	UDConS1	1,325	-0,0908	0,0041	-63,9622
Story3	C40	UDConS1	2,65	1,2737	0,4314	-63,1042
Story3	C40	UDConS2	0	-1,6328	-0,48	-68,7656
Story3	C40	UDConS2	1,325	-0,1018	0,0075	-68,0302
Story3	C40	UDConS2	2,65	1,4291	0,495	-67,2948
Story3	C40	UDConS3	0	-1,4733	7,0274	-63,9909
Story3	C40	UDConS3	1,325	-0,0916	-0,0354	-63,2555
Story3	C40	UDConS3	2,65	1,29	-7,0983	-62,5201
Story3	C40	UDConS4	0	-1,5033	-7,8995	-63,6363
Story3	C40	UDConS4	1,325	-0,094	0,0474	-62,9008
Story3	C40	UDConS4	2,65	1,3153	7,9944	-62,1654
Story3	C40	UDConS5	0	6,8904	-0,5243	-65,8126
Story3	C40	UDConS5	1,325	0,3608	0,0115	-65,0772
Story3	C40	UDConS5	2,65	-6,1687	0,5472	-64,3418
Story3	C40	UDConS6	0	-9,8669	-0,3478	-61,8146
Story3	C40	UDConS6	1,325	-0,5465	0,0005	-61,0791
Story3	C40	UDConS6	2,65	8,774	0,3489	-60,3437
Story3	C40	UDConS7	0	-0,9205	7,1914	-41,8475
Story3	C40	UDConS7	1,325	-0,0572	-0,0388	-41,2959
Story3	C40	UDConS7	2,65	0,8062	-7,269	-40,7443
Story3	C40	UDConS8	0	-0,9506	-7,7355	-41,4928
Story3	C40	UDConS8	1,325	-0,0596	0,0441	-40,9413
Story3	C40	UDConS8	2,65	0,8315	7,8236	-40,3897
Story3	C40	UDConS9	0	7,4431	-0,3602	-43,6692
Story3	C40	UDConS9	1,325	0,3953	0,0081	-43,1176
Story3	C40	UDConS9	2,65	-6,6525	0,3765	-42,566
Story3	C40	UDConS10	0	-9,3142	-0,1838	-39,6711
Story3	C40	UDConS10	1,325	-0,512	-0,0028	-39,1196
Story3	C40	UDConS10	2,65	8,2902	0,1781	-38,568

TABLE: Element Forces - Column C40						
Story	Column	Output Case	Station	M2	M3	P
			m	tonf-m	tonf-m	tonf
Story4	C40	UDConS1	0	-1,3012	-0,3241	-23,1351
Story4	C40	UDConS1	1,35	-0,1469	-0,0311	-22,4198
Story4	C40	UDConS1	2,7	1,0074	0,2618	-21,7046
Story4	C40	UDConS2	0	-1,4346	-0,3563	-23,1997
Story4	C40	UDConS2	1,35	-0,1715	-0,0452	-22,5867
Story4	C40	UDConS2	2,7	1,0917	0,2659	-21,9736
Story4	C40	UDConS3	0	-1,3014	2,8668	-21,9554
Story4	C40	UDConS3	1,35	-0,1537	-0,2612	-21,3423
Story4	C40	UDConS3	2,7	0,994	-3,3893	-20,7292
Story4	C40	UDConS4	0	-1,3283	-3,5206	-21,9168
Story4	C40	UDConS4	1,35	-0,1551	0,1847	-21,3038
Story4	C40	UDConS4	2,7	1,0182	3,8899	-20,6907
Story4	C40	UDConS5	0	2,3217	-0,326	-22,3738
Story4	C40	UDConS5	1,35	-0,1141	-0,0307	-21,7607
Story4	C40	UDConS5	2,7	-2,5499	0,2645	-21,1477
Story4	C40	UDConS6	0	-4,9514	-0,3278	-21,4984
Story4	C40	UDConS6	1,35	-0,1947	-0,0458	-20,8854
Story4	C40	UDConS6	2,7	4,5621	0,2361	-20,2723
Story4	C40	UDConS7	0	-0,823	2,9854	-14,8918
Story4	C40	UDConS7	1,35	-0,0937	-0,243	-14,432
Story4	C40	UDConS7	2,7	0,6355	-3,4713	-13,9722
Story4	C40	UDConS8	0	-0,8499	-3,402	-14,8533
Story4	C40	UDConS8	1,35	-0,0951	0,2029	-14,3935
Story4	C40	UDConS8	2,7	0,6597	3,8079	-13,9337
Story4	C40	UDConS9	0	2,8001	-0,2075	-15,3102
Story4	C40	UDConS9	1,35	-0,0541	-0,0125	-14,8504
Story4	C40	UDConS9	2,7	-2,9084	0,1825	-14,3906
Story4	C40	UDConS10	0	-4,473	-0,2092	-14,4349
Story4	C40	UDConS10	1,35	-0,1347	-0,0276	-13,9751
Story4	C40	UDConS10	2,7	4,2036	0,1541	-13,5153

Columnas piso 1

DATOS		
h	40	cm
b	65	cm
número de varillas	16	
recubrimiento	4	cm
Diámetro Varilla ϕ_l	16	mm
Área Varilla	2,01	cm ²
f _y	4200	kg/cm ²
f'c	240	kg/cm ²
Es	2030000	kg/cm ²
Ecu	0,003	
β_1	0,878571429	
Pn max (Asegurar Ductilidad)	187,2	ton

COMPROBACIÓN DE LAS DEMANDAS DENTRO DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN	
x	y
-50	187,2
50	187,2

LÍMITES DIMENSIONALES		
Dimensión Menor (a)	40	cm
Dimensión Perpendicular (b)	65	cm
a > 30	Si Cumple	
a/b > 0,4	0,615384615	Si Cumple

REFUERZO LONGITUDINAL		
Numero de varillas	16	
Φ longitudinal	16	mm
Area ϕ_l	2,01	mm ²
Ast	32,16990877	
Se requieren de 12 varillas de 16 mm		
Cuantía (1%-3%)		
pAs	0,012373042	
Si Cumple la cuantía en zona sísmica. Se encuentra entre (0.01-0.03)		

Eje X	
filas	7
columnas	3

Eje Y	
filas	3
columnas	7

SECCIÓN DE LA COLUMNA CON RESPECTO A EJE Y

SECCIÓN DE LA COLUMNA CON RESPECTO A EJE X

DIAGRAMA ETABS (Phi reducido)				
EJE 3-3 (Eje Fuerte- Eje X)				
M3 [ton-m]	P [ton]	M3 [ton-m]	P [ton]	
0	354,1539	0	354,1539	
17,1751	354,1539	-17,1751	354,1539	
26,8476	326,738	-26,8476	326,738	
34,1092	277,6737	-34,1092	277,6737	
39,5366	222,9878	-39,5366	222,9878	
43,5135	160,9393	-43,5135	160,9393	
49,195	130,1505	-49,195	130,1505	
52,8464	89,4256	-52,8464	89,4256	
41,4559	19,1181	-41,4559	19,1181	
24,295	-55,8297	-24,295	-55,8297	
0	-142,5211	0	-142,5211	

DIAGRAMA ETABS (Phi reducido)				
EJE 2-2 (Eje Débil- Eje Y)				
M2 [ton-m]	P [ton]	M2 [ton-m]	P [ton]	
0	354,1539	0	354,1539	
11,3751	354,1539	-11,3751	354,1539	
17,3201	321,0749	-17,3201	321,0749	
22,1222	269,0837	-22,1222	269,0837	
25,7223	211,794	-25,7223	211,794	
28,6013	145,7964	-28,6013	145,7964	
31,0714	123,6515	-31,0714	123,6515	
32,2427	81,3949	-32,2427	81,3949	
24,564	17,9027	-24,564	17,9027	
9,8812	-84,4633	-9,8812	-84,4633	
0	-142,5211	0	-142,5211	

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN REDUCIDO M3

Combinación mas crítica

Mu [ton-m]	Pu [ton]
17,3815	148,5963

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN REDUCIDO M2

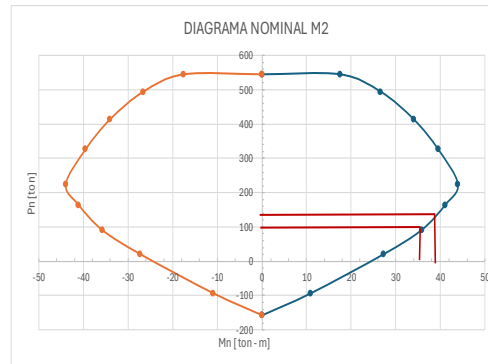
Combinación mas crítica

Mu [ton-m]	Pu [ton]
14,884	155,2468

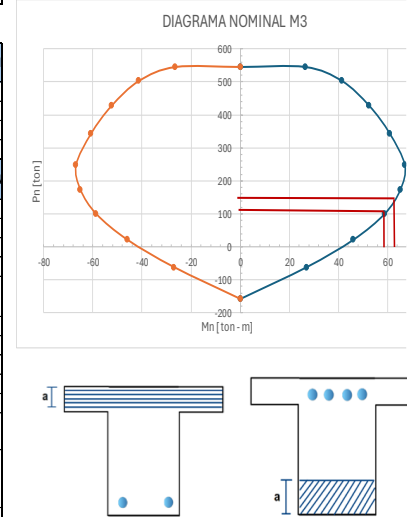
CRITERIO COLUMNA FUERTE - VIGA DEBIL



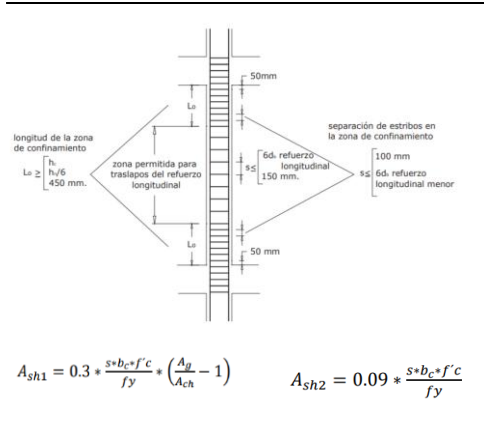
MOMENTO POSITIVO, ARRIBA COMPRESIÓN - ABAJO TRACCIÓN		
Base superior b	75	cm
Acero colocado As	6,03	cm ²
a	2,06975516	cm
Mpr1	16,8359343	ton - m
MOMENTO NEGATIVO, ARRIBA TRACCIÓN - ABAJO COMPRESIÓN		
Base inferior b	35	cm
Acero colocado As	10,05	cm ²
a	7,39198271	cm
Mpr2	26,6553878	ton - m
$\sum M_{nb}$	43,4913221	ton - m
Pu 1 (Piso 2)	110,0878	ton
Pu2	155,2468	ton
Mn 1	36	ton - m
Mn2	40	ton - m
$\sum M_{nc}$	76	ton - m
$\sum M_{nc} \geq 1.2 \cdot \sum M_{nb}$		
Si Cumple		



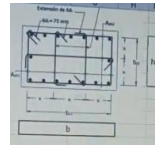
MOMENTO POSITIVO, ARRIBA COMPRESIÓN - ABAJO TRACCIÓN		
Base inferior b	75,00	cm
Aceró colocado As	6,03	cm ²
a	2,06975516	
Mpr1	16,8359343	ton-m
MOMENTO NEGATIVO, ARRIBA TRACCIÓN - ABAJO COMPRESIÓN		
Base superior b	35	cm
Aceró colocado As	8,04	cm ²
a	5,91358617	cm
Mpr1	21,636422	ton-m
$\sum M_{nb}$	38,4723563	ton-m
Pu1 (Piso 2)	106,0346	ton
Pu2	148,5963	ton
Mn1	59	ton-m
Mn2	64	ton-m
$\sum M_{nc}$	123	ton-m
$\sum M_{nc} \geq 1.2 * \sum M_{nb}$		
Si Cumple		



CONFINAMIENTO DE ACERO TRANSVERSAL Y LONGITUD REQUERIDA

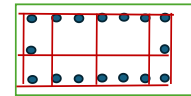


ACERO TRANSVERSAL. CONFINAMIENTO			
Altura libre de la columna	2,65	m	
Zona de Confinamiento			
lo	Maxima dimension de columna a	65	cm
	b	44,17	cm
	c(Normativa)	45	cm
lo seleccionada		65	cm
Separación Estribos			
s	a	9,6	cm
	b	10	cm
Separación seleccionada		9,6	cm
Fuera de zona de Confinamiento			
s	a (6*db)	9,6	cm
	b	15	cm
Separación seleccionada		9,6	cm



Diámetro Varilla ϕ_l	16	mm
ϕ_e	12	mm

Acero Transversal Confinado dimension b			
d	59	cm	
bc1	55,8	cm	
Ag	2600	cm ²	
Ach	1718,64	cm ²	
Area Varillas Estribos	Ash 1	4,71	cm ²
	Ash 2	2,75492571	cm ²
Ash Max		4,71	cm ²
Se colocan 1 estribo exterior de 12mm y estribo interior de 12 mm y 1 gancho de 12 mm.			
Area Estribo ϕ_e	1,13097336	cm ²	
#Ramales	5	cm ²	
Area Av	5,65486678	cm ²	



bc2

bc1

Acero Transversal Confinado dimension h			
d	34	cm	
bc2	30,8	cm	
Ag	2600	cm ²	
Ach	1718,64	cm ²	
Area Varillas Estribos	Ash 1	2,60	cm ²
	Ash 2	1,52064	cm ²
Ash Max		2,60	cm ²
Area Estribo ϕ_e	1,130973355	cm ²	
#Ramales	3	cm ²	

LONGITUD REQUERIDA DEL ANCLAJE DE REFUERZO A FLEXIÓN EN COLUMNA EXT			
Φ var. Long	16	mm	
Longitud de desarrollo	ld	979,795897	mm
Longitud exterior	l _{ext}	192	mm
Longitud interior	ldh	254,021159	mm
Longitud de empalme (Tipo B)	l _{st}	1273,73467	mm

Cumple

FUERZA POR CAPACIDAD DE CARGA

FUERZA CORTANTE POR CAPACIDAD EJE 2			
Pu	155,2468	ton	
Debido a que el armado longitudinal de la columna será el mismo al inicio y al final de este piso, el momento probable será el mismo			
Mpr1 = Mpr2	43	ton	
Ve = Vu	32,45283019	ton · m	
Pu >= Ag f'c / 20	31,2	ton	
Se debe utilizar el aporte de resistencia a cortante del hormigón porque Pu > Ag f'c / 20			
Vc	26	ton	
ϕ	0,75		
Vs >= Vu / ϕ - Vc	17	ton	
Av	5,65	cm ²	
Separación Demanda	s	46,45	cm
Separación por Normativa	s	9,6	cm

$$V_c = 0.53 * \left(1 + \frac{N_u}{140 * A_g} \right) * \sqrt{f'_c} * b * d =$$

FUERZA CORTANTE POR CAPACIDAD EJE 3			
Pu	148,5963	ton	
Debido a que el armado longitudinal de la columna será el mismo al inicio y al final de este piso, el momento probable será el mismo			
Mpr1 = Mpr2	69	ton	
Ve = Vu	52,0754717	ton · m	
Pu >= Ag f'c / 20	31,2	ton	
Se debe utilizar el aporte de resistencia a cortante del hormigón porque Pu > Ag f'c / 20			
Vc	44	ton	
ϕ	0,75		
Vs >= Vu / ϕ - Vc	25	ton	
Av	5,654866776	cm ²	
Separación Demanda	s	55,85	cm
Separación por Normativa	s	9,6	cm

DIAGRAMA NOMINAL ETABS CONSIDERANDO 1.25 fy			
EJE 2			
M2 [ton-m]	P [ton]		
0	576,5235		
19,7791	576,5235		
28,6382	508,189		
35,6391	425,4387		
40,6277	333,3721		
44,2133	225,8121		
43,441	147,1913		
38,1346	73,9432		
29,6027	-3,2018		
13,2884	-116,9418		
0	-197,946		

Pu [ton]	155,2468
Mpr [ton-m]	43

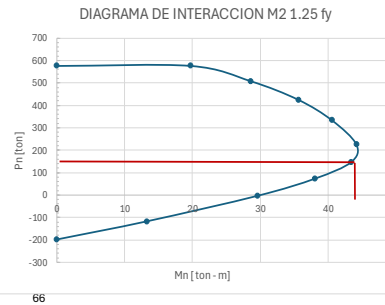
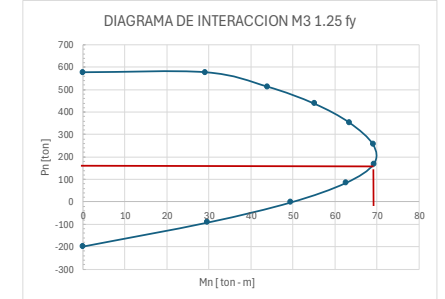


DIAGRAMA NOMINAL ETABS CONSIDERANDO 1.25 fy			
EJE 3			
M3 [ton-m]	P [ton]		
0	576,5235		
29,2039	576,5235		
43,9269	512,5711		
55,0985	437,0876		
63,4483	352,9555		
69,1109	255,7764		
69,2578	168,0978		
62,6352	84,4509		
49,5592	-1,8514		
29,6173	-91,7249		
0	-197,946		

Pu [ton]	148,5963
Mpr [ton-m]	69



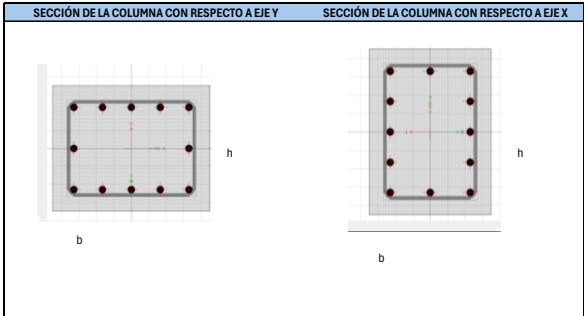
Columnas Piso 2

DISEÑO DE COLUMNAS CENTRALES
COLUMNA C40 , PISO 2

DATOS		
h	40	cm
b	60	cm
número de varillas	16	
recubrimiento	4	cm
Diámetro Varilla ϕ	14	mm
Área Varilla	1,54	cm ²
f _y	4200	kg/cm ²
f'c	240	kg/cm ²
Es	2030000	kg/cm ²
Scu	0,003	
β	0,878571429	
Pn max (Asegurar Ductilidad)	172,8	ton

LÍMITES DIMENSIONALES		
Dimensión Menor (a)	40	cm
Dimensión Perpendicular (b)	60	cm
a > 30	Si Cumple	
a/b > 0.4	0,666666667	Si Cumple
REFUERZO LONGITUDINAL		
Numero de varillas	16	
Φ longitudinal	14	mm
Area Φ	1,54	mm ²
Ast	24,6300864	
Se requieren de 12 varillas de 14 mm		
Cuantía (1%-3%)		
pAs	0,010262536	
Si Cumple la cuantía en zona sísmica. Se encuentra entre (0.01-0.03)		

Eje X	
filas	7
columnas	3
Eje Y	
filas	3
columnas	7



x	y
-50	172,8
50	172,8

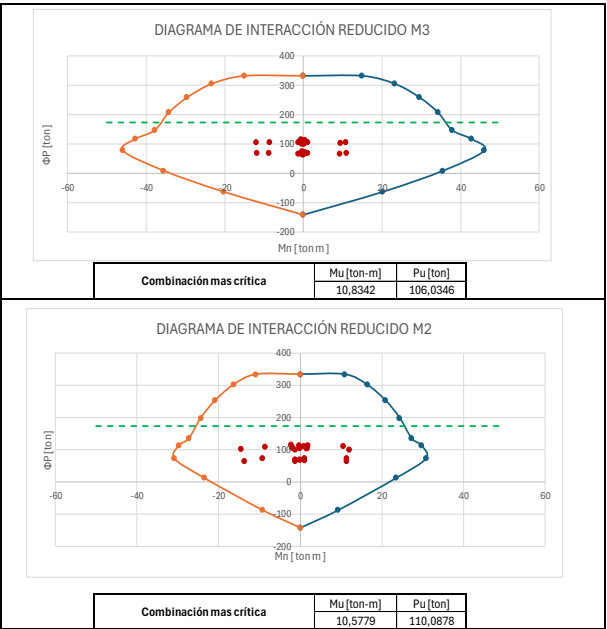
COMPROBACIÓN DE LAS DEMANDAS DENTRO DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

Combinación	Estación	M2	M3	P
1.4D	UDConS1	0	-1,9076	106,4801
1.4D	UDConS1	1,325	-0,1507	105,4104
1.4D	UDConS1	2,65	1,6063	104,3407
1.2D+1.6L	UDConS2	0	-2,1413	114,1576
1.2D+1.6L	UDConS2	1,325	-0,1694	113,2407
1.2D+1.6L	UDConS2	2,65	1,8025	112,3238
1.2D+1S+1L	UDConS3	0	-1,9321	106,0346
1.2D+1S+1L	UDConS3	1,325	-0,1523	105,1178
1.2D+1S+1L	UDConS3	2,65	1,6275	104,2009
1.2D+1L-1SX	UDConS4	0	-1,9709	105,1138
1.2D+1L-1SX	UDConS4	1,325	-0,1563	104,1969
1.2D+1L-1SX	UDConS4	2,65	1,6583	103,28
1.2D+1L+1SY	UDConS5	0	10,5779	110,0878
1.2D+1L+1SY	UDConS5	1,325	0,9529	109,1709
1.2D+1L+1SY	UDConS5	2,65	-8,6722	108,254
1.2D+1L-1SY	UDConS6	0	-14,4809	101,0607
1.2D+1L-1SY	UDConS6	1,325	-1,2615	100,1438
1.2D+1L-1SY	UDConS6	2,65	11,958	99,2269
0.9D+1SX	UDConS7	0	-1,2069	68,9119
0.9D+1SX	UDConS7	1,325	-0,0948	68,2242
0.9D+1SX	UDConS7	2,65	1,0172	67,5366
0.9D-1SX	UDConS8	0	-1,2457	67,9911
0.9D-1SX	UDConS8	1,325	-0,0989	67,3034
0.9D-1SX	UDConS8	2,65	1,048	66,6157
0.9D+1SY	UDConS9	0	11,3031	72,9651
0.9D+1SY	UDConS9	1,325	1,0103	72,2774
0.9D+1SY	UDConS9	2,65	-9,2825	71,5897
0.9D-1SY	UDConS10	0	-13,7557	63,9379
0.9D-1SY	UDConS10	1,325	-1,204	63,2503
0.9D-1SY	UDConS10	2,65	11,3477	62,5626

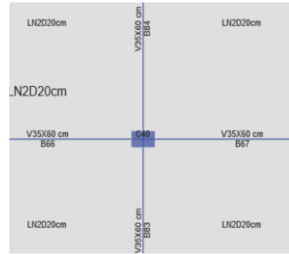
DIAGRAMA ETABS (Phi reducido)			
EJE 3-3 (Eje Fuerte- Eje X)			
M3 [ton-m]	P [ton]	M3 [ton-m]	P [ton]
0	332,9379	0	332,9379
14,9634	332,9379	-14,9634	332,9379
23,298	305,6395	-23,298	305,6395
29,5742	259,0995	-29,5742	259,0995
34,3082	206,8355	-34,3082	206,8355
37,8614	146,9791	-37,8614	146,9791
42,8069	116,8598	-42,8069	116,8598
45,9835	77,1778	-45,9835	77,1778
35,5537	8,6255	-35,5537	8,6255
20,2393	-63,6514	-20,2393	-63,6514
0	-142,5211	0	-142,5211

DIAGRAMA ETABS (Phi reducido)			
EJE 2-2 (Eje Débil - Eje Y)			
M2 [ton-m]	P [ton]	M2 [ton-m]	P [ton]
0	332,9379	0	332,9379
10,8381	332,9379	-10,8381	332,9379
16,3846	300,6188	-16,3846	300,6188
20,927	251,6596	-20,927	251,6596
24,406	197,4018	-24,406	197,4018
27,3025	134,4361	-27,3025	134,4361
29,6829	113,0894	-29,6829	113,0894
30,8403	71,9571	-30,8403	71,9571
23,5212	11,6109	-23,5212	11,6109
9,3059	-87,6092	-9,3059	-87,6092
0	-142,5211	0	-142,5211

Las demandas se encuentran dentro del diagrama de interacción reducido, tanto para el EJE 2-2, como para el EJE 3-3. Así mismo, están dentro de el límite 30%fc Ag b para asegurar la ductilidad



CRITERIO COLUMNA FUERTE - VIGA DEBIL

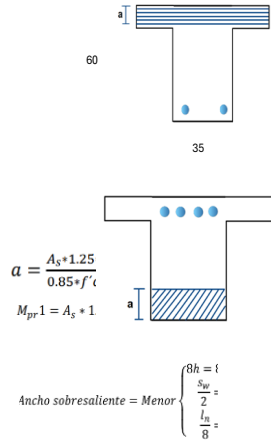


VIGA EJE Y											
APORTE DE LA LOSA											
Tabla 6.3.2.1 — Límites dimensionales del ancho sobresaliente del ala para vigas T Ancho sobresaliente efectivo del ala, más allá de la cara del alma <table> <tr> <th>Ubicación del ala</th><th>El menor de:</th><th>El mayor de:</th></tr> <tr> <td>A cada lado del alma</td><td>$\frac{b_f}{4}$</td><td>$\frac{b_f}{8}$</td></tr> <tr> <td>A un solo lado</td><td>$\frac{b_f}{4}$</td><td>$\frac{b_f}{8}$</td></tr> </table> b_f = distancia libre entre almas de vigas adyacentes			Ubicación del ala	El menor de:	El mayor de:	A cada lado del alma	$\frac{b_f}{4}$	$\frac{b_f}{8}$	A un solo lado	$\frac{b_f}{4}$	$\frac{b_f}{8}$
Ubicación del ala	El menor de:	El mayor de:									
A cada lado del alma	$\frac{b_f}{4}$	$\frac{b_f}{8}$									
A un solo lado	$\frac{b_f}{4}$	$\frac{b_f}{8}$									
Base de viga	35	cm									
Altura de viga	60	cm									
Distancia Alma de vigas sw	40	cm									
Luz viga en Y Ln	5,368	m									
Ancho sobresaliente	20	cm									
Peralte efectivo d	54,2	cm									

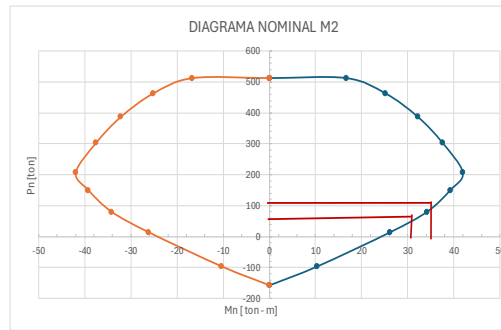
DIAGRAMA NOMINAL ETABS				
EJE 2				
M2 [ton-m]	P [ton]	M2 [ton-m]	P [ton]	
0	512,2122	0	512,2122	
16,6739	512,2122	-16,6739	512,2122	
25,2071	462,4905	-25,2071	462,4905	
32,1954	387,1686	-32,1954	387,1686	
37,5477	303,695	-37,5477	303,695	
42,0038	206,8248	-42,0038	206,8248	
39,2935	149,705	-39,2935	149,705	
34,267	79,9524	-34,267	79,9524	
26,1347	12,901	-26,1347	12,901	
10,3399	-97,3436	-10,3399	-97,3436	
0	-158,3568	0	-158,3568	

VIGA EJE X											
APORTE DE LA LOSA											
Tabla 6.3.2.1 — Límites dimensionales del ancho sobresaliente del ala para vigas T Ancho sobresaliente efectivo del ala, más allá de la cara del alma <table> <tr> <th>Ubicación del ala</th><th>El menor de:</th><th>El mayor de:</th></tr> <tr> <td>A cada lado del alma</td><td>$\frac{b_f}{4}$</td><td>$\frac{b_f}{8}$</td></tr> <tr> <td>A un solo lado</td><td>$\frac{b_f}{4}$</td><td>$\frac{b_f}{8}$</td></tr> </table> b_f = distancia libre entre almas de vigas adyacentes			Ubicación del ala	El menor de:	El mayor de:	A cada lado del alma	$\frac{b_f}{4}$	$\frac{b_f}{8}$	A un solo lado	$\frac{b_f}{4}$	$\frac{b_f}{8}$
Ubicación del ala	El menor de:	El mayor de:									
A cada lado del alma	$\frac{b_f}{4}$	$\frac{b_f}{8}$									
A un solo lado	$\frac{b_f}{4}$	$\frac{b_f}{8}$									
Base de viga	35	cm									
Altura de viga	60	cm									
Distancia Alma de vigas sw	40	cm									
Luz viga en X Ln	5,051	m									
Ancho sobresaliente	20	cm									
Peralte efectivo d	54,20	cm									

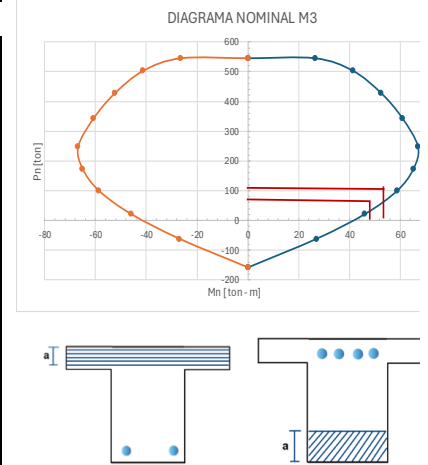
DIAGRAMA NOMINAL ETABS				
EJE 3				
M3 [ton-m]	P [ton]	M3 [ton-m]	P [ton]	
0	544,8522	0	544,8522	
26,4233	544,8522	-26,4233	544,8522	
41,3041	502,6738	-41,3041	502,6738	
52,4757	427,1903	-52,4757	427,1903	
60,8256	343,0582	-60,8256	343,0582	
66,9438	247,5988	-66,9438	247,5988	
65,1232	172,29	-65,1232	172,29	
58,7182	99,3618	-58,7182	99,3618	
46,0621	21,2423	-46,0621	21,2423	
26,9945	-62,033	-26,9945	-62,033	
0	-158,3568	0	-158,3568	



MOMENTO POSITIVO, ARRIBA COMPRESIÓN - ABAJO TRACCIÓN		
Base superior b	75	cm
Acero colocado As	6,03	cm2
a	2,06975516	cm
Mpr1	16,8359343	ton - m
MOMENTO NEGATIVO, ARRIBA TRACCIÓN - ABAJO COMPRESIÓN		
Base inferior b	35	cm
Acero colocado As	8,04	cm2
a	5,91358617	cm
Mpr2	21,636422	ton - m
$\sum M_{nb}$	38,4723563	ton - m
Pu 1 (Piso 3)	65,8126	ton
Pu2	110,0878	ton
Mn 1	33	ton - m
Mn2	37	ton - m
$\sum M_{nc}$	70	ton - m
$\sum M_{nc} \geq 1.2 \cdot \sum M_{nb}$		
Si Cumple		



MOMENTO POSITIVO, ARRIBA COMPRESIÓN - ABAJO TRACCIÓN		
Base inferior b	75,00	cm
Acero colocado As	6,03	cm2
a	2,06975516	cm
Mpr1	16,8359343	ton - m
MOMENTO NEGATIVO, ARRIBA TRACCIÓN - ABAJO COMPRESIÓN		
Base superior b	35	cm
Acero colocado As	8,04	cm2
a	5,91358617	cm
Mpr2	21,636422	ton - m
$\sum M_{nb}$	38,4723563	ton - m
Pu 1 (Piso 3)	63,9909	ton
Pu2	106,0346	ton
Mn 1	48	ton - m
Mn2	53	ton - m
$\sum M_{nc}$	101	ton - m
$\sum M_{nc} \geq 1.2 \cdot \sum M_{nb}$		
Si Cumple		



CONFINAMIENTO DE ACERO TRANSVERSAL Y LONGITUD REQUERIDA

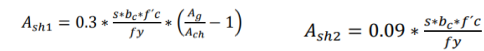


Diagrama de um elemento finito de placa quadrada. O elemento é representado por um retângulo com dimensões a (largura) e b (altura). O elemento é discretizado por uma malha de elementos triangulares. Os parâmetros de material e de malha são indicados: E (módulo de elasticidade), ν (coeficiente de Poisson), t (espessura da placa), Δx (distância entre os nós na direção x) e Δy (distância entre os nós na direção y). A carga P é aplicada no centro do elemento. A figura também mostra a discretização por elementos triangulares e a malha de elementos quadrados.

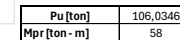
bc1

LONGITUD REQUERIDA DEL ANCLAJE DE REFUERZO A FLEXIÓN EN COLUMNA EXT			
Φ var. Long		14	mm
Longitud de desarrollo	ld	857,32141	mm
Longitud exterior	l _{ext}	168	mm
	ld _h	222,268514	mm
Longitud de empalme (Tipo B)	l _{st}	1114,51783	mm

FUERZA POR CAPACIDAD DE CARGA

$$V_c = 0.53 * \left(1 + \frac{N_u}{140 * A_g}\right) * \sqrt{f'c} * b * d =$$

Pu [ton]	110,0878
Mpr [ton - m]	40



Columnas Piso 3

DISEÑO DE COLUMNAS CENTRALES

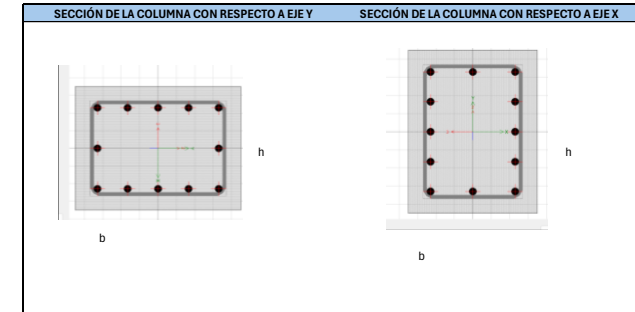
COLUMNA C40 , PISO 3

DATOS		
h	35	cm
b	55	cm
número de varillas	16	
recubrimiento	4	cm
Diámetro Varilla ϕ t	14	mm
Área Varilla	1,54	cm ²
f _y	4200	kg/cm ²
f' c	240	kg/cm ²
Es	2030000	kg/cm ²
ε _{cu}	0,003	
β1	0,878571429	
Pn max (Asegurar Ductilidad)	138,6	ton

LÍMITES DIMENSIONALES		
Dimensión Menor (a)	35	cm
Dimensión Perpendicular (b)	55	cm
a > 30	Si Cumple	
b/a > 0.4	0,636363636	Si Cumple
REFUERZO LONGITUDINAL		
Numero de varillas	16	
Φ longitudinal	14	mm
Area Φ	1,54	mm ²
Ast	24,6300864	
Se requieren de 12 varillas de 14 mm		
Cuantía (1%-3%)		
pAs	0,01279485	
Si Cumple la cuantía en zona sísmica. Se encuentra entre (0.01-0.03)		

Eje X	
filas	7
columnas	3

Eje Y	
filas	3
columnas	7



x	y
-50	138,6
50	138,6

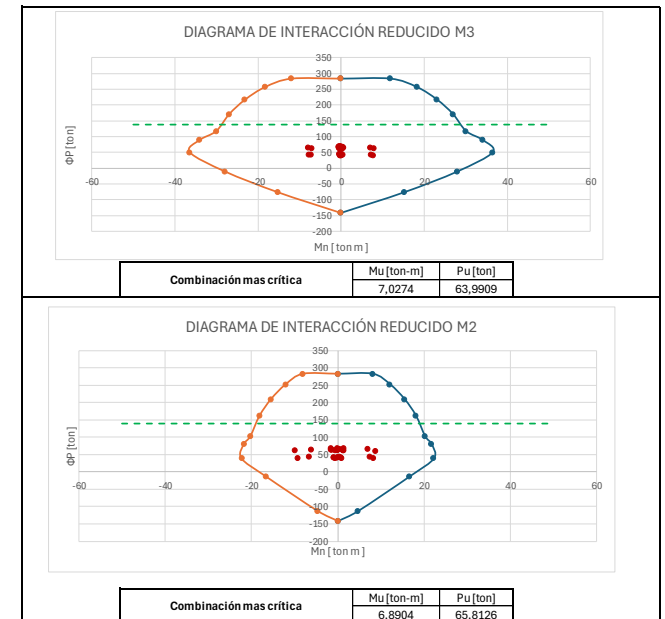
COMPROBACIÓN DE LAS DEMANDAS DENTRO DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

Combinación		Estación	M2	M3	P
1.4D	UDConS1	0	-1,4553	-0,4232	64,8202
1.4D	UDConS1	1,325	-0,0908	0,0041	63,9622
1.4D	UDConS1	2,65	1,2737	0,4314	63,1042
1.2D+1.6L	UDConS2	0	-1,6328	-0,48	68,7656
1.2D+1.6L	UDConS2	1,325	-0,1018	0,0075	68,0302
1.2D+1.6L	UDConS2	2,65	1,4291	0,495	67,2948
1.2D+1S+1L	UDConS3	0	-1,4733	7,0274	63,9909
1.2D+1S+1L	UDConS3	1,325	-0,0916	-0,0354	63,2555
1.2D+1S+1L	UDConS3	2,65	1,29	-7,0983	62,5201
1.2D+1L+1SX	UDConS4	0	-1,5033	-7,8995	63,6363
1.2D+1L+1SX	UDConS4	1,325	-0,094	0,0474	62,9008
1.2D+1L+1SX	UDConS4	2,65	1,3153	7,9944	62,1654
1.2D+1L+1SY	UDConS5	0	6,8904	-0,5243	65,8126
1.2D+1L+1SY	UDConS5	1,325	0,3608	0,0115	65,0772
1.2D+1L+1SY	UDConS5	2,65	-6,1687	0,5472	64,3418
1.2D+1L+1SY	UDConS6	0	-9,8669	-0,3478	61,8146
1.2D+1L+1SY	UDConS6	1,325	-0,5465	0,0005	61,0791
1.2D+1L+1SY	UDConS6	2,65	8,774	0,3489	60,3437
0.9D+1SX	UDConS7	0	-0,9205	7,1914	41,8475
0.9D+1SX	UDConS7	1,325	-0,0572	-0,0388	41,2959
0.9D+1SX	UDConS7	2,65	0,8062	-7,269	40,7443
0.9D+1SX	UDConS8	0	-0,9506	-7,7355	41,4928
0.9D+1SX	UDConS8	1,325	-0,0596	0,0441	40,9413
0.9D+1SX	UDConS8	2,65	0,8315	7,8236	40,3897
0.9D+1SY	UDConS9	0	7,4431	-0,3602	43,6692
0.9D+1SY	UDConS9	1,325	0,3953	0,0081	43,1176
0.9D+1SY	UDConS9	2,65	-6,6525	0,3765	42,566
0.9D+1SY	UDConS10	0	-9,3142	-0,1838	39,6711
0.9D+1SY	UDConS10	1,325	-0,512	-0,0028	39,1196
0.9D+1SY	UDConS10	2,65	8,2902	0,1781	38,568

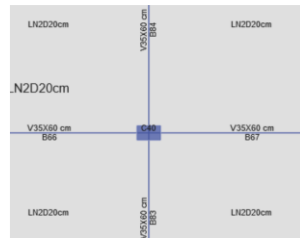
DIAGRAMA ETABS (Phi reducido)				
E/E 3-3 (Eje Fuerte- Eje X)				
M3 [ton-m]	P [ton]	M3 [ton-m]	P [ton]	
0	282.5499	0	282.5499	
11.8898	282.5499	-11.8898	282.5499	
18.2394	256.1431	-18.2394	256.1431	
23.1	216.126	-23.1	216.126	
26.9274	170.2619	-26.9274	170.2619	
30.0606	116.5253	-30.0606	116.5253	
34.108	88.1709	-34.108	88.1709	
36.4329	49.4937	-36.4329	49.4937	
27.917	-11.5654	-27.917	-11.5654	
15.2403	-76.8478	-15.2403	-76.8478	
0	-142.5211	0	-142.5211	

DIAGRAMA ETABS (Phi reducido)			
EJE 2-2 (Eje Dócil - Eje Y)			
M2 [ton-m]	P [ton]	M2 [ton-m]	P [ton]
0	282.5499	0	282.5499
8,0723	282.5499	-8,0723	282.5499
12,0874	252,0092	-12,0874	252,0092
15,4411	209,527	-15,4411	209,527
18,0978	161,4836	-18,0978	161,4836
20,2329	101,834	-20,2329	101,834
21,709	79,8538	-21,709	79,8538
22,2723	38,7114	-22,2723	38,7114
16,7033	-13,07	-16,7033	-13,07
4,7339	-113,005	-4,7339	-113,005
0	-142,5211	0	-142,5211

Las demandas se encuentran dentro del diagrama de interacción reducido, tanto para el EJE 2-2, como para el EJE 3-3. Así mismo, están dentro de el límite 30%fc Ag b para asegurar la **ductilidad**



CRITERIO COLUMNA FUERTE - VIGA DEBIL

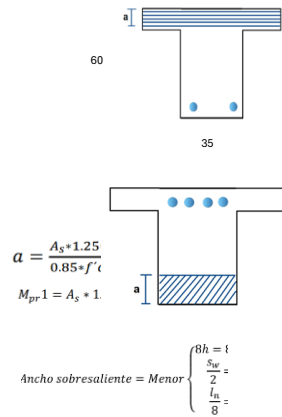


VIGA EJE Y			
APORTE DE LA LOSA			
Tabla 6.3.2.1 — Límites dimensionales del ancho sobresaliente del ala para vigas T			
Ubicación del ala	Ancho sobresaliente efectivo del ala, más allá de la cara del alma		
A cada lado del alma	El menor de:	$b_f/4$	
		$c_f/8$	
		d	
A un solo lado	El menor de:	$b_f/2$	
		$c_f/12$	
c_f = distancia libre entre almas de vigas adyacentes			
Base de viga	35	cm	
Altura de viga	60	cm	
Distancia Alma de vigas sw	40	cm	
Luz viga en Y Ln	5,418	m	
Ancho sobresaliente	20	cm	
Peralte efectivo d	54.2	cm	

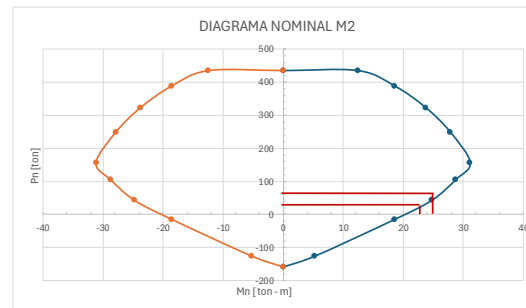
DIAGRAMA NOMINAL ETABS			
EJE 2			
M2 [ton-m]	P [ton]	M2 [ton-m]	P [ton]
0	434,6922	0	434,6922
12,419	434,6922	-12,419	434,6922
18,5959	387,7064	-18,5959	387,7064
23,7556	322,3493	-23,7556	322,3493
27,8428	248,4363	-27,8428	248,4363
31,1275	156,6678	-31,1275	156,6678
28,7379	105,7085	-28,7379	105,7085
24,747	43,0127	-24,747	43,0127
18,5593	-14,5222	-18,5593	-14,5222
5,2599	-125,5612	-5,2599	-125,5612
0	-158,3568	0	-158,3568

VIGA EJE X			
APORTE DE LA LOSA			
Tabla 6.3.2.1 — Límites dimensionales del ancho sobresaliente del ala para vigas T			
Ubicación del ala	Ancho sobresaliente efectivo del ala, más allá de la cara del alma		
A cada lado del alma	El menor de:	$\frac{b_f}{4}$	cm
		$\frac{c_f}{8}$	
		d	
A un solo lado	El menor de:	$\frac{b_f}{2}$	cm
		$\frac{c_f}{12}$	
		c_f	
c _f = distancia libre entre almas de vigas adyacentes			
Base de viga	35	cm	
Altura de viga	60	cm	
Distancia Alma de vigas sw	40	cm	
Luz viga en X Ln	5,101	m	
Ancho sobresaliente	20	cm	
Peralte efectivo d	54,2	cm	

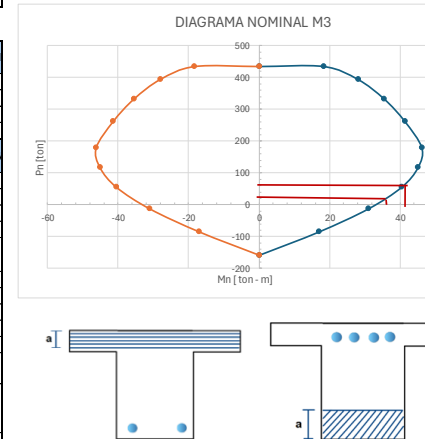
DIAGRAMA NOMINAL ETABS			
EJE 3			
M3 [ton-m]	P [ton]	M3 [ton-m]	P [ton]
0	434,6922	0	434,6922
18,2919	434,6922	-18,2919	434,6922
28,0606	394,0663	-28,0606	394,0663
35,5385	332,5016	-35,5385	332,5016
41,4268	261,9414	-41,4268	261,9414
46,2471	179,2696	-46,2471	179,2696
45,1513	116,7184	-45,1513	116,7184
40,481	54,993	-40,481	54,993
31,0189	-12,8505	-31,0189	-12,8505
16,9336	-85,3864	-16,9336	-85,3864
0	-158,3568	0	-158,3568



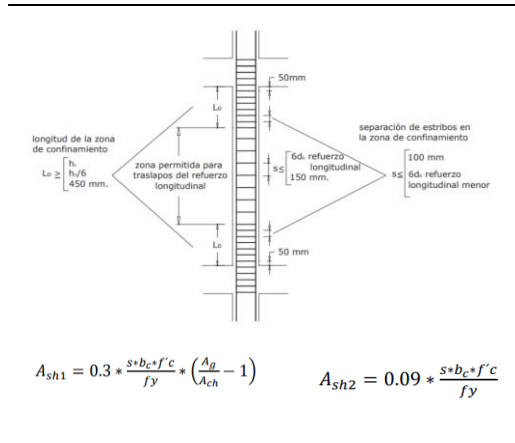
MOMENTO POSITIVO, ARRIBA COMPRESIÓN - ABAJO TRACCIÓN			
Base superior b	75	cm	
Acero colocado As	6,03	cm2	
a	2,06975516	cm	
Mpr1	16,8359343	ton - m	
MOMENTO NEGATIVO, ARRIBA TRACCIÓN - ABAJO COMPRESIÓN			
Base inferior b	35	cm	
Acero colocado As	8,04	cm2	
a	5,91358617	cm	
Mpr2	21,636422	ton - m	
$\sum M_{nb}$	38,4723563	ton - m	
Pu 1 (Piso 4)	22,3738	ton	
Pu2	65,8126	ton	
Mn 1	24	ton - m	
Mn2	26	ton - m	
$\sum M_{nc}$	50	ton - m	
$\sum M_{nc} \geq 1.2 \cdot \sum M_{nb}$			
Si Cumple			



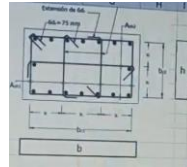
MOMENTO POSITIVO, ARRIBA COMPRESIÓN - ABAJO TRACCIÓN			
Base inferior b	75,00	cm	
Acero colocado As	6,03	cm2	
a	2,06975516	cm	
Mpr1	16,8359343	ton - m	
MOMENTO NEGATIVO, ARRIBA TRACCIÓN - ABAJO COMPRESIÓN			
Base superior b	35	cm	
Acero colocado As	8,04	cm2	
a	5,91358617	cm	
Mpr2	21,636422	ton - m	
$\sum M_{nb}$	38,4723563	ton - m	
Pu 1 (Piso 4)	21,9554	ton	
Pu2	63,9909	ton	
Mn 1	37	ton - m	
Mn2	42	ton - m	
$\sum M_{nc}$	79	ton - m	
$\sum M_{nc} \geq 1.2 \cdot \sum M_{nb}$			
Si Cumple			



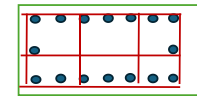
CONFINAMIENTO DE ACERO TRANSVERSAL Y LONGITUD REQUERIDA



ACERO TRANSVERSAL CONFINAMIENTO			
Altura libre de la columna	2,65	m	
Zona de Confinamiento			
lo	Maxima dimension de columna a	55	cm
	b	44,17	cm
	c(Normativa)	45	cm
lo seleccionada		55	cm
Separación Estribos			
s	a	8,4	cm
	b	10	cm
Separación seleccionada		8,4	cm
Fuera de zona de Confinamiento			
s	a (6*db)	8,4	cm
	b	15	cm
Separación seleccionada		8,4	cm



Diámetro Varilla ϕ	14	mm
ϕ_e	12	mm
Acero Transversal Confinado dimension b		
d	49,1	cm
bc1	45,8	cm
Ag	1925	cm ²
Ach	1181,64	cm ²
Area Varillas	Ash 1	4,15 cm ²
Estribos	Ash 2	1,97856 cm ²
Ash Max	4,15	cm ²
Se colocan 1 estribo exterior de 16mm y tres ganchos interiores de 16 mm.		
Area Estribo ϕ_e	1,13097336	cm ²
#Ramales	4	cm ²
Area	4,52389342	cm ²



bc1

bc2

Acero Transversal Confinado dimension h		
d	29,1	cm
bc2	25,8	cm
Ag	1925	cm ²
Ach	1181,64	cm ²
Area Varillas	Ash 1	2,34 cm ²
Estribos	Ash 2	1,11456 cm ²
Ash Max	2,34	cm ²
Area Estribo ϕ_e	1,130973355	cm ²
#Ramales	3	cm ²

LONGITUD REQUERIDA DEL ANCLAJE DE REFUERZO A FLEXIÓN EN COLUMNA EXT			
Φ var. Long	14	mm	
Longitud de desarrollo	ld	857,32141	mm
Longitud exterior	text	168	mm
Longitud de empalme (Tipo B)	ldh	222,268514	mm
	lst	1114,51783	mm

Cumple

FUERZA POR CAPACIDAD DE CARGA

FUERZA CORTANTE POR CAPACIDAD EJE 2			
Pu	65,8126	ton	
Debido a que el armado longitudinal de la columna será el mismo al inicio y al final de este piso, el momento probable será el mismo			
Mpr1 = Mpr2	29	ton	
Ve = Vu	21,88679245	ton - m	
Pu > Ag f'c / 20	23,1	ton	
Se debe utilizar el aporte de resistencia a cortante del hormigón porque Pu > Ag f'c / 20			
Vc	16	ton	
ϕ	0,75		
Vs > Vu / ϕ - Vc	13	ton	
Av	4,52	cm ²	
Separación Demanda	s	43,09	cm
Separación por Normativa	s	8,4	cm

$$V_c = 0.53 * \left(1 + \frac{N_u}{140 * A_g} \right) * \sqrt{f'_c} * b * d =$$

DIAGRAMA NOMINAL ETABS CONSIDERANDO 1.25 fy		
EJE 2		
M2 [ton-m]	P [ton]	
0	466,3635	
14,0592	458,9502	
19,9594	399,5627	
24,7431	330,9368	
28,2905	252,3291	
31,1275	156,6678	
30,6349	89,213	
26,644	26,1446	
20,4562	-37,6159	
6,5142	-154,2437	
0	-197,946	
Pu [ton]	65,8126	
Mpr [ton-m]	29	

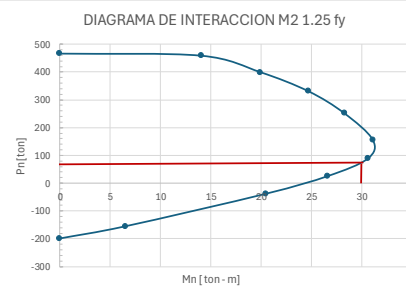
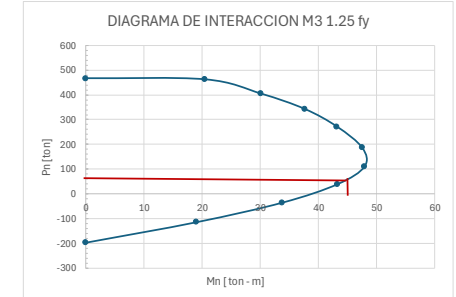


DIAGRAMA NOMINAL ETABS CONSIDERANDO 1.25 fy		
EJE 3		
M3 [ton-m]	P [ton]	
0	466,3635	
20,5126	461,9627	
30,1885	403,9636	
37,6664	342,3989	
43,2556	270,4474	
47,5713	185,4289	
47,9634	110,0035	
43,3183	38,4975	
33,8561	-35,9442	
19,0616	-115,0783	
0	-197,946	
Pu [ton]	63,9909	
Mpr [ton-m]	46	



Columnas Piso 4

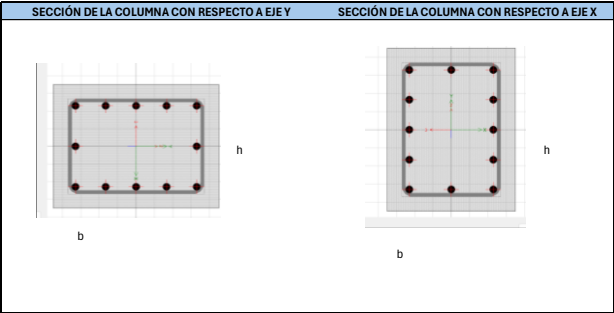
DISEÑO DE COLUMNAS CENTRALES
COLUMNA C40 , PISO 4

DATOS		
h	35	cm
b	45	cm
número de varillas	12	
recubrimiento	4	cm
Diámetro Varilla ϕ	14	mm
Área Varilla	1,54	cm ²
f_y	4200	kg/cm ²
$f'c$	240	kg/cm ²
Es	2030000	kg/cm ²
ξ_{cu}	0,003	
β_1	0,878571429	
Pn max (Asegurar Ductilidad)	113,4	ton

x	y
-50	113,4
50	113,4

LÍMITES DIMENSIONALES		
Dimensión Menor (a)	35	cm
Dimensión Perpendicular (b)	45	cm
a > 30	Si Cumple	
a/b > 0,4	0,777777778	Si Cumple
REFUERZO LONGITUDINAL		
Número de varillas	12	
Φ longitudinal	14	mm
Área ϕ	1,54	mm ²
Ast	18,4725648	
Se requieren de 12 varillas de 14 mm		
Cuantía (1%-3%)		
pAs	0,011728613	
Si Cumple la cuantía en zona sísmica. Se encuentra entre (0.01-0.03)		

Eje X	
filas	5
columnas	3
Eje Y	
filas	3
columnas	5



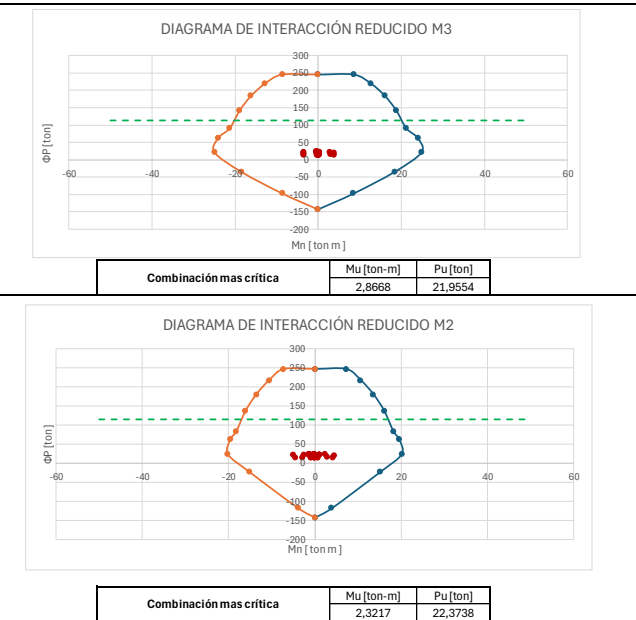
COMPROBACIÓN DE LAS DEMANDAS DENTRO DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

Combinación	Estación	M2	M3	P
1.4D	UDConS1	0	-1,3012	23,1351
1.4D	UDConS1	1,325	-0,1469	22,4198
1.4D	UDConS1	2,65	1,0074	21,7046
1.2D+1.6L	UDConS2	0	-1,4346	23,1997
1.2D+1.6L	UDConS2	1,325	-0,1715	22,5867
1.2D+1.6L	UDConS2	2,65	1,0917	21,9736
1.2D+1S+1L	UDConS3	0	-1,3014	21,9554
1.2D+1S+1L	UDConS3	1,325	-0,1537	21,3423
1.2D+1S+1L	UDConS3	2,65	0,994	20,7292
1.2D+1L-1SX	UDConS4	0	-1,3283	21,9168
1.2D+1L-1SX	UDConS4	1,325	-0,1551	21,3038
1.2D+1L-1SX	UDConS4	2,65	1,0182	20,6907
1.2D+1L+1SY	UDConS5	0	2,3217	22,3738
1.2D+1L+1SY	UDConS5	1,325	-0,1141	21,7607
1.2D+1L+1SY	UDConS5	2,65	-2,5499	21,1477
1.2D+1L-1SY	UDConS6	0	-4,9514	21,4984
1.2D+1L-1SY	UDConS6	1,325	-0,1947	20,8854
1.2D+1L-1SY	UDConS6	2,65	4,5621	20,2723
0.9D+1SX	UDConS7	0	-0,823	14,8918
0.9D+1SX	UDConS7	1,325	-0,0937	14,432
0.9D+1SX	UDConS7	2,65	0,6355	13,9722
0.9D-1SX	UDConS8	0	-0,8499	14,8533
0.9D-1SX	UDConS8	1,325	-0,0951	14,3935
0.9D-1SX	UDConS8	2,65	0,6597	13,9337
0.9D+1SY	UDConS9	0	2,8001	15,3102
0.9D+1SY	UDConS9	1,325	-0,0541	14,8504
0.9D+1SY	UDConS9	2,65	-2,9084	14,3906
0.9D-1SY	UDConS10	0	-4,473	14,4349
0.9D-1SY	UDConS10	1,325	-0,1347	13,9751
0.9D-1SY	UDConS10	2,65	4,2036	13,5153

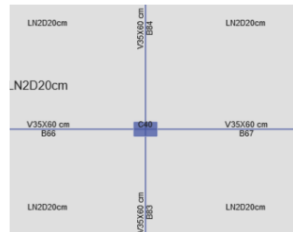
DIAGRAMA ETABS (Phi reducido)			
EJE 3-3 (Eje Fuerte- Eje X)			
M3 [ton-m]	P [ton]	M3 [ton-m]	P [ton]
0	245,4219	0	245,4219
8,5962	245,4219	-8,5962	245,4219
12,7668	219,451	-12,7668	219,451
16,1515	183,6989	-16,1515	183,6989
18,8806	141,7582	-18,8806	141,7582
21,2474	91,1519	-21,2474	91,1519
24,0215	63,0632	-24,0215	63,0632
24,917	21,6667	-24,917	21,6667
18,3988	-34,8238	-18,3988	-34,8238
8,5195	-97,0642	-8,5195	-97,0642
0	-142,5211	0	-142,5211

DIAGRAMA ETABS (Phi reducido)			
EJE 2-2 (Eje Débil - Eje Y)			
M2 [ton-m]	P [ton]	M2 [ton-m]	P [ton]
0	245,4219	0	245,4219
7,2364	245,4219	-7,2364	245,4219
10,636	216,4115	-10,636	216,4115
13,5947	179,3355	-13,5947	179,3355
16,0768	136,6982	-16,0768	136,6982
18,2576	82,4548	-18,2576	82,4548
19,6092	61,8361	-19,6092	61,8361
20,1607	22,6117	-20,1607	22,6117
15,1388	-23,8031	-15,1388	-23,8031
3,8732	-118,3716	-3,8732	-118,3716
0	-142,5211	0	-142,5211

Las demandas se encuentran dentro del diagrama de interacción reducido, tanto para el EJE 2-2, como para el EJE 3-3. Así mismo, están dentro de el límite 30%fc Ag b para asegurar la ductilidad



CRITERIO COLUMNA FUERTE - VIGA DEBIL

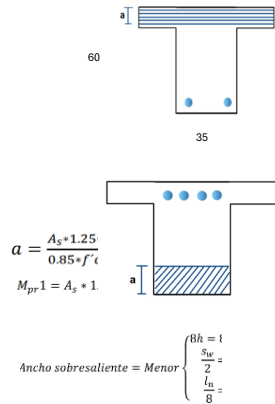


VIGA/EJE Y APORTE DE LA LOSA		
Tabla 6.3.2.1 - Límites dimensionales del ancho sobresaliente del ala para vigas Y		
Ubicación del ala	El menor de:	$\frac{b_s}{4}$ $\frac{h_s}{4}$
A cada lado del alma	El menor de:	$\frac{b_s}{4}$ $\frac{h_s}{4}$
A un solo lado	El menor de:	$\frac{b_s}{4}$ $\frac{h_s}{4}$
a_{ly} = distancia libre entre almas de vigas adyacentes.		
Base de viga	35	cm
Altura de viga	55	cm
Distancia Alma de vigas sw	40	cm
Luz viga en Y Ln	5,418	m
Ancho sobresaliente	20	cm
Peralte efectivo d	49,2	cm

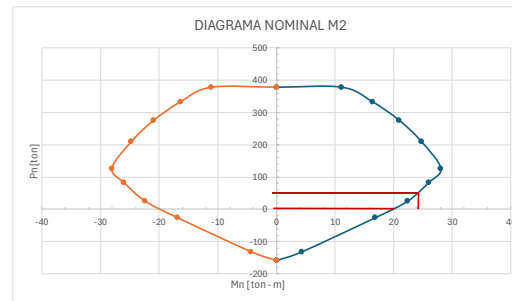
DIAGRAMA NOMINAL ETABS			
EJE 2			
M2 (ton-m)	P (ton)	M2 (ton-m)	P (ton)
0	377,5722	0	377,5722
11,133	377,5722	-11,133	377,5722
16,3631	332,9407	-16,3631	332,9407
20,915	275,9008	-20,915	275,9008
24,7335	210,305	-24,7335	210,305
28,0886	126,8535	-28,0886	126,8535
25,9582	81,8571	-25,9582	81,8571
22,4008	25,1241	-22,4008	25,1241
16,8208	-26,4479	-16,8208	-26,4479
4,3036	-131,524	-4,3036	-131,524
0	-158,3568	0	-158,3568

VIGA/EJE X APORTE DE LA LOSA		
Tabla 6.3.2.1 - Límites dimensionales del ancho sobresaliente del ala para vigas Y		
Ubicación del ala	El menor de:	$\frac{b_s}{4}$ $\frac{h_s}{4}$
A cada lado del alma	El menor de:	$\frac{b_s}{4}$ $\frac{h_s}{4}$
A un solo lado	El menor de:	$\frac{b_s}{4}$ $\frac{h_s}{4}$
Base de viga	35	cm
Altura de viga	55	cm
Distancia Alma de vigas sw	40	cm
Luz viga en X Ln	5,201	m
Ancho sobresaliente	20	cm
Peralte efectivo d	49,2	cm

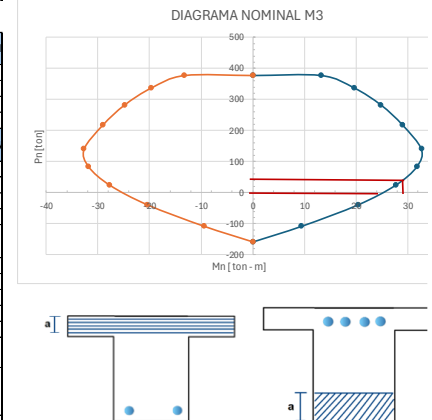
DIAGRAMA NOMINAL ETABS			
EJE 3			
M3 (ton-m)	P (ton)	M3 (ton-m)	P (ton)
0	377,5722	0	377,5722
13,2249	377,5722	-13,2249	377,5722
19,6413	337,6169	-19,6413	337,6169
24,8485	282,6137	-24,8485	282,6137
29,0471	218,0895	-29,0471	218,0895
32,6883	140,2337	-32,6883	140,2337
31,7991	83,4816	-31,7991	83,4816
27,6856	24,0741	-27,6856	24,0741
20,4431	-38,6932	-20,4431	-38,6932
9,4661	-107,8491	-9,4661	-107,8491
0	-158,3568	0	-158,3568



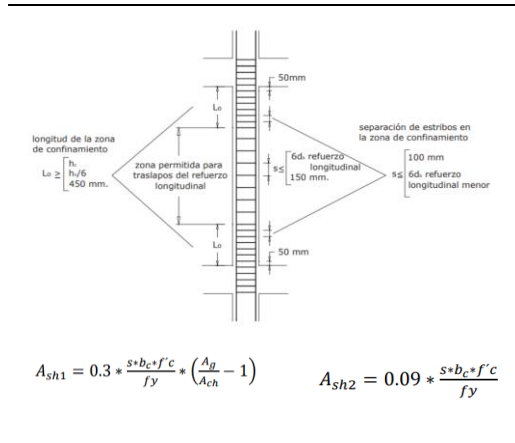
MOMENTO POSITIVO, ARRIBA COMPRESIÓN - ABAJO TRACCIÓN		
Base superior b	75	cm
Acero colocado As	6,03	cm2
a	2,06975516	cm
Mpr1	15,2525716	ton - m
MOMENTO NEGATIVO, ARRIBA TRACCIÓN - ABAJO COMPRESIÓN		
Base inferior b	35	cm
Acero colocado As	6,03	cm2
a	4,43518963	cm
Mpr2	14,8780376	ton - m
$\sum M_{nb}$	30,1306092	ton - m
Pu 1 (Piso 5)	0	ton
Pu2	22,3738	ton
Mn 1	20	ton - m
Mn2	24	ton - m
$\sum M_{nc}$	44	ton - m
$\sum M_{nc} \geq 1.2 * \sum M_{nb}$		
Si Cumple		



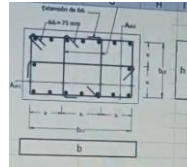
MOMENTO POSITIVO, ARRIBA COMPRESIÓN - ABAJO TRACCIÓN		
Base inferior b	75,00	cm
Acero colocado As	6,03	cm2
a	2,06975516	cm
Mpr1	15,2525716	ton - m
MOMENTO NEGATIVO, ARRIBA TRACCIÓN - ABAJO COMPRESIÓN		
Base superior b	35	cm
Acero colocado As	6,03	cm2
a	4,43518963	cm
Mpr2	14,8780376	ton - m
$\sum M_{nb}$	30,1306092	ton - m
Pu 1 (Piso 5)	0	ton
Pu2	21,9554	ton
Mn 1	26	ton - m
Mn2	29	ton - m
$\sum M_{nc}$	55	ton - m
$\sum M_{nc} \geq 1.2 * \sum M_{nb}$		
Si Cumple		



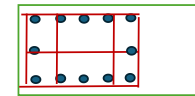
CONFINAMIENTO DE ACERO TRANSVERSAL Y LONGITUD REQUERIDA



ACERO TRANSVERSAL CONFINAMIENTO			
Altura libre de la columna	2,65	m	
Zona de Confinamiento			
lo	Maxima dimension de columna a	45	cm
	b	44,17	cm
	c(Normativa)	45	cm
lo seleccionada		45	cm
Separación Estribos			
s	a	8,4	cm
	b	10	cm
Separación seleccionada		8,4	cm
Fuera de zona de Confinamiento			
s	a (6*db)	8,4	cm
	b	15	cm
Separación seleccionada		8,4	cm



Diámetro Varilla ϕ	14	mm
ϕ_e	12	mm
Acero Transversal Confinado dimension b		
d	39,1	cm
bc1	35,8	cm
Ag	1575	cm ²
Ach	923,64	cm ²
Area Varillas	Ash 1	3,64
Estribos	Ash 2	1,54656
Ash Max	3,64	cm ²
Se colocan 1 estribo exterior de 16mm y tres ganchos interiores de 16 mm.		
Area Estribo ϕ_e	1,13097336	cm ²
#Ramales	4	cm ²
Area	4,52389342	cm ²



bc1

bc2

Acero Transversal Confinado dimension h		
d	29,1	cm
bc2	25,8	cm
Ag	1575	cm ²
Ach	923,64	cm ²
Area Varillas	Ash 1	2,62
Estribos	Ash 2	1,11456
Ash Max	2,62	cm ²
Area Estribo ϕ_e	1,130973355	cm ²
#Ramales	3	cm ²

LONGITUD REQUERIDA DEL ANCLAJE DE REFUERZO A FLEXIÓN EN COLUMNA EXT			
Φ var. Long	14	mm	
Longitud de desarrollo	ld	857,32141	mm
Longitud exterior	text	168	mm
Longitud de empalme (Tipo B)	ldh	222,268514	mm
	lst	1114,51783	mm

Cumple

FUERZA POR CAPACIDAD DE CARGA

FUERZA CORTANTE POR CAPACIDAD EJE 2			
Pu	22,3738	ton	
Debido a que el armado longitudinal de la columna será el mismo al inicio y al final de este piso, el momento probable será el mismo			
Mpr1 = Mpr2	26	ton	
Ve = Vu	19,62264151	ton - m	
Pu >= Ag f'c / 20	18,9	ton	
Se debe utilizar el aporte de resistencia a cortante del hormigón porque Pu > Ag f'c / 20			
Vc	12	ton	
ϕ	0,75		
Vs >= Vu / ϕ - Vc	14	ton	
Av	4,52	cm ²	
Separación Demanda	s	38,61	cm
Separación por Normativa	s	8,4	cm

$$V_c = 0.53 * \left(1 + \frac{N_u}{140 * A_g}\right) * \sqrt{f'_c} * b * d =$$

FUERZA CORTANTE POR CAPACIDAD EJE 3			
Pu	21,9554	ton	
Debido a que el armado longitudinal de la columna será el mismo al inicio y al final de este piso, el momento probable será el mismo			
Mpr1 = Mpr2	32	ton	
Ve = Vu	24,1509434	ton - m	
Pu >= Ag f'c / 20	18,9	ton	
Se debe utilizar el aporte de resistencia a cortante del hormigón porque Pu > Ag f'c / 20			
Vc	16	ton	
ϕ	0,75		
Vs >= Vu / ϕ - Vc	16	ton	
Av	4,523893421	cm ²	
Separación Demanda	s	45,53	cm
Separación por Normativa	s	8,4	cm

DIAGRAMA NOMINAL ETABS CONSIDERANDO 1.25 fy		
EJE 2		
M2 [ton-m]	P [ton]	
0	409,2435	
12,7733	395,8673	
17,7266	344,797	
21,9026	284,4883	
25,1812	214,1977	
28,0896	126,8535	
27,8552	65,3616	
24,2978	8,2561	
18,7178	-49,5416	
5,5579	-160,2065	
0	-197,946	

Pu [ton]	22,3738
Mpr [ton - m]	26

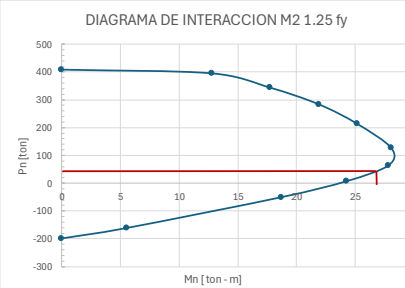
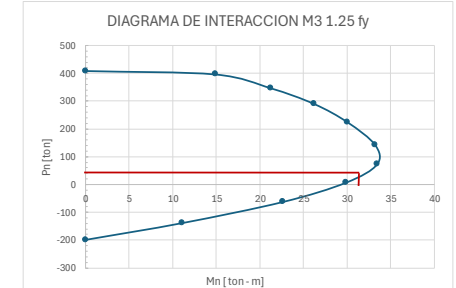


DIAGRAMA NOMINAL ETABS CONSIDERANDO 1.25 fy		
EJE 3		
M3 [ton-m]	P [ton]	
0	409,2435	
14,8898	396,7754	
21,2306	347,2492	
26,2011	290,8108	
30,0657	224,263	
33,2008	143,3398	
33,4321	73,5843	
29,863	7,5786	
22,6205	-61,7869	
11,0992	-137,541	
0	-197,946	

Pu [ton]	21,9554
Mpr [ton - m]	32



Anexo F: Cálculos de diseño de vigas

Demanda de vigas

TABLE: Element Forces - Column C7						
Story	Column	Output Case	Station	M2	M3	P
			m	tonf-m	tonf-m	tonf
Story1	C7	1.4D	0	-0,173423591	-0,007121391	-160,0425213
Story1	C7	1.4D	1,275	0,044695166	0,001835343	-158,7210609
Story1	C7	1.4D	2,55	0,262813922	0,010792076	-157,3996005
Story1	C7	1.2D+1.6L	0	-0,245412532	-0,032435008	-235,5763105
Story1	C7	1.2D+1.6L	1,275	0,063248337	0,008359232	-234,4436301
Story1	C7	1.2D+1.6L	2,55	0,371909207	0,049153472	-233,3109498
Story1	C7	1.2D+1S+1L	0	0,336045938	23,08338116	-202,8334825
Story1	C7	1.2D+1S+1L	1,275	0,259797478	7,524133393	-201,7008021
Story1	C7	1.2D+1S+1L	2,55	0,183549018	-8,03511437	-200,5681218
Story1	C7	1.2D+1L-1SX	0	-0,754298196	-23,12850295	-194,5213836
Story1	C7	1.2D+1L-1SX	1,275	-0,152004449	-7,51250449	-193,3887032
Story1	C7	1.2D+1L-1SX	2,55	0,450289297	8,103493973	-192,2560229
Story1	C7	1.2D+1L+1SY	0	24,78894168	-0,350216666	-196,1277967
Story1	C7	1.2D+1L+1SY	1,275	9,567144462	-0,10218799	-194,9951164
Story1	C7	1.2D+1L+1SY	2,55	-5,654652759	0,145840685	-193,862436
Story1	C7	1.2D+1L-1SY	0	-25,20719394	0,305094869	-201,2270693
Story1	C7	1.2D+1L-1SY	1,275	-9,459351434	0,113816894	-200,094389
Story1	C7	1.2D+1L-1SY	2,55	6,288491074	-0,077461082	-198,9617086
Story1	C7	0.9D+1SX	0	0,433685473	23,10136402	-107,0405274
Story1	C7	0.9D+1SX	1,275	0,23463357	7,519498805	-106,1910172
Story1	C7	0.9D+1SX	2,55	0,035581668	-8,062366408	-105,3415069
Story1	C7	0.9D-1SX	0	-0,656658661	-23,11052009	-98,72842852
Story1	C7	0.9D-1SX	1,275	-0,177168357	-7,517139078	-97,87891826
Story1	C7	0.9D-1SX	2,55	0,302321947	8,076241935	-97,02940799
Story1	C7	0.9D+1SY	0	24,88658122	-0,332233805	-100,3348417
Story1	C7	0.9D+1SY	1,275	9,541980555	-0,106822579	-99,48533143
Story1	C7	0.9D+1SY	2,55	-5,802620109	0,118588647	-98,63582116
Story1	C7	0.9D-1SY	0	-25,10955441	0,323077731	-105,4341143
Story1	C7	0.9D-1SY	1,275	-9,484515342	0,109182305	-104,584604
Story1	C7	0.9D-1SY	2,55	6,140523724	-0,10471312	-103,7350937
Story1	C7	D+L	0	-0,184351331	-0,021543557	-175,8142157
Story1	C7	D+L	1,275	0,047511491	0,00555226	-174,8703154
Story1	C7	D+L	2,55	0,279374312	0,032648077	-173,9264151
Story1	C7	1.2D+0.5L	0	-0,178887461	-0,014332474	-167,9283685
Story1	C7	1.2D+0.5L	1,275	0,046103328	0,003693801	-166,7956882
Story1	C7	1.2D+0.5L	2,55	0,271094117	0,021720076	-165,6630078

TABLE: Element Forces - Column C7						
Story	Column	Output Case	Station	M2	M3	P
			m	tonf-m	tonf-m	tonf
Story2	C7	1.4D	0	-0,210425693	-0,1431894	-124,292872
Story2	C7	1.4D	1,3	-0,056952381	0,0342447	-123,179342
Story2	C7	1.4D	2,6	0,09652093	0,2116788	-122,065812
Story2	C7	1.2D+1.6L	0	-0,280537495	-0,27846354	-186,31329
Story2	C7	1.2D+1.6L	1,3	-0,085280239	0,05436114	-185,358836
Story2	C7	1.2D+1.6L	2,6	0,109977017	0,38718583	-184,404382
Story2	C7	1.2D+1S+1L	0	0,15990533	18,632796	-159,562054
Story2	C7	1.2D+1S+1L	1,3	0,002118109	2,94986768	-158,6076
Story2	C7	1.2D+1S+1L	2,6	-0,155669112	-12,7330607	-157,653146
Story2	C7	1.2D+1L-1SX	0	-0,645850858	-19,0729258	-153,232119
Story2	C7	1.2D+1L-1SX	1,3	-0,145330653	-2,8599018	-152,277665
Story2	C7	1.2D+1L-1SX	2,6	0,355189553	13,3531222	-151,323211
Story2	C7	1.2D+1L+1SY	0	19,30181035	-0,49630286	-154,290266
Story2	C7	1.2D+1L+1SY	1,3	3,445250284	0,00196243	-153,335811
Story2	C7	1.2D+1L+1SY	2,6	-12,41130978	0,50022771	-152,381357
Story2	C7	1.2D+1L-1SY	0	-19,78775588	0,0561731	-158,503908
Story2	C7	1.2D+1L-1SY	1,3	-3,588462828	0,08800345	-157,549454
Story2	C7	1.2D+1L-1SY	2,6	12,61083022	0,11983381	-156,595
Story2	C7	0.9D+1SX	0	0,267604435	18,7608106	-83,0675283
Story2	C7	0.9D+1SX	1,3	0,037112136	2,9268992	-82,3516876
Story2	C7	0.9D+1SX	2,6	-0,193380163	-12,9070122	-81,6358468
Story2	C7	0.9D-1SX	0	-0,538151753	-18,9449113	-76,7375933
Story2	C7	0.9D-1SX	1,3	-0,110336626	-2,88287029	-76,0217525
Story2	C7	0.9D-1SX	2,6	0,317478502	13,1791707	-75,3059117
Story2	C7	0.9D+1SY	0	19,40950945	-0,3682883	-77,7957395
Story2	C7	0.9D+1SY	1,3	3,480244311	-0,02100606	-77,0798987
Story2	C7	0.9D+1SY	2,6	-12,44902083	0,32627618	-76,364058
Story2	C7	0.9D-1SY	0	-19,68005677	0,18418765	-82,0093821
Story2	C7	0.9D-1SY	1,3	-3,553468801	0,06503497	-81,2935413
Story2	C7	0.9D-1SY	2,6	12,57311917	-0,05411772	-80,5777006
Story2	C7	D+L	0	-0,212911951	-0,19960925	-138,640962
Story2	C7	D+L	1,3	-0,063470217	0,04009084	-137,845584
Story2	C7	D+L	2,6	0,085971516	0,27979093	-137,050205
Story2	C7	1.2D+0.5L	0	-0,211668822	-0,17139932	-131,466917
Story2	C7	1.2D+0.5L	1,3	-0,060211299	0,03716777	-130,512463
Story2	C7	1.2D+0.5L	2,6	0,091246223	0,24573487	-129,558009

TABLE: Element Forces - Column C7						
Story	Column	Output Case	Station	M2	M3	P
			m	tonf-m	tonf-m	tonf
Story3	C7	1.4D	0	-0,14526896	-0,27846577	-90,1447668
Story3	C7	1.4D	1,3	0,02361584	-0,01221487	-89,2428075
Story3	C7	1.4D	2,6	0,19250064	0,25403603	-88,3408481
Story3	C7	1.2D+1.6L	0	-0,20023336	-0,50420224	-138,794466
Story3	C7	1.2D+1.6L	1,3	0,04295778	-0,02093332	-138,021358
Story3	C7	1.2D+1.6L	2,6	0,28614892	0,4623356	-137,24825
Story3	C7	1.2D+1S+1L	0	0,16139547	15,001778	-117,992656
Story3	C7	1.2D+1S+1L	1,3	0,05963179	1,50629573	-117,219548
Story3	C7	1.2D+1S+1L	2,6	-0,0421319	-11,9891865	-116,44644
Story3	C7	1.2D+1L-1SX	0	-0,50507436	-15,8110445	-113,450634
Story3	C7	1.2D+1L-1SX	1,3	0,00924705	-1,5403148	-112,677526
Story3	C7	1.2D+1L-1SX	2,6	0,52356847	12,7304149	-111,904418
Story3	C7	1.2D+1L+1SY	0	14,7374146	-0,62374936	-114,0317
Story3	C7	1.2D+1L+1SY	1,3	0,92740146	-0,03832317	-113,258592
Story3	C7	1.2D+1L+1SY	2,6	-12,8826117	0,54710302	-112,485484
Story3	C7	1.2D+1L-1SY	0	-15,0810935	-0,18551715	-117,41159
Story3	C7	1.2D+1L-1SY	1,3	-0,85852262	0,0043041	-116,638482
Story3	C7	1.2D+1L-1SY	2,6	13,3640483	0,19412535	-115,865374
Story3	C7	0.9D+1SX	0	0,23984772	15,2273975	-60,2212184
Story3	C7	0.9D+1SX	1,3	0,04037398	1,51545285	-59,6413874
Story3	C7	0.9D+1SX	2,6	-0,15909977	-12,1964918	-59,0615564
Story3	C7	0.9D-1SX	0	-0,4266221	-15,5854249	-55,6791961
Story3	C7	0.9D-1SX	1,3	-0,01001075	-1,53115768	-55,0993651
Story3	C7	0.9D-1SX	2,6	0,40660059	12,5231096	-54,5195341
Story3	C7	0.9D+1SY	0	14,8158669	-0,39812982	-56,2602619
Story3	C7	0.9D+1SY	1,3	0,90814365	-0,02916605	-55,6804308
Story3	C7	0.9D+1SY	2,6	-12,9995796	0,33979771	-55,1005998
Story3	C7	0.9D-1SY	0	-15,0026412	0,0401024	-59,6401527
Story3	C7	0.9D-1SY	1,3	-0,87778043	0,01346122	-59,0603216
Story3	C7	0.9D-1SY	2,6	13,2470804	-0,01317996	-58,4804906
Story3	C7	D+L	0	-0,15108673	-0,36485243	-102,843821
Story3	C7	D+L	1,3	0,03106573	-0,01526455	-102,199564
Story3	C7	D+L	2,6	0,21321819	0,33432333	-101,555308
Story3	C7	1.2D+0.5L	0	-0,14817785	-0,3216591	-96,494294
Story3	C7	1.2D+0.5L	1,3	0,02734078	-0,01373971	-95,721186
Story3	C7	1.2D+0.5L	2,6	0,20285942	0,29417968	-94,948078

TABLE: Element Forces - Column C7						
Story	Column	Output Case	Station	M2	M3	P
			m	tonf-m	tonf-m	tonf
Story4	C7	1.4D	0	-0,1547	-0,3218	-51,5213
Story4	C7	1.4D	1,35	-0,049	-0,0154	-50,5847
Story4	C7	1.4D	2,7	0,0566	0,291	-49,648
Story4	C7	1.2D+1.6L	0	-0,1391	-0,6147	-84,6784
Story4	C7	1.2D+1.6L	1,35	-0,107	-0,0116	-83,8756
Story4	C7	1.2D+1.6L	2,7	-0,075	0,5916	-83,0727
Story4	C7	1.2D+1S+1L	0	0,0815	9,5753	-69,5776
Story4	C7	1.2D+1S+1L	1,35	-0,0602	0,0929	-68,7748
Story4	C7	1.2D+1S+1L	2,7	-0,2019	-9,3895	-67,972
Story4	C7	1.2D+1L-1SX	0	-0,3548	-10,5506	-69,3913
Story4	C7	1.2D+1L-1SX	1,35	-0,1051	-0,1173	-68,5884
Story4	C7	1.2D+1L-1SX	2,7	0,1446	10,3161	-67,7856
Story4	C7	1.2D+1L+1SY	0	11,4163	-0,6387	-69,3096
Story4	C7	1.2D+1L+1SY	1,35	1,4321	-0,0174	-68,5067
Story4	C7	1.2D+1L+1SY	2,7	-8,5521	0,6039	-67,7039
Story4	C7	1.2D+1L-1SY	0	-11,6896	-0,3365	-69,6593
Story4	C7	1.2D+1L-1SY	1,35	-1,5974	-0,0069	-68,8565
Story4	C7	1.2D+1L-1SY	2,7	8,4948	0,3227	-68,0536
Story4	C7	0.9D+1SX	0	0,1187	9,8561	-33,214
Story4	C7	0.9D+1SX	1,35	-0,0091	0,0952	-32,6119
Story4	C7	0.9D+1SX	2,7	-0,1369	-9,6657	-32,0098
Story4	C7	0.9D-1SX	0	-0,3176	-10,2698	-33,0277
Story4	C7	0.9D-1SX	1,35	-0,054	-0,115	-32,4255
Story4	C7	0.9D-1SX	2,7	0,2097	10,0399	-31,8234
Story4	C7	0.9D+1SY	0	11,4535	-0,358	-32,946
Story4	C7	0.9D+1SY	1,35	1,4832	-0,0152	-32,3438
Story4	C7	0.9D+1SY	2,7	-8,4871	0,3277	-31,7417
Story4	C7	0.9D-1SY	0	-11,6524	-0,0558	-33,2957
Story4	C7	0.9D-1SY	1,35	-1,5463	-0,0047	-32,6936
Story4	C7	0.9D-1SY	2,7	8,5599	0,0465	-32,0915
Story4	C7	D+L	0	-0,1146	-0,4417	-62,1243
Story4	C7	D+L	1,35	-0,0757	-0,01	-61,4552
Story4	C7	D+L	2,7	-0,0367	0,4217	-60,7862
Story4	C7	1.2D+0.5L	0	-0,1346	-0,3817	-56,8228
Story4	C7	1.2D+0.5L	1,35	-0,0623	-0,0127	-56,02
Story4	C7	1.2D+0.5L	2,7	0,0099	0,3563	-55,2171

TABLE: Element Forces - Column C7						
Story	Column	Output Case	Station	M2	M3	P
			m	tonf-m	tonf-m	tonf
Story5	C7	1.4D	0	-0,0733	-0,4723	-20,1672
Story5	C7	1.4D	1,35	0,0212	-0,0005	-19,2305
Story5	C7	1.4D	2,7	0,1157	0,4713	-18,2939
Story5	C7	1.2D+1.6L	0	-0,1885	-0,8143	-39,8453
Story5	C7	1.2D+1.6L	1,35	0,1607	-0,0575	-39,0425
Story5	C7	1.2D+1.6L	2,7	0,51	0,6992	-38,2397
Story5	C7	1.2D+1S+1L	0	-0,0959	3,2654	-31,3095
Story5	C7	1.2D+1S+1L	1,35	0,0716	-0,8224	-30,5067
Story5	C7	1.2D+1S+1L	2,7	0,2391	-4,9102	-29,7039
Story5	C7	1.2D+1L-1SX	0	-0,1869	-4,5869	-31,4617
Story5	C7	1.2D+1L-1SX	1,35	0,1429	0,7501	-30,6589
Story5	C7	1.2D+1L-1SX	2,7	0,4727	6,0872	-29,8561
Story5	C7	1.2D+1L+1SY	0	3,3778	-0,7416	-31,2797
Story5	C7	1.2D+1L+1SY	1,35	-1,4701	-0,0271	-30,4768
Story5	C7	1.2D+1L+1SY	2,7	-6,318	0,6875	-29,674
Story5	C7	1.2D+1L-1SY	0	-3,6607	-0,5799	-31,4916
Story5	C7	1.2D+1L-1SY	1,35	1,6846	-0,0452	-30,6888
Story5	C7	1.2D+1L-1SY	2,7	7,0298	0,4896	-29,886
Story5	C7	0.9D+1SX	0	-0,0017	3,6225	-12,8885
Story5	C7	0.9D+1SX	1,35	-0,022	-0,7866	-12,2864
Story5	C7	0.9D+1SX	2,7	-0,0424	-5,1957	-11,6842
Story5	C7	0.9D-1SX	0	-0,0926	-4,2298	-13,0407
Story5	C7	0.9D-1SX	1,35	0,0493	0,7859	-12,4386
Story5	C7	0.9D-1SX	2,7	0,1911	5,8017	-11,8364
Story5	C7	0.9D+1SY	0	3,4721	-0,3845	-12,8586
Story5	C7	0.9D+1SY	1,35	-1,5637	0,0087	-12,2565
Story5	C7	0.9D+1SY	2,7	-6,5995	0,4019	-11,6544
Story5	C7	0.9D-1SY	0	-3,5664	-0,2228	-13,0706
Story5	C7	0.9D-1SY	1,35	1,5909	-0,0094	-12,4685
Story5	C7	0.9D-1SY	2,7	6,7482	0,204	-11,8663
Story5	C7	D+L	0	-0,1309	-0,5933	-28,5046
Story5	C7	D+L	1,35	0,1042	-0,036	-27,8356
Story5	C7	D+L	2,7	0,3394	0,5212	-27,1666
Story5	C7	1.2D+0.5L	0	-0,1021	-0,5328	-24,3359
Story5	C7	1.2D+0.5L	1,35	0,0627	-0,0183	-23,5331
Story5	C7	1.2D+0.5L	2,7	0,2275	0,4963	-22,7302

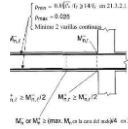
VIGAS PRINCIPALES EN Y

f'c	240	[kg/cm ²]
fy	4200	[kg/cm ²]
b	35	cm
h	60	cm
rec	4	cm
Φ estribo	10	mm
Φ var. Long	16	mm
d	54,2	cm
k	92,14	cm ²
As _{min}	6,323333333	cm ²
As _{max}	47,425	cm ²
As _{max} (sismico)	23,7125	cm ²
As con máx Momento	9,23	cm ²
a	5,43	cm
Mu = ΦMn	19,95	ton-m
Mu = ΦMn [ton-m]	19,95	Cumple
N Ramales	2	

Comprobación
40,47090986

β ₁	0,85
φ (losas y vigas controladas por tensión)	0,9

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{0.145 \text{ cm}^2 \cdot f'c \cdot b_w \cdot c_{\text{cm}}}}$$



$$As = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * fy}} \right) \quad k = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy}$$

$$H := d + rec + \phi_{estribo} + \frac{\phi_{lt} As}{2} \approx \frac{30 * M_u(t - m)}{d(cm)}$$

	B83				B84				B85				B86		
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
	Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]		
Superior	16,1379	1,6798	17,8787	Superior	17,9546	3,7905	17,6727	Superior	16,2437	0,4238	14,7039	Superior	16,1589	1,049	16,1093
Inferior	9,9618	4,5134	6,8571	Inferior	2,8307	6,6312	3,1221	Inferior	6,9776	3,455	7,2958	Inferior	7,8136	4,8797	10,3159
	Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]		
Superior	16,1	4,47	17,9	Superior	18,0	4,5	17,7	Superior	16,2	4,1	14,7	Superior	16,2	4,0	16,1
Inferior	10,0	4,5	8,9	Inferior	9,0	6,6	8,8	Inferior	8,1	4,1	7,4	Inferior	8,1	4,9	10,3
	Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]		
Superior	8,25	2,21	9,18	Superior	9,23	2,22	9,07	Superior	8,30	2,00	7,48	Superior	8,26	1,99	8,23
Inferior	5,00	2,23	4,47	Inferior	4,49	3,30	4,42	Inferior	4,05	2,00	3,66	Inferior	4,03	2,41	5,18
	Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]		
Superior	8,25	6,32	9,18	Superior	9,23	6,32	9,07	Superior	8,30	6,32	7,48	Superior	8,26	6,32	8,23
Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32
# Varillas con Φ propuesto =	16			# Varillas con Φ propuesto =	16			# Varillas con Φ propuesto =	16			# Varillas con Φ propuesto =	16		
Superior	4,10	3,14	4,57	Superior	4,59	3,14	4,51	Superior	4,13	3,14	3,72	Superior	4,11	3,14	4,09
Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14
	Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado		
Superior	4Φ16	3Φ16	5Φ16	Superior	5Φ16	3Φ16	5Φ16	Superior	5Φ16	3Φ16	4Φ16	Superior	4Φ16	3Φ16	4Φ16
Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16
	Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]		
Superior	8,04	6,03	10,05	Superior	10,05	6,03	10,05	Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	8,04	6,03	8,04
Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03
	As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)		
Superior	97,53	95,39	109,46	Superior	108,97	95,39	110,81	Superior	96,87	95,39	107,51	Superior	97,40	95,39	97,71
Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39

LONGITUD REQUERIDA DEL ANCLAJE DE REFUERZO A FLEXIÓN EN COLUMNA EXT			
Φ var. Long	16	mm	
Longitud de desarrollo	ld	979,7959	mm
Longitud exterior	lext	192	mm
	ldh	254,02116	mm
Longitud de empalme	lst	1273,7347	mm

VIGAS PRINCIPALES EN Y

B83			B84			B85			B86		
Ln 4,316 m			Ln 5,368 m			Ln 4,066 m			Ln 4,1 m		
Inicio	Centro	Fin	Inicio	Centro	Fin	Inicio	Centro	Fin	Inicio	Centro	Fin
Acero colocado			Acero colocado			Acero colocado			Acero colocado		
Superior	4φ16	5φ16	Superior	5φ16	5φ16	Superior	4φ16	4φ16	Superior	4φ16	4φ16
Inferior	3φ16	3φ16	Inferior	3φ16	3φ16	Inferior	3φ16	3φ16	Inferior	3φ16	3φ16
Acero colocado [cm ²]			Acero colocado [cm ²]			Acero colocado [cm ²]			Acero colocado [cm ²]		
Superior	8,04	10,05	Superior	10,05	10,05	Superior	8,04	8,04	Superior	8,04	8,04
Inferior	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03
a [cm]			a [cm]			a [cm]			a [cm]		
Superior	5,914	7,392	Superior	7,392	7,392	Superior	5,914	5,914	Superior	5,914	5,914
Inferior	4,435	4,435	Inferior	4,435	4,435	Inferior	4,435	4,435	Inferior	4,435	4,435
Mpr [T-m]			Mpr [T-m]			Mpr [T-m]			Mpr [T-m]		
Superior	21,636	26,655	Superior	26,655	26,655	Superior	21,636	21,636	Superior	21,636	21,636
Inferior	16,461	16,461	Inferior	16,461	16,461	Inferior	16,461	16,461	Inferior	16,461	16,461
Vpr [T]			Vpr [T]			Vpr [T]			Vpr [T]		
Vpr1 (T)	8,827		Vpr1 (T)	8,032		Vpr1 (T)	9,370		Vpr1 (T)	9,292	
Vpr2 (T)	9,990		Vpr2 (T)	8,032		Vpr2 (T)	9,370		Vpr2 (T)	9,292	
Vprmax	9,990		Vprmax	8,032		Vprmax	9,370		Vprmax	9,292	

Vgr 1.2D+0.5L	7,381	Vgr 1.2D+0.5L	9,480	Vgr 1.2D+0.5L	6,205	Vgr 1.2D+0.5L	6,641
Vu calculada	17,371	Vu	17,512	Vu	15,575	Vu	15,933
Vu diseño [Envolvente]	15,085	Vu diseño [Envolvente]	15,077	Vu diseño [Envolvente]	13,239	Vu diseño [Envolvente]	14,497
Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada
Vu	17,371	Vu	17,512	Vu	15,575	Vu	15,933
Vpr > 0.5 Vu		Vpr < 0.5 Vu		Vpr > 0.5 Vu		Vpr > 0.5 Vu	
Vc	0,000	Vc	15,576	Vc	0,000	Vc	0,000
Vs > Vu _{lφ} - Vc	23,161	Vs > Vu _{lφ} - Vc	7,774	Vs > Vu _{lφ} - Vc	20,767	Vs > Vu _{lφ} - Vc	21,244
Separación por Demanda [cm]	15,439	Separación por Demanda	45,997	Separación por Demanda	17,219	Separación por Demanda	16,832
Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55
Separación seleccionada zona 2h [cm]	10	Separación seleccionada [cm]	10	Separación seleccionada [cm]	10	Separación seleccionada [cm]	10
Separación fuera de 2h [cm] d/2	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1
Separación seleccionada fuera	15		25		15		15

VIGAS PRINCIPALES EN X

f _c	240	[kg/cm ²]
f _y	4200	[kg/cm ²]
b	35	cm
h	60	cm
rec	4	cm
Φ estribo	10	mm
Φ var. Long	16	mm
d	54,2000	cm
k	92,14	cm ²
A _{s_{min}}	6,323333333	cm ²
A _{s_{max}}	47,425	cm ²
A _{s_{min}} (sismo)	23,7125	cm ²
As con máx Momento	8,07	cm ²
a	4,75	cm
Mu = ΦMn	17,5683	ton-m
Mu = ΦMn (ton-m)	17,568	Cumple
N Ramales	2	

Comprobación
37,97883489

β ₁	0,85
Φ (losas y vigas controladas por tensión)	0,9

$$H := d + rec + \phi_{estribo} + \frac{\phi_{long}}{2} \quad k = \frac{0,85 * f_c * b * d}{f_y}$$

$$A_s \approx \frac{30 * M_u (t - m)}{d (cm)} \quad A_s = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

LONGITUD REQUERIDA DEL ANCLAJE DE REFUERZO A FLEXIÓN EN COLUMNA EXT		
Φ var. Long	16	mm
Longitud de desarrollo	Id	979,795897
Longitud exterior	l _{ext}	192
ldh	254,021159	mm
Longitud de empalme	l _{st}	1273,73467

Cumple

V65				V66				V67				V68				V69			
Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin			
Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]			
Superior	15,2192	2,3987	15,7556	Superior	15,2053	2,1997	15,3625	Superior	15,8115	2,8033	15,2	Superior	13,1149	0,9322	12,2375	Superior	12,4846	1,1371	13,2677
Inferior	4,3371	5,7156	3,3769	Inferior	3,0371	5,2281	2,999	Inferior	2,2879	5,9257	2,4707	Inferior	7,4441	1,9622	7,5964	Inferior	7,9511	2,8019	8,7515
Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]			
Superior	15,2	3,9	15,8	Superior	15,2	3,8	15,4	Superior	15,8	4,0	15,2	Superior	13,1	3,3	12,2	Superior	12,5	3,3	13,3
Inferior	7,6	5,7	7,9	Inferior	7,6	5,2	7,7	Inferior	7,9	5,9	7,6	Inferior	7,4	3,3	7,6	Inferior	8,0	3,3	8,8
Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]			
Superior	7,75	1,94	8,04	Superior	7,75	1,89	7,83	Superior	8,07	1,95	7,74	Superior	6,64	1,61	6,18	Superior	6,31	1,63	6,72
Inferior	3,79	2,83	3,93	Inferior	3,79	2,59	3,83	Inferior	3,94	2,94	3,79	Inferior	3,71	1,61	3,79	Inferior	3,97	1,63	4,38
Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]			
Superior	7,75	6,32	8,04	Superior	7,75	6,32	7,83	Superior	8,07	6,32	7,74	Superior	6,64	6,32	6,32	Superior	6,32	6,32	6,72
Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32
# Varillas con Φ propuesto =				# Varillas con Φ propuesto =				# Varillas con Φ propuesto =				# Varillas con Φ propuesto =				# Varillas con Φ propuesto =			
Superior	3,86	3,14	4,00	Superior	3,85	3,14	3,89	Superior	4,01	3,14	3,85	Superior	3,30	3,14	3,14	Superior	3,14	3,14	3,34
Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado			
Superior	4Φ16	3Φ16	4Φ16	Superior	4Φ16	3Φ16	4Φ16	Superior	4Φ16	3Φ16	4Φ16	Superior	4Φ16	3Φ16	3Φ16	Superior	3Φ16	3Φ16	4Φ16
Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16
Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]			
Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	8,04
Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03
As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)			
Superior	103,71	95,39	100,02	Superior	103,81	95,39	102,70	Superior	99,65	95,39	103,85	Superior	90,83	95,39	95,39	Superior	95,39	95,39	119,66
Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39

VIGAS PRINCIPALES EN X

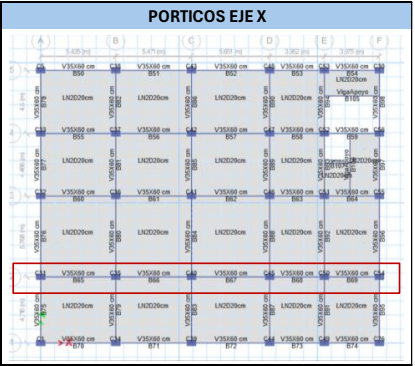
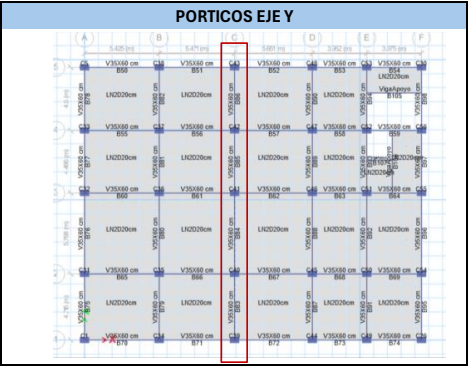
V65				V66				V67				V68				V69			
Ln 4,821 m				Ln 4,821 m				Ln 5,001 m				Ln 3,302 m				Ln 3,325 m			
Inicio	Centr	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centr	Fin		Inicio	Centr	Fin		Inicio	Centr	Fin	
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado			
Superior	4φ16		4φ16	Superior	4φ16		4φ16	Superior	4φ16		4φ16	Superior	3φ16		3φ16	Superior	3φ16		4φ16
Inferior	3φ16		3φ16	Inferior	3φ16		3φ16	Inferior	3φ16		3φ16	Inferior	3φ16		3φ16	Inferior	3φ16		3φ16
Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]			
Superior	8,04		8,04	Superior	8,04		8,04	Superior	8,04		8,04	Superior	6,03		6,03	Superior	6,03		8,04
Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03
a [cm]				a [cm]				a [cm]				a [cm]				a [cm]			
Superior	5,914		5,914	Superior	5,914		5,914	Superior	5,914		5,914	Superior	4,435		4,435	Superior	4,435		5,914
Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435
Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]			
Superior	21,636		21,636	Superior	21,636		21,636	Superior	21,636		21,636	Superior	16,461		16,461	Superior	16,461		21,636
Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461
Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]			
Vpr1 (T)	7,902			Vpr1 (T)	7,902			Vpr1 (T)	7,618			Vpr1 (T)	9,971			Vpr1 (T)	9,902		
Vpr2 (T)	7,902			Vpr2 (T)	7,902			Vpr2 (T)	7,618			Vpr2 (T)	9,971			Vpr2 (T)	11,458		
Vprmax	7,902			Vprmax	7,902			Vprmax	7,618			Vprmax	9,971			Vprmax	11,458		

Vgr 1.2D+0.5L	9,536	Vgr 1.2D+0.5L	9,288	Vgr 1.2D+0.5L	10,029	Vgr 1.2D+0.5L	5,398	Vgr 1.2D+0.5L	5,702
Vu calculada	17,439	Vu	17,191	Vu	17,647	Vu calculada	15,368	Vu	17,160
Vu diseño [Ecuivalente]	15,652	Vu diseño [Ecuivalente]	14,932	Vu diseño [Ecuivalente]	15,611	Vu diseño [Ecuivalente]	13,411	Vu diseño [Ecuivalente]	14,018
Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada
Vu	17,439	Vu	17,191	Vu	17,647	Vu	15,368	Vu	17,160
	Vpr < 0.5 Vu		Vpr < 0.5 Vu		Vpr < 0.5 Vu		Vpr > 0.5 Vu		Vpr > 0.5 Vu
Vc	15,576	Vc	15,576	Vc	15,576	Vc	0,000	Vc	0,000
Vs >= Vulφ - Vc	7,676	Vs >= Vulφ - Vc	7,345	Vs >= Vulφ - Vc	7,954	Vs >= Vulφ - Vc	20,491	Vs >= Vulφ - Vc	22,880
Separación por Demanda [cm]	46,583	Separación por Demanda	48,680	Separación por Demanda	44,955	Separación por Demanda [cm]	17,450	Separación	15,628
Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona	13,55	Separación Normativa zona	13,55	Separación Normativa zona	13,55	Separación	13,55
seleccionada zona 2h [cm]	10	seleccionada [cm]	10	seleccionada [cm]	10	seleccionada zona 2h [cm]	10	seleccionada	10
Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera	27,1
seleccionada	25		25		25		15		15

Vigas Piso 2.

DISEÑO DE VIGAS
DISEÑO A FLEXIÓN

DIMENSIONES DE LA SECCIÓN		
EJEX		
Viga	B67 (Viga Crítica)	
Longitud	5,651	m
Columna	0,4	m
Luz libre Ln	5,251	m
Ln/d	9,688191882	m
Comprobación: Ln/d > 4	Si Cumple	
Comprobación bw min	Si Cumple b	
Comprobación Ancho proyección	c1	0,4
	c2	0,4
EJEY		
Viga	B84 (Viga Crítica)	
Longitud	5,768	m
Columna	0,65	m
Luz libre Ln	5,118	m
Ln/d	9,442804428	m
Comprobación: Ln/d > 4	Si Cumple	
Comprobación bw min	Si Cumple b	
Comprobación Ancho proyección	c1	0,65
	c2	0,65

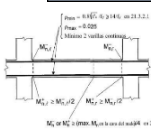


VIGAS PRINCIPALES EN Y

f _c	240	[kg/cm ²]
f _y	4200	[kg/cm ²]
b	35	cm
h	60	cm
rec	4	cm
Φ estribo	10	mm
Φ var. Long	16	mm
d	54,2	cm
k	92,14	cm ²
A _{smin}	6,323333333	cm ²
A _{smax}	47,425	cm ²
A _{smax} (sismo)	23,7125	cm ²
As con máx Momento	8,76	cm ²
a	5,15	cm
M _u = ΦM _n	19,00	ton-m
M _u = ΦM _n [ton-m]	19,00	Cumple
N Ramales	2	

Comprobación
39,49196163

β ₁	0,85
φ (tasas y vigas controladas por tensión)	0,9



$$A_s = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d \cdot f_y}} \right) \quad k = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y}$$

$$H := d + rec + \phi_{estribo} + \frac{\phi_u A_s \approx 30 \cdot M_u (t - m)}{2 \cdot d (cm)}$$

B83				B84				B85				B86			
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]			
Superior	15,3016	1,7359	5,9236	Superior	17,0965	3,8254	17,017	Superior	15,1956	0,5502	13,7128	Superior	14,7332	1,1674	15,1822
Inferior	8,4018	4,4654	16,3743	Inferior	2,1678	6,6805	2,2858	Inferior	5,9471	3,4047	6,3465	Inferior	6,8158	4,7312	8,8059
Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]			
Superior	15,3	4,09	5,9	Superior	17,1	4,3	17,0	Superior	15,2	3,8	13,7	Superior	14,7	3,8	15,2
Inferior	8,4	4,5	16,4	Inferior	8,5	6,7	8,5	Inferior	7,6	3,8	6,9	Inferior	7,4	4,7	8,8
Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]			
Superior	7,80	2,02	2,94	Superior	8,76	2,11	8,72	Superior	7,74	1,87	6,96	Superior	7,50	1,87	7,74
Inferior	4,20	2,21	8,37	Inferior	4,27	3,32	4,25	Inferior	3,79	1,87	3,41	Inferior	3,67	2,34	4,40
Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]			
Superior	7,80	6,32	6,32	Superior	8,76	6,32	6,72	Superior	7,74	6,32	6,96	Superior	7,50	6,32	7,74
Inferior	6,32	6,32	8,37	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32
# Varillas con Φ propuesto = 16				# Varillas con Φ propuesto = 16				# Varillas con Φ propuesto = 16				# Varillas con Φ propuesto = 16			
Superior	3,88	3,14	3,14	Superior	4,36	3,14	4,34	Superior	3,85	3,14	3,46	Superior	3,73	3,14	3,85
Inferior	3,14	3,14	4,16	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado			
Superior	4Φ16	3Φ16	3Φ16	Superior	4Φ16	3Φ16	4Φ16		4Φ16	3Φ16	4Φ16		4Φ16	3Φ16	4Φ16
Inferior	3Φ16	3Φ16	4Φ16	Inferior	4Φ16	3Φ16	3Φ16		3Φ16	3Φ16	3Φ16		3Φ16	3Φ16	3Φ16
Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]			
Superior	8,04	6,03	6,03	Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	8,04	6,03	8,04
Inferior	6,03	6,03	8,04	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03
As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)			
Superior	103,13	95,39	95,39	Superior	91,79	95,39	92,25	Superior	103,88	95,39	115,62	Superior	107,29	95,39	103,97
Inferior	95,39	95,39	96,06	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39

VIGAS PRINCIPALES EN Y

B83				B84				B85				B86			
Ln		4,316	m	Ln		5,368	m	Ln		4,066	m	Ln		4,1	m
Inicio		Centro	Fin	Inicio		Centro	Fin	Inicio		Centro	Fin	Inicio		Centro	Fin
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado			
Superior	4Φ16		3Φ16	Superior	4Φ16		4Φ16	Superior	4Φ16		4Φ16	Superior	4Φ16		4Φ16
Inferior	3Φ16		4Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16
Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]			
Superior	8,04		6,03	Superior	8,04		8,04	Superior	8,04		8,04	Superior	8,04		8,04
Inferior	6,03		8,04	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03
a [cm ²]				a [cm ²]				a [cm ²]				a [cm ²]			
Superior	5,914		4,435	Superior	5,914		5,914	Superior	5,914		5,914	Superior	5,914		5,914
Inferior	4,435		5,914	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435
Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]			
Superior	21,636		16,461	Superior	21,636		21,636	Superior	21,636		21,636	Superior	21,636		21,636
Inferior	16,461		21,636	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461
Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]			
Vpr1 (T)		10,026		Vpr1 (T)		7,097		Vpr1 (T)		9,370		Vpr1 (T)		9,292	
Vpr2 (T)		7,628		Vpr2 (T)		7,097		Vpr2 (T)		9,370		Vpr2 (T)		9,292	
Vprmax		10,026		Vprmax		7,097		Vprmax		9,370		Vprmax		9,292	

Vgr 1.2D+0.5L	7,227	Vgr 1.2D+0.5L	9,507	Vgr 1.2D+0.5L	6,266	Vgr 1.2D+0.5L	6,535
Vu calculada	17,253	Vu	16,604	Vu	15,636	Vu	15,828
Vu diseño [Envolverte]	14,180	Vu diseño [Envolverte]	14,681	Vu diseño [Envolverte]	12,677	Vu diseño [Envolverte]	13,624
Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada
Vu	17,253	Vu	16,604	Vu	15,636	Vu	15,828
Vpr > 0.5 Vu				Vpr > 0.5 Vu			
Vc	0,000	Vc	15,576	Vc	0,000	Vc	0,000
Vs>=Vu/φ-Vc	23,004	Vs>=Vu/φ-Vc	6,563	Vs>=Vu/φ-Vc	20,848	Vs>=Vu/φ-Vc	21,103
Separación por Demanda [cm]	15,544	Separación por Demanda	54,481	Separación por Demanda	17,152	Separación por Demanda	16,944
Separación Normativa zona 2h [cm]	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55
Separación seleccionada zona 2h [cm]	10	Separación seleccionada [cm]	10	Separación seleccionada [cm]	10	Separación seleccionada [cm]	10
Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1
Separación seleccionada fuera 2h [cm] d/3	15		25		15		15

VIGAS PRINCIPALES EN X

f'c	240	[kg/cm ²]
fy	4200	[kg/cm ²]
b	35	cm
h	60	cm
rec	4	cm
Φ estribo	10	mm
Φ var. Long	16	mm
d	54,2000	cm
k	92,14	cm ³
As _{min}	6,323333333	cm ²
As _{max}	47,425	cm ²
As _{max} (sismico)	23,7125	cm ²
As con máx Momento	8,17	cm ²
a	4,80	cm
Mu = ΦMn	17,7680	ton-m
Mu = ΦMn [ton-m]	17,768	Cumple
N Ramales	2	

β ₁	0,85
Φ (losas y vigas controladas por tensión)	0,9

$$H := d + rec + \phi_{estribo} + \frac{\phi_{long}}{2}$$

$$k = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy}$$

$$A_s \approx \frac{30 * M_u(t - m)}{d(cm)}$$

$$As = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * fy}} \right)$$

Comprobación
38,19404264

	V65				V66				V67				V68				V69		
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
	Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]		
Superior	15,8261	2,4107	15,5744	Superior	15,3506	2,2332	15,5311	Superior	15,9912	3,2663	15,5052	Superior	13,0049	0,9657	13,6685	Superior	12,1065	1,1041	13,6685
Inferior	4,0381	5,7333	3,5026	Inferior	3,0141	5,2692	2,9489	Inferior	2,3074	5,8779	2,4032	Inferior	7,4123	1,9995	8,3627	Inferior	7,9463	2,837	8,3627
	Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]		
Superior	15,8	4,0	15,6	Superior	15,4	3,9	15,5	Superior	16,0	4,0	15,5	Superior	13,0	3,4	13,7	Superior	12,1	3,4	13,7
Inferior	7,9	5,7	7,8	Inferior	7,7	5,3	7,8	Inferior	8,0	5,9	7,8	Inferior	7,4	3,4	8,4	Inferior	7,9	3,4	8,4
	Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]		
Superior	8,08	1,95	7,94	Superior	7,82	1,92	7,92	Superior	8,17	1,97	7,91	Superior	6,58	1,68	6,93	Superior	6,11	1,68	6,93
Inferior	3,95	2,84	3,88	Inferior	3,83	2,61	3,87	Inferior	3,99	2,92	3,87	Inferior	3,69	1,68	4,18	Inferior	3,96	1,68	4,18
	Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]		
Superior	8,08	6,32	7,94	Superior	7,82	6,32	7,92	Superior	8,17	6,32	7,91	Superior	6,58	6,32	6,93	Superior	6,32	6,32	6,93
Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32
# Varillas con Φ propuesto =	16			# Varillas con Φ propuesto =	16			# Varillas con Φ propuesto =	16			# Varillas con Φ propuesto =	16			# Varillas con Φ propuesto =	16		
Superior	4,02	3,14	3,95	Superior	3,89	3,14	3,94	Superior	4,06	3,14	3,93	Superior	3,27	3,14	3,45	Superior	3,14	3,14	3,45
Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14
	Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado		
Superior	4Φ16	3Φ16	4Φ16		4Φ16	3Φ16	4Φ16		4Φ16	3Φ16	4Φ16		4Φ16	3Φ16	4Φ16		4Φ16	3Φ16	3Φ16
Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16		3Φ16	3Φ16	3Φ16		3Φ16	3Φ16	3Φ16		3Φ16	3Φ16	3Φ16		3Φ16	3Φ16	3Φ16
	Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]		
Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	6,03	6,03	8,04	Superior	6,03	6,03	8,04
Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03
	As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)		
Superior	99,55	95,39	101,24	Superior	102,78	95,39	101,53	Superior	98,47	95,39	101,71	Superior	91,63	95,39	116,01	Superior	95,39	95,39	116,01
Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39

VIGAS PRINCIPALES EN X

V65				V66				V67				V68				V69															
Ln		4,821		m		Ln		4,821		m		Ln		5,001		m		Ln		3,302		m		Ln		3,325		m			
Inicio		Centro		Fin		Inicio		Centro		Fin		Inicio		Centro		Fin		Inicio		Centro		Fin		Inicio		Centro		Fin			
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado											
Superior	4Φ16		4Φ16	Superior	4Φ16		4Φ16	Superior	4Φ16		4Φ16	Superior	3Φ16		4Φ16	Superior	3Φ16		4Φ16	Superior	3Φ16		4Φ16	Superior	3Φ16		4Φ16	Superior	3Φ16		4Φ16
Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16
Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]											
Superior	8,04		8,04	Superior	8,04		8,04	Superior	8,04		8,04	Superior	6,03		8,04	Superior	6,03		8,04	Superior	6,03		8,04	Superior	6,03		8,04	Superior	6,03		8,04
Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03
a [cm ²]				a [cm ²]				a [cm ²]				a [cm ²]				a [cm ²]				a [cm ²]											
Superior	5,914		5,914	Superior	5,914		5,914	Superior	5,914		5,914	Superior	4,435		5,914	Superior	4,435		5,914	Superior	4,435		5,914	Superior	4,435		5,914	Superior	4,435		5,914
Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435
Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]											
Superior	21,636		21,636	Superior	21,636		21,636	Superior	21,636		21,636	Superior	16,461		21,636	Superior	16,461		21,636	Superior	16,461		21,636	Superior	16,461		21,636	Superior	16,461		21,636
Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461
Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]											
Vpr1 (T)	7,902			Vpr1 (T)	7,902			Vpr1 (T)	7,618			Vpr1 (T)	9,971			Vpr1 (T)	9,971			Vpr1 (T)	9,971			Vpr1 (T)	9,971			Vpr1 (T)	9,971		
Vpr2 (T)	7,902			Vpr2 (T)	7,902			Vpr2 (T)	7,618			Vpr2 (T)	11,538			Vpr2 (T)	11,538			Vpr2 (T)	11,538			Vpr2 (T)	11,538			Vpr2 (T)	11,538		
Vprmax	7,902			Vprmax	7,902			Vprmax	7,618			Vprmax	11,538			Vprmax	11,538			Vprmax	11,538			Vprmax	11,538			Vprmax	11,538		

Vgr 1.2D+0.5L	9,645	Vgr 1.2D+0.5L	9,181	Vgr 1.2D+0.5L	9,867	Vgr 1.2D+0.5L	5,261	Vgr 1.2D+0.5L	5,910
Vu calculada	17,548	Vu	17,084	Vu	17,485	Vu calculada	16,799	Vu	17,368
Vu diseño [Envolvente]	15,458	Vu diseño [Envolvente]	14,769	Vu diseño [Envolvente]	15,378	Vu diseño [Envolvente]	13,005	Vu diseño [Envolvente]	13,935
Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada
Vu	17,548	Vu	17,084	Vu	17,485	Vu	16,799	Vu	17,368
	Vpr< 0.5 Vu		Vpr< 0.5 Vu		Vpr< 0.5 Vu		Vpr< 0.5 Vu		Vpr< 0.5 Vu
Vc	15,576	Vc	15,576	Vc	15,576	Vc	0,000	Vc	0,000
Vs>=Vu/φ-Vc	7,821	Vs>=Vu/φ-Vc	7,203	Vs>=Vu/φ-Vc	7,738	Vs>=Vu/φ-Vc	22,398	Vs>=Vu/φ-Vc	23,158
Separación por Demanda [cm]	45,720	Separación por Demanda	49,645	Separación por Demanda	46,213	Separación por Demanda [cm]	15,965	Separación por Demanda	15,441
Separación Normativa zona 2h [cm]	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona 2h [cm]	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55
Separación seleccionada zona 2h[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10	Separación seleccionada zona 2h[cm]	10	Separación seleccionada	10
Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h de 2h	27,1
Separación seleccionada fuera 2h [cm] d/3	25		25		25		15		15

Vigas piso 3

DISEÑO DE VIGAS

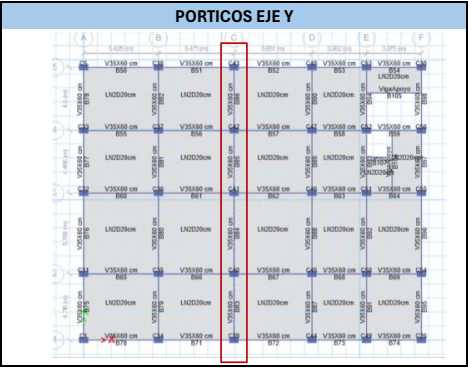
DISEÑO A FLEXIÓN

DIMENSIONES DE LA SECCIÓN

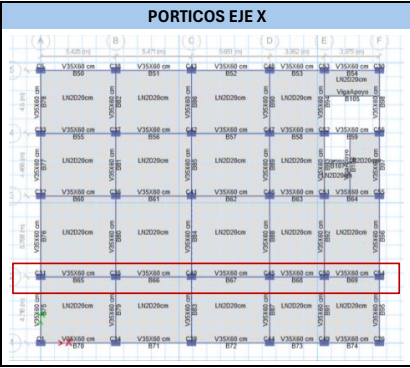
EJE X			
Viga		B67 (Viga Crítica)	
Longitud	5,651	m	
Columna	0,4	m	
Luz libre Ln	5,251	m	
Ln/d	9,688191882	m	
Comprobación: Ln/d > 4	Si Cumple		3,952
Comprobación bw min	Si Cumple b		3,975
Comprobación Ancho proyección	c1	0,4	
	c2	0,4	
Eje de Viga			
		Longitud	
B65		5,425	
B66		5,471	
B67 (Viga Crítica)		5,651	
B68		3,952	
B69		3,975	

EJE Y			
Viga		B84 (Viga Crítica)	
Longitud	5,768	m	
Columna	0,65	m	
Luz libre Ln	5,118	m	
Ln/d	9,442804428	m	
Comprobación: Ln/d > 4	Si Cumple		4,5
Comprobación bw min	Si Cumple b		4,5
Comprobación Ancho proyección	c1	0,65	
	c2	0,65	
Eje de Viga			
		Longitud	
B83		4,716	
B84 (Viga Crítica)		5,768	
B85		4,466	
B86		4,5	

PORTICOS EJE Y



PORTICOS EJE X

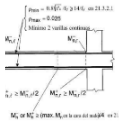


VIGAS PRINCIPALES EN Y

f'c	240	[kg/cm ²]
f'y	4200	[kg/cm ²]
b	35	cm
h	60	cm
rec	4	cm
Φ estribo	10	mm
Φ var. Long	16	mm
d	54,2	cm
k	92,14	cm ²
As _{min}	6,323333333	cm ²
As _{max}	47,425	cm ²
As _{max} (sismo)	23,7125	cm ²
As con máx Momento	7,23	cm ²
a	4,25	cm
Mu = Φ Mn	15,81	ton-m
Mu = Φ Mn [ton-m]	15,81	Cumple
N Ramales	2	

Comprobación
36,03108897

β ₁	0,85
Φ (losas y vigas controladas por tensión)	0,9



$$As = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f'y}} \right)$$

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{0.145 \text{ cm}^2 * f'c * b * \phi}}$$
$$k = \frac{0.85 * f'c * b * d}{f'y}$$

$$H := d + rec + \phi_{estribo} + \frac{\phi_{lc} A_s}{2} \approx \frac{30 * M_u (t - m)}{d (cm)}$$

B83				B84				B85				B86			
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]			
Superior	10,6448	1,9848	13,0876	Superior	14,2313	3,9521	13,969	Superior	12,0299	0,8521	10,3125	Superior	11,0196	1,8228	10,5369
Inferior	4,8906	4,5972	1,739	Inferior	0,829	6,9108	0,5754	Inferior	1,9732	2,8593	2,6196	Inferior	2,9119	4,8401	5,1727
Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]			
Superior	10,6	3,27	13,1	Superior	14,2	4,0	14,0	Superior	12,0	3,0	10,3	Superior	11,0	2,8	10,5
Inferior	5,3	4,6	6,5	Inferior	7,1	6,9	7,0	Inferior	6,0	3,0	5,2	Inferior	5,5	4,8	5,3
Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]			
Superior	5,35	1,61	6,63	Superior	7,23	1,95	7,09	Superior	6,07	1,48	5,18	Superior	5,55	1,35	5,30
Inferior	2,64	2,27	3,25	Inferior	3,54	3,44	3,47	Inferior	2,98	1,48	2,55	Inferior	2,73	2,39	2,61
Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]			
Superior	6,32	6,32	6,63	Superior	7,23	6,32	7,09	Superior	6,32	6,32	6,32	Superior	6,32	6,32	6,32
Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32
# Varillas con Φ propuesto = 16				# Varillas con Φ propuesto = 16				# Varillas con Φ propuesto = 16				# Varillas con Φ propuesto = 16			
Superior	3,14	3,14	3,30	Superior	3,60	3,14	3,53	Superior	3,14	3,14	3,14	Superior	3,14	3,14	3,14
Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado			
Superior	3Φ16	3Φ16	4Φ16	Superior	4Φ16	3Φ16	4Φ16	Superior	4Φ16	3Φ16	3Φ16	Superior	3Φ16	3Φ16	3Φ16
Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16
Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]			
Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	8,04	6,03	8,04	Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03
Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03
As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)			
Superior	95,39	95,39	91,03	Superior	111,24	95,39	113,42	Superior	95,39	95,39	95,39	Superior	95,39	95,39	95,39
Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39

VIGAS PRINCIPALES EN Y

B83				B84				B85			
Ln 4,316 m				Ln 5,368 m				Ln 4,066 m			
Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin	
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado			
Superior	3Φ16		3Φ16	Superior	4Φ16		4Φ16	Superior	3Φ16		3Φ16
Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16
Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]			
Superior	6,03		6,03	Superior	8,04		8,04	Superior	6,03		6,03
Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03
a [cm ²]				a [cm ²]				a [cm ²]			
Superior	4,435		4,435	Superior	5,914		5,914	Superior	4,435		4,435
Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435
Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]			
Superior	16,461		16,461	Superior	21,636		21,636	Superior	16,461		16,461
Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461
Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]			
Vpr1 (T)	7,628			Vpr1 (T)	7,097			Vpr1 (T)	8,097		
Vpr2 (T)	7,628			Vpr2 (T)	7,097			Vpr2 (T)	8,097		
Vprmax	7,628			Vprmax	7,097			Vprmax	8,097		

Vgr 1.2D+0.5L	7,495	Vgr 1.2D+0.5L	9,443	Vgr 1.2D+0.5L	6,384	Vgr 1.2D+0.5L	6,663
Vu calculada	15,123	Vu	16,540	Vu	14,481	Vu	14,693
Vu diseño [Envolvente]	11,997	Vu diseño [Envolvente]	12,901	Vu diseño [Envolvente]	10,420	Vu diseño [Envolvente]	11,182
Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada
Vu	15,123	Vu	16,540	Vu	14,481	Vu	14,693
Vpr> 0.5 Vu				Vpr> 0.5 Vu			
Vc	0,000	Vc	15,576	Vc	0,000	Vc	0,000
Vs>=Vu/φ-Vc	20,164	Vs>=Vu/φ-Vc	6,477	Vs>=Vu/φ-Vc	19,308	Vs>=Vu/φ-Vc	19,591
Separación por Demanda [cm]	17,734	Separación por Demanda	55,205	Separación por Demanda	18,520	Separación por Demanda	18,252
Separación Normativa zona 2h [cm]	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55
Separación seleccionada zona 2h[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10
Separación fuera de 2h [cm]	27,1	25	27,1	25	27,1	25	27,1
Separación seleccionada fuera 2h [cm] d/3	15		25		15		15

VIGAS PRINCIPALES EN X

f'c	240	[kg/cm ²]
fy	4200	[kg/cm ²]
b	35	cm
h	60	cm
rec	4	cm
Ø estribo	10	mm
Ø var. Long	16	mm
d	54,2000	cm
k	92,14	cm ²
As _{min}	6,32333333	cm ²
As _{max}	47,425	cm ²
As _{max} (sismo)	23,7125	cm ²
As con máx Momento	7,01	cm ²
a	4,13	cm
Mu = Ø Mn	15,3571	ton-m
Mu = Ø Mn [ton-m]	15,357	Cumple
N Ramales	2	

Comprobación
35,50840127

β ₁	0,85
φ (losas y vigas controladas por tensión)	0,9

$$H = d + rec + \phi_{estribo} + \frac{\phi_{long}}{2} \quad k = \frac{0,85 * f'c * b * d}{fy}$$

$$As \approx \frac{30 * Mu(t - m)}{d(cm)} \quad As = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * fy}} \right)$$

	V65				V66				V67				V68				V69		
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
	Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]		
Superior	12,6779	2,841	13,283	Superior	13,0319	2,47	13,2806	Superior	13,8214	3,4082	13,0138	Superior	10,1953	0,9446	9,1317	Superior	8,7839	1,2606	9,9928
Inferior	1,7919	5,952	3,5026	Inferior	0,3031	5,0725	0,2126	Inferior	0,2698	6,0758	0,0452	Inferior	3,7275	1,8421	4,0588	Inferior	4,4959	3,0612	5,1108
	Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]		
Superior	12,7	3,3	13,3	Superior	13,0	3,3	13,3	Superior	13,8	3,5	13,0	Superior	10,2	2,5	9,1	Superior	8,8	2,5	10,0
Inferior	6,3	6,0	6,6	Inferior	6,5	5,1	6,6	Inferior	6,9	6,1	6,5	Inferior	5,1	2,5	4,6	Inferior	4,5	3,1	5,1
	Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]				Acero requerido [cm ²]		
Superior	6,41	1,64	6,73	Superior	6,60	1,64	6,73	Superior	7,01	1,70	6,59	Superior	5,12	1,25	4,57	Superior	4,39	1,23	5,01
Inferior	3,15	2,95	3,30	Inferior	3,24	2,51	3,30	Inferior	3,44	3,01	3,23	Inferior	2,52	1,25	2,26	Inferior	2,22	1,51	2,53
	Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]				Acero requerido (Min) [cm ²]		
Superior	6,41	6,32	6,73	Superior	6,60	6,32	6,73	Superior	7,01	6,32	6,59	Superior	6,32	6,32	6,32	Superior	6,32	6,32	6,32
Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32	Inferior	6,32	6,32	6,32
# Varillas con Ø propuesto =	16			# Varillas con Ø propuesto =	16			# Varillas con Ø propuesto =	16			# Varillas con Ø propuesto =	16			# Varillas con Ø propuesto =	16		
Superior	3,19	3,14	3,35	Superior	3,28	3,14	3,35	Superior	3,49	3,14	3,28	Superior	3,14	3,14	3,14	Superior	3,14	3,14	3,14
Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14	Inferior	3,14	3,14	3,14
	Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado		
Superior	3Ø16	3Ø16	4Ø16		4Ø16	3Ø16	4Ø16		4Ø16	3Ø16	3Ø16		3Ø16	3Ø16	3Ø16		3Ø16	3Ø16	3Ø16
Inferior	3Ø16	3Ø16	3Ø16		3Ø16	3Ø16	3Ø16		3Ø16	3Ø16	3Ø16		3Ø16	3Ø16	3Ø16		3Ø16	3Ø16	3Ø16
	Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]				Acero colocado [cm ²]		
Superior	6,03	6,03	8,04	Superior	6,03	6,03	8,04	Superior	8,04	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03
Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03
	As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)		
Superior	94,08	95,39	119,52	Superior	91,43	95,39	119,54	Superior	114,68	95,39	91,56	Superior	95,39	95,39	95,39	Superior	95,39	95,39	95,39
Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39	Inferior	95,39	95,39	95,39

LONGITUD REQUERIDA DEL ANCLAJE DE REFUERZO A FLEXIÓN EN COLUMNA EXT		
Ø var. Long	16	mm
Longitud de desarrollo	ld	979,795897
Longitud exterior	l _{ext}	192
	ldh	254,021159
Longitud de empalme	lst	1273,73467

VIGAS PRINCIPALES EN X

V65				V66				V67				V68				V69			
Ln		4,821	m	Ln		4,821	m	Ln		5,001	m	Ln		3,302	m	Ln		3,325	m
Inicio		Centro	Fin	Inicio		Centro	Fin	Inicio		Centro	Fin	Inicio		Centro	Fin	Inicio		Centro	Fin
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado			
Superior	3Φ16		4Φ16	Superior	3Φ16		4Φ16	Superior	4Φ16		3Φ16	Superior	3Φ16		3Φ16	Superior	3Φ16		3Φ16
Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16	Inferior	3Φ16		3Φ16
Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]			
Superior	6,03		8,04	Superior	6,03		8,04	Superior	8,04		6,03	Superior	6,03		6,03	Superior	6,03		6,03
Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03	Inferior	6,03		6,03
a [cm²]				a[cm²]				a [cm²]				a [cm²]				a [cm²]			
Superior	4,435		5,914	Superior	4,435		5,914	Superior	5,914		4,435	Superior	4,435		4,435	Superior	4,435		4,435
Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435	Inferior	4,435		4,435
Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]				Mpr [T-m]			
Superior	16,461		21,636	Superior	16,461		21,636	Superior	21,636		16,461	Superior	16,461		16,461	Superior	16,461		16,461
Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461	Inferior	16,461		16,461
Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]				Vpr [T]			
Vpr1 (T)	6,829			Vpr1 (T)	6,829			Vpr1 (T)	7,618			Vpr1 (T)	9,971			Vpr1 (T)	9,902		
Vpr2 (T)	7,902			Vpr2 (T)	7,902			Vpr2 (T)	6,583			Vpr2 (T)	9,971			Vpr2 (T)	9,902		
Vprmax	7,902			Vprmax	7,902			Vprmax	7,618			Vprmax	9,971			Vprmax	9,902		

Vgr 1.2D+0.5L	9,384	Vgr 1.2D+0.5L	9,213	Vgr 1.2D+0.5L	9,913	Vgr 1.2D+0.5L	5,510	Vgr 1.2D+0.5L	5,757
Vu calculada	17,286	Vu	17,116	Vu	17,531	Vu calculada	15,480	Vu	15,659
Vu diseño [Envolvente]	13,637	Vu diseño [Envolvente]	13,1385	Vu diseño [Envolvente]	13,8249	Vu diseño [Envolvente]	10,1953	Vu diseño [Envolvente]	11,0718
Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada
Vu	17,286	Vu	17,116	Vu	17,531	Vu	15,480	Vu	15,659
	Vpr< 0.5 Vu		Vpr< 0.5 Vu		Vpr< 0.5 Vu		Vpr< 0.5 Vu		Vpr> 0.5 Vu
Vc	15,576	Vc	15,576	Vc	15,576	Vc	0,000	Vc	0,000
Vs>=Vu/φ-Vc	7,472	Vs>=Vu/φ-Vc	7,245	Vs>=Vu/φ-Vc	7,799	Vs>=Vu/φ-Vc	20,640	Vs>=Vu/φ-Vc	20,878
Separación por Demanda [cm]	47,853	Separación por Demanda	49,352	Separación por Demanda	45,848	Separación por Demanda [cm]	17,324	Separación por Demanda	17,127
Separación Normativa zona 2h [cm]	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55	Separación Normativa zona 2h [cm]	13,55	Separación Normativa zona 2h	13,55
Separación seleccionada zona 2h[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10	Separación seleccionada zona 2h[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10
Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1	Separación fuera de 2h [cm]	27,1
Separación seleccionada fuera 2h [cm] d/3	25		25		25		15		15

Vigas piso 4

DISEÑO DE VIGAS

DISEÑO A FLEXIÓN

DIMENSIONES DE LA SECCIÓN

EJE X

Viga	B67 (Viga Crítica)	
Longitud	5,651	m
Columna	0,4	m
Luz libre Ln	5,251	m
Ln/d	10,672/642	m
Comprobación: $Ln/d > 4$	Si Cumple b	
Comprobación bw min	c1	0,4
Comprobación Ancho proyección	c2	0,4
	Si Cumple	

Eje de Viga	Longitud
B65	5,425
B66	5,471
B67 (Viga Crítica)	5,651
B68	3,952
B69	3,975

EJE Y

Viga	B84 (Viga Crítica)	
Longitud	5,768	m
Columna	0,65	m
Luz libre Ln	5,118	m
Ln/d	10,402/439	m
Comprobación: $Ln/d > 4$	Si Cumple b	
Comprobación bw min	c1	0,65
Comprobación Ancho proyección	c2	0,65
	Si Cumple	

Eje de Viga	Longitud
B83	4,716
B84 (Viga Crítica)	5,768
B85	4,466
B86	4,5

B64.2 Columna dimensionada:

B64.2.1.1. Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

(1) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

(2) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

(3) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

(4) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

(5) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

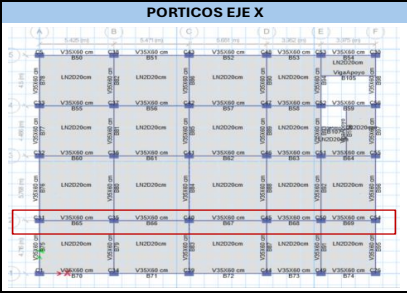
(6) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

(7) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

(8) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

(9) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)

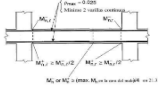
(10) Luz libre: $L_n = 5,251$ m (ver figura 10.1.1)



VIGAS PRINCIPALES EN Y

f'c	240	[kg/cm²]
fy	4200	[kg/cm²]
b	35	cm
h	55	cm
rec	4	cm
Φ estribo	10	mm
Φ var. Long	16	mm
d	49,2	cm
k	83,64	cm²
As_min	5,74	cm²
As_max	43,05	cm²
As_max (sismo)	21,525	cm²
As con máx Momento	3,35	cm²
a	1,97	cm
Mu = ΦMn	6,78	ton-m
Mu = ΦMn [ton-m]	6,78	Cumple
N Ramales	2	

β1	0,85
Φ (losas y vigas controladas por tensión)	0,9



$$As = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mu}{\phi \cdot k \cdot d \cdot fy}} \right) \quad k = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d}{fy}$$
$$H := d + rec + \phi_{estribo} + \frac{\phi_{li} A_s}{2} = \frac{30 \cdot M_u (t - m)}{d (cm)}$$

Comprobación 23,58492866

	B83				B84				B85				B86		
	Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin		Inicio	Centro	Fin
	Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]		
Superior	4,0902	1,1391	5,1942	Superior	6,0819	2,0017	6,0976	Superior	5,0888	0,5734	4,238	Superior	4,2903	1,1357	4,001
Inferior	1,1671	2,2835	0,3443	Inferior	1,1279	3,2458	1,1364	Inferior	0,2464	1,3277	0,2709	Inferior	0,3011	2,3373	1,3162
	Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]		
Superior	4,1	1,30	5,2	Superior	6,1	2,0	6,1	Superior	5,1	1,3	4,2	Superior	4,3	1,1	4,0
Inferior	2,0	2,3	2,6	Inferior	3,0	3,2	3,0	Inferior	2,5	1,3	2,1	Inferior	2,1	2,3	2,0
	Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]		
Superior	2,23	0,70	2,84	Superior	3,34	1,08	3,35	Superior	2,78	0,69	2,31	Superior	2,34	0,61	2,18
Inferior	1,11	1,24	1,41	Inferior	1,65	1,76	1,66	Inferior	1,38	0,72	1,15	Inferior	1,16	1,27	1,08
	Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]		
Superior	5,74	5,74	5,74	Superior	5,74	5,74	5,74	Superior	5,74	5,74	5,74	Superior	5,74	5,74	5,74
Inferior	5,74	5,74	5,74	Inferior	5,74	5,74	5,74	Inferior	5,74	5,74	5,74	Inferior	5,74	5,74	5,74
# Varillas con Φ propuesto =			16	# Varillas con Φ propuesto =			16	# Varillas con Φ propuesto =			16	# Varillas con Φ propuesto =			16
Superior	2,85	2,85	2,85	Superior	2,85	2,85	2,85	Superior	2,85	2,85	2,85	Superior	2,85	2,85	2,85
Inferior	2,85	2,85	2,85	Inferior	2,85	2,85	2,85	Inferior	2,85	2,85	2,85	Inferior	2,85	2,85	2,85
	Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado		
Superior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Superior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Superior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Superior	3Φ16	3Φ16	3Φ16
Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	3Φ16
	Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]		
Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03
Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03
	As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)		
Superior	105,08	105,08	105,08	Superior	105,08	105,08	105,08	Superior	105,08	105,08	105,08	Superior	105,08	105,08	105,08
Inferior	105,08	105,08	105,08	Inferior	105,08	105,08	105,08	Inferior	105,08	105,08	105,08	Inferior	105,08	105,08	105,08

LONGITUD REQUERIDA DEL ANCLAJE DE REFUERZO A FLEXIÓN EN COLUMNA EXT			
Φ var. Long	16	mm	
Longitud de desarrollo	ld	979,795897	mm
Longitud exterior	lext	192	mm
ldh	254,021159	mm	
Longitud de empalme	lst	1273,73467	mm

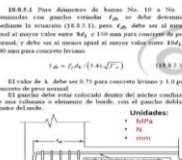
Cumple

NORMATIVA NEC 2015 Y ACI 318S

Para NEC-2015
1.10.6 Longitud de desarrollo a tracción
$$l_d = \left(\frac{fy \psi_t \psi_s}{1,4 \sqrt{f'c}} \right) d_b$$
$$\psi_t = 1 \text{ (Otros casos)}$$
$$\psi_s = 1,0 \text{ (Para barras sin recubrimiento)}$$
$$\lambda = 1 \text{ (Concreto de peso normal)}$$

Unidades:
• MPa
• N
• mm

Tabla 25.6.2.1— Longitud de empalme por traspaso de barras y alambres corrugados a tracción			
Porcentaje		Tipo de empalme	
máximo de A_s requerido dentro de la longitud de traspaso requerida		l_e	
≥ 2,0	50	Clase A	Máximo de $1,0 l_d$ y 300 mm
	100	Clase B	Máximo de $1,3 l_d$ y 300 mm
≤ 2,0		Todos los casos	Clase B



VIGAS PRINCIPALES EN Y

B83			B84			B85			B86		
Ln 4,316 m			Ln 5,368 m			Ln 4,066 m			Ln 4,1 m		
Inicio	Centro	Fin	Inicio	Centro	Fin	Inicio	Centro	Fin	Inicio	Centro	Fin
Acero colocado			Acero colocado			Acero colocado			Acero colocado		
Superior	3Φ16	3Φ16	Superior	3Φ16	3Φ16	Superior	3Φ16	3Φ16	Superior	3Φ16	3Φ16
Inferior	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16	Inferior	3Φ16	3Φ16
Acero colocado [cm ²]			Acero colocado [cm ²]			Acero colocado [cm ²]			Acero colocado [cm ²]		
Superior	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03
Inferior	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03
a [cm ²]			a [cm ²]			a [cm ²]			a [cm ²]		
Superior	4,435	4,435	Superior	4,435	4,435	Superior	4,435	4,435	Superior	4,435	4,435
Inferior	4,435	4,435	Inferior	4,435	4,435	Inferior	4,435	4,435	Inferior	4,435	4,435
Mpr [T-m]			Mpr [T-m]			Mpr [T-m]			Mpr [T-m]		
Superior	14,878	14,878	Superior	14,878	14,878	Superior	14,878	14,878	Superior	14,878	14,878
Inferior	14,878	14,878	Inferior	14,878	14,878	Inferior	14,878	14,878	Inferior	14,878	14,878
Vpr [T]			Vpr [T]			Vpr [T]			Vpr [T]		
Vpr1 (T)	6,894		Vpr1 (T)	5,543		Vpr1 (T)	7,318		Vpr1 (T)	7,258	
Vpr2 (T)	6,894		Vpr2 (T)	5,543		Vpr2 (T)	7,318		Vpr2 (T)	7,258	
Vprmax	6,894		Vprmax	5,543		Vprmax	7,318		Vprmax	7,258	

Vgr 1.2D+0.5L	4,026	Vgr 1.2D+0.5L	4,941	Vgr 1.2D+0.5L	3,577	Vgr 1.2D+0.5L	3,601	
Vu calculada	10,920	Vu	10,484	Vu	10,895	Vu	10,858	
Vu diseño [Envolvente]	5,547	Vu diseño [Envolvente]	6,233	Vu diseño [Envolvente]	5,004	Vu diseño [Envolvente]	5,144	
Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	Comprobación	Usar Vu calculada	
Vu	10,920	Vu	10,484	Vu	10,895	Vu	10,858	
Vpr> 0.5 Vu						Vpr> 0.5 Vu		
Vc	0,000	Vc	0,000	Vc	0,000	Vc	0,000	
Vs>=Vu/φ-Vc	14,561	Vs>=Vu/φ-Vc	13,978	Vs>=Vu/φ-Vc	14,526	Vs>=Vu/φ-Vc	14,478	
Separación por Demanda [cm]	22,292	Separación por Demanda	23,221	Separación por Demanda	22,345	Separación por Demanda	22,420	
Separación Normativa zona 2h [cm]	12,3	Separación Normativa zona 2h	12,3	Separación Normativa zona 2h	12,3	Separación Normativa zona 2h	12,3	
Separación seleccionada zona 2h[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10	Separación seleccionada[cm]	10	
Separación fuera de 2h [cm]	24,6	20	Separación fuera de 2h [cm]	24,6	20	Separación fuera de 2h [cm]	24,6	20
Separación seleccionada fuera 2h [cm] d/3	20		20		20		20	

VIGAS PRINCIPALES EN X

f _c	240	[kg/cm ²]
f _y	4200	[kg/cm ²]
b	35	cm
h	55	cm
rec	4	cm
Ø estribo	10	mm
Φ var. Long	16	mm
d	49,2000	cm
k	83,64	cm ⁴
As _{min}	5,74	cm ²
As _{max}	43,05	cm ²
As _{max} (sísmico)	21,525	cm ²
As con máx Momento	3,38	cm ²
a	1,99	cm
Mu = ΦMn	6,8508	ton-m
Mu = ΦMn (ton-m)	6,851	Cumple
N Ramales	2	

Comprobación
23,71626509

β ₁	0,85
φ (losas y vigas controladas por tensión)	0,9

$$d := \sqrt[3]{\frac{M_u}{\dots \dots \dots \cdot cm}}$$

$$H := d + rec + \phi_{estribo} + \frac{\phi_{long}}{2}$$
$$k = \frac{0.85 * f'c * b * d}{f_y}$$

$$A_s \approx \frac{30 * M_u(t - m)}{d(cm)}$$
$$As = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

V65				V66				V67				V68				V69			
Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin				Inicio Centro Fin			
Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]				Momentos [T-m]			
Superior	5,1775	1,6472	5,7997	Superior	5,7384	1,3213	5,902	Superior	6,1657	1,7716	5,683	Superior	4,3341	0,5276	3,6923	Superior	3,3595	0,7819	3,8603
Inferior	0,2422	2,9868	0,7193	Inferior	0,8367	2,3552	0,9242	Inferior	1,0412	2,882	0,7765	Inferior	0,488	0,8849	0,8621	Inferior	1,0249	1,6869	1,4773
Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]				Momentos (Min) [T-m]			
Superior	5,2	1,6	5,8	Superior	5,7	1,5	5,9	Superior	6,2	1,8	5,7	Superior	4,3	1,1	3,7	Superior	3,4	1,0	3,9
Inferior	2,6	3,0	2,9	Inferior	2,9	2,4	3,0	Inferior	3,1	2,9	2,8	Inferior	2,2	1,1	1,8	Inferior	1,7	1,7	1,9
Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]				Acero requerido [cm²]			
Superior	2,83	0,89	3,18	Superior	3,14	0,80	3,24	Superior	3,38	0,96	3,11	Superior	2,36	0,58	2,01	Superior	1,83	0,52	2,10
Inferior	1,40	1,62	1,57	Inferior	1,56	1,28	1,60	Inferior	1,67	1,56	1,54	Inferior	1,17	0,58	1,00	Inferior	0,91	0,91	1,04
Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]				Acero requerido (Min) [cm²]			
Superior	5,74	5,74	5,74	Superior	5,74	5,74	5,74	Superior	5,74	5,74	5,74	Superior	5,74	5,74	5,74	Superior	5,74	5,74	5,74
Inferior	5,74	5,74	5,74	Inferior	5,74	5,74	5,74	Inferior	5,74	5,74	5,74	Inferior	5,74	5,74	5,74	Inferior	5,74	5,74	5,74
# Varillas con Ø propuesto =			16	# Varillas con Ø propuesto =			16	# Varillas con Ø propuesto =			16	# Varillas con Ø propuesto =			16	# Varillas con Ø propuesto =			16
Superior	2,85	2,85	2,85	Superior	2,85	2,85	2,85	Superior	2,85	2,85	2,85	Superior	2,85	2,85	2,85	Superior	2,85	2,85	2,85
Inferior	2,85	2,85	2,85	Inferior	2,85	2,85	2,85	Inferior	2,85	2,85	2,85	Inferior	2,85	2,85	2,85	Inferior	2,85	2,85	2,85
Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado				Acero colocado			
Superior	3Ø16	3Ø16	3Ø16	Superior	3Ø16	3Ø16	3Ø16	Superior	3Ø16	3Ø16	3Ø16	Superior	3Ø16	3Ø16	3Ø16	Superior	3Ø16	3Ø16	3Ø16
Inferior	3Ø16	3Ø16	3Ø16	Inferior	3Ø16	3Ø16	3Ø16	Inferior	3Ø16	3Ø16	3Ø16	Inferior	3Ø16	3Ø16	3Ø16	Inferior	3Ø16	3Ø16	3Ø16
Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]				Acero colocado [cm²]			
Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03	Superior	6,03	6,03	6,03
Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03	Inferior	6,03	6,03	6,03
As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)				As colocado / As requerido (%)			
Superior	105,08	105,08	105,08	Superior	105,08	105,08	105,08	Superior	105,08	105,08	105,08	Superior	105,08	105,08	105,08	Superior	105,08	105,08	105,08
Inferior	105,08	105,08	105,08	Inferior	105,08	105,08	105,08	Inferior	105,08	105,08	105,08	Inferior	105,08	105,08	105,08	Inferior	105,08	105,08	105,08

LONGITUD REQUERIDA DEL ANCLAJE DE REFUERZO A FLEXIÓN EN COLUMNA EXT

Φ var. Long	16	mm
Longitud de desarrollo	ld	979,795897
Longitud exterior	l _{ext}	192
	ldh	254,021159
Longitud de empalme	lst	1273,73467

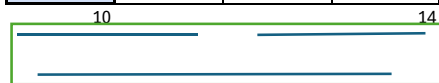
Cumple

Anexo G: Cálculos de diseño de losa nervada 2D

DISEÑO DE LOSA NERVADA 2D

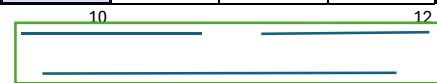
Datos		
fy	4200	kg/cm2
rec	2	cm
Diámetro Varilla ϕ	1,2	cm
AnchoNervio	10	cm
y1	5	cm
y2	15	cm
Peralte efectivo d	17,4	cm
Asmin	0,58	cm2

Lado a			
	Discontinuo	Continuo	
	Inicio	Centro	Fin
Momentos [T-m]			
Superior	0,306	0	1,6
Inferior	0	0,917	0
	Inicio	Centro	Fin
Momentos [T-m]			
Superior	0,153	0	0,8
Inferior	0	0,4585	0
Acero requerido [cm ²]			
Superior	0,26	0,00	1,38
Inferior	0,00	0,79	0,00
Acero requerido (Min) [cm ²]			
Superior	0,58	0,58	1,38
Inferior	0,58	0,79	0,58
# Varillas con Φ propuesto =	10		
# Varillas con Φ propuesto =	14		
# Varillas con Φ propuesto =	10		
Superior	0,74	0,74	0,90
Inferior	0,74	1,01	0,74
Acero colocado			
Superior	1 Φ 10	1 Φ 10	1 Φ 14
Inferior	1 Φ 10	1 Φ 10	1 Φ 10
Acero colocado [cm ²]			
Superior	0,79	0,79	1,54
Inferior	0,79	0,79	0,79



Lado a

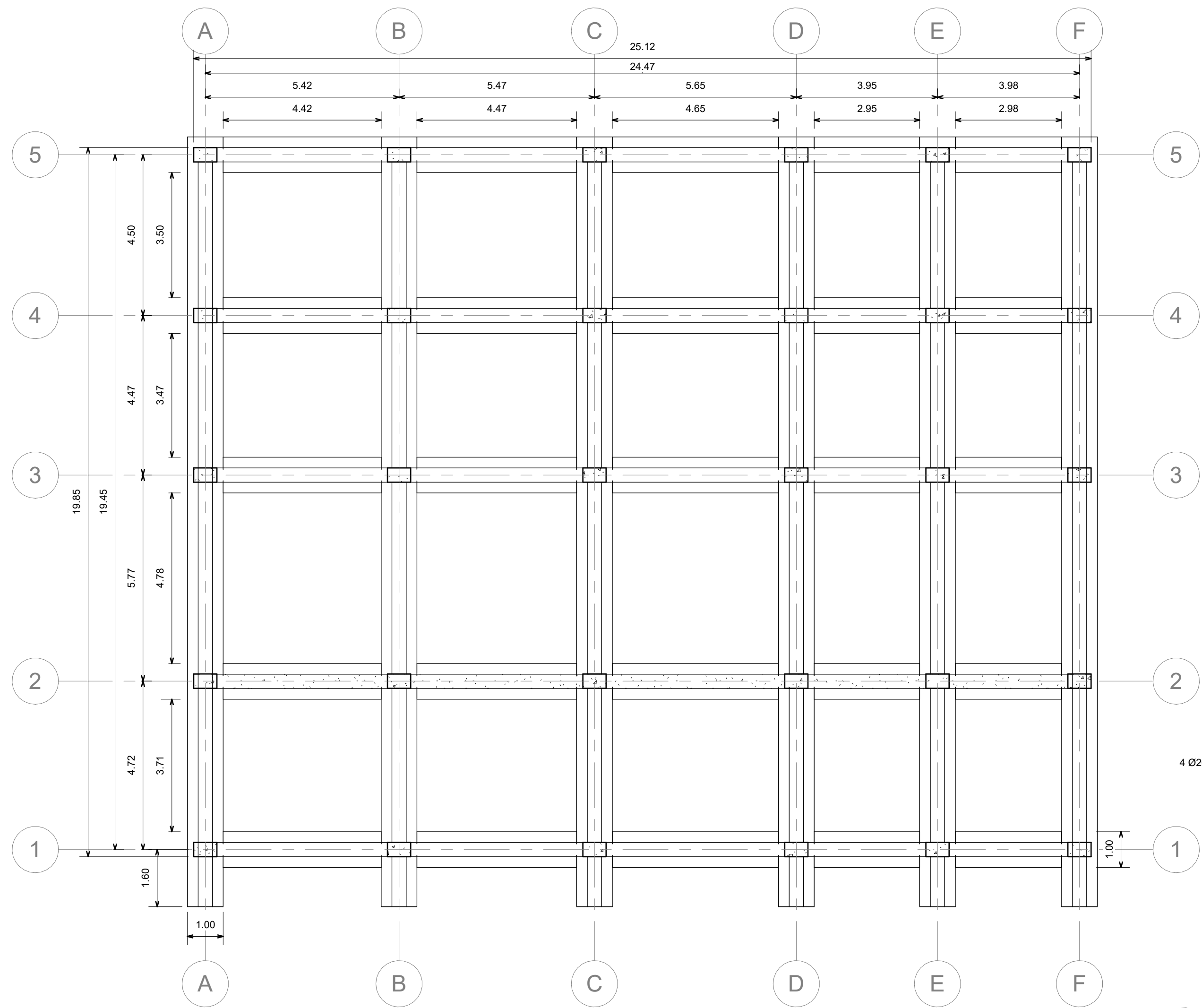
Lado b			
	Discontinuo	Continuo	
	Inicio	Centro	Fin
Momentos [T-m]			
Superior	0,219	0	1,11
Inferior	0	0,656	0
	Inicio	Centro	Fin
Momentos [T-m]			
Superior	0,1095	0	0,555
Inferior	0	0,328	0
Acero requerido [cm ²]			
Superior	0,19	0,00	0,96
Inferior	0,00	0,57	0,00
Acero requerido (Min) [cm ²]			
Superior	0,58	0,58	0,96
Inferior	0,58	0,58	0,58
# Varillas con Φ propuesto =	10		
# Varillas con Φ propuesto =	12		
# Varillas con Φ propuesto =	10		
Superior	0,74	0,74	0,62
Inferior	0,74	0,74	0,74
Acero colocado			
Superior	1 Φ 10	1 Φ 10	1 Φ 12
Inferior	1 Φ 10	1 Φ 10	1 Φ 10
Acero colocado [cm ²]			
Superior	0,79	0,79	1,13
Inferior	0,79	0,79	0,79



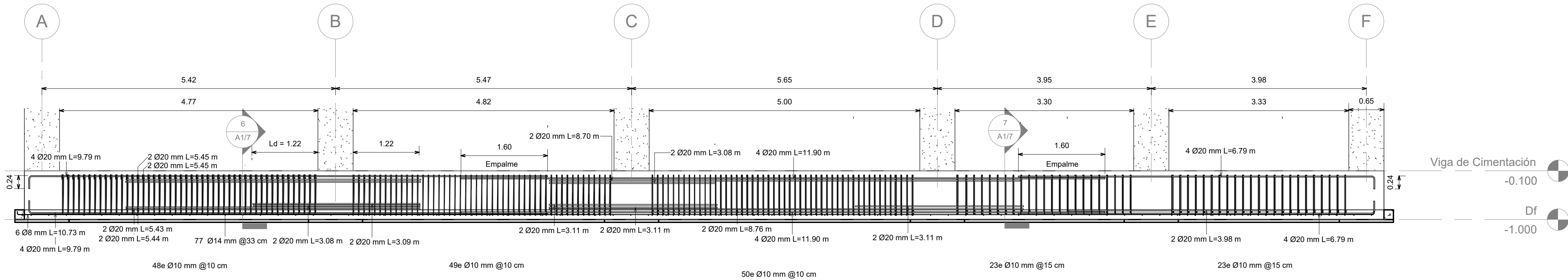
Lado b

Este acero es por cada nervio

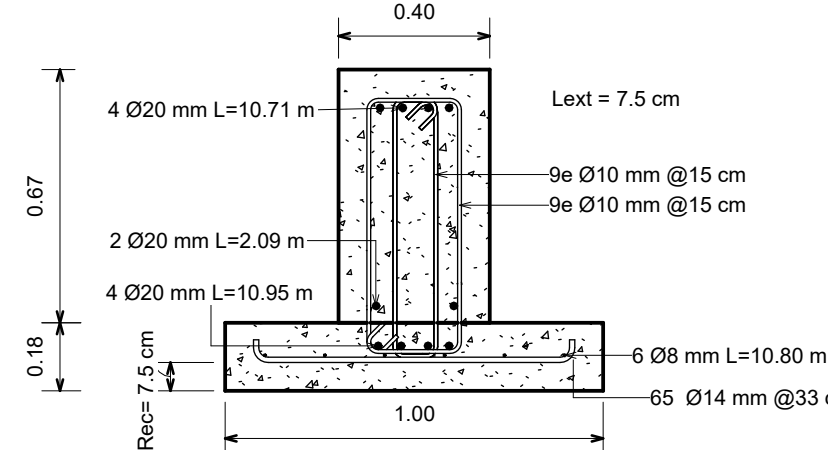
Malla electrosoldada			
Acero de retracción	0,9	cm2	
R106			
En la parte superior			
R - 106	4.5	15 x 15	25.1
R - 196	5	10 x 10	46.1
R - 131	5	15 x 15	30.1
R - 238	5.5	10 x 10	55.1



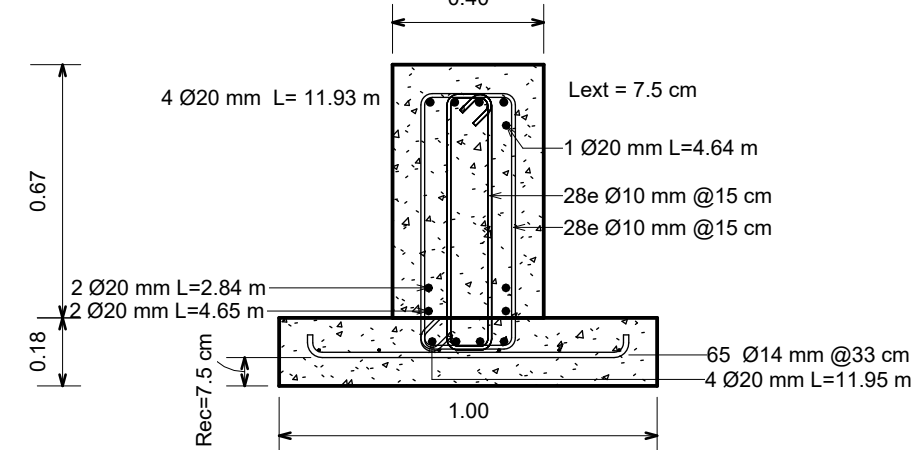
1 **Detalle Viga de Cimentación**
1 : 100



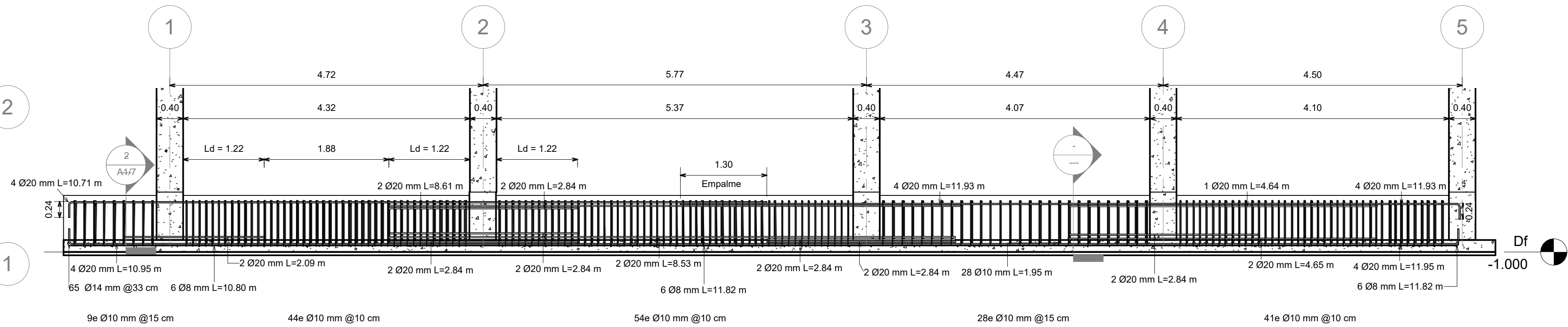
5 **Viga- Eje 1-2-3-4-5**
1 : 50



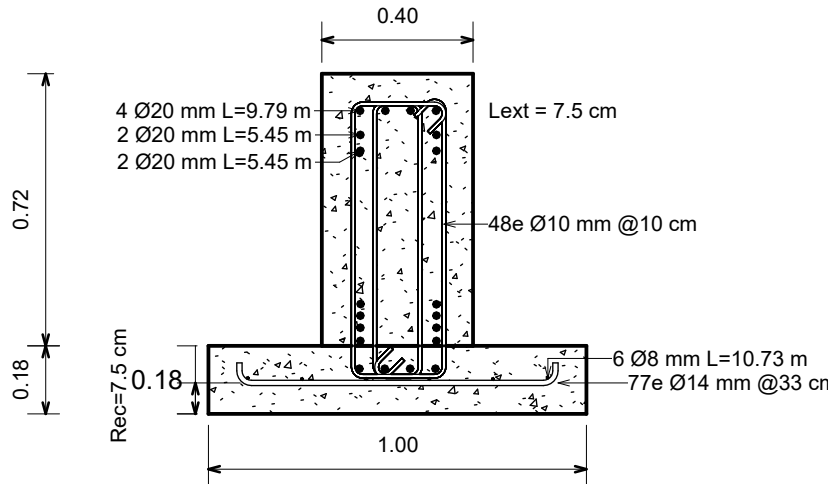
2 **Viga transversal 1**
1 : 20



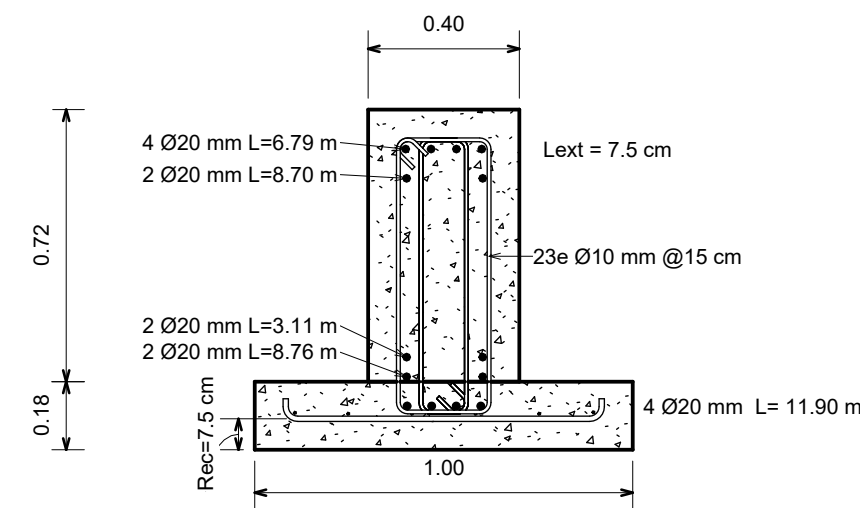
3 **Viga Transversal 2**
1 : 20



4 **Viga Eje A-B-C-D-E-F**
1 : 50



6 **Viga transversal 1.**
1 : 20



7 **Viga transversal 2.**
1 : 20

DETALLES DE GANCHOS Y LONGITUD DE DESARROLLO EN ELEMENTOS A TRACCIÓN

Gancho estándar de 90 grados

f'c = 240 kg/cm ²	db	Ldh (cm)	Lext (cm)
8	15	9.8	12
10	16	12	14
12	18	14	16
14	20	17	19
16	22	20	22
18	24	24	24

Para un hormigón de f'c = 240 kg/cm²
Longitud de desarrollo (Ld) - Especificado en los planos - NEC-2015
Longitud de desarrollo anclaje (Ldh) - NEC 2015
Ldh: mayor de 8db y 150 mm - Ecuación 18.8.5.1
Longitud de empalme (Lst) - ACI 318S-14 25.5.2.1
Mayor a 1.3 Ld y 300 mm

ESTRIBOS, AMARRES Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

ACI 318S-14 25.3.2
Gancho estándar de 135 grados

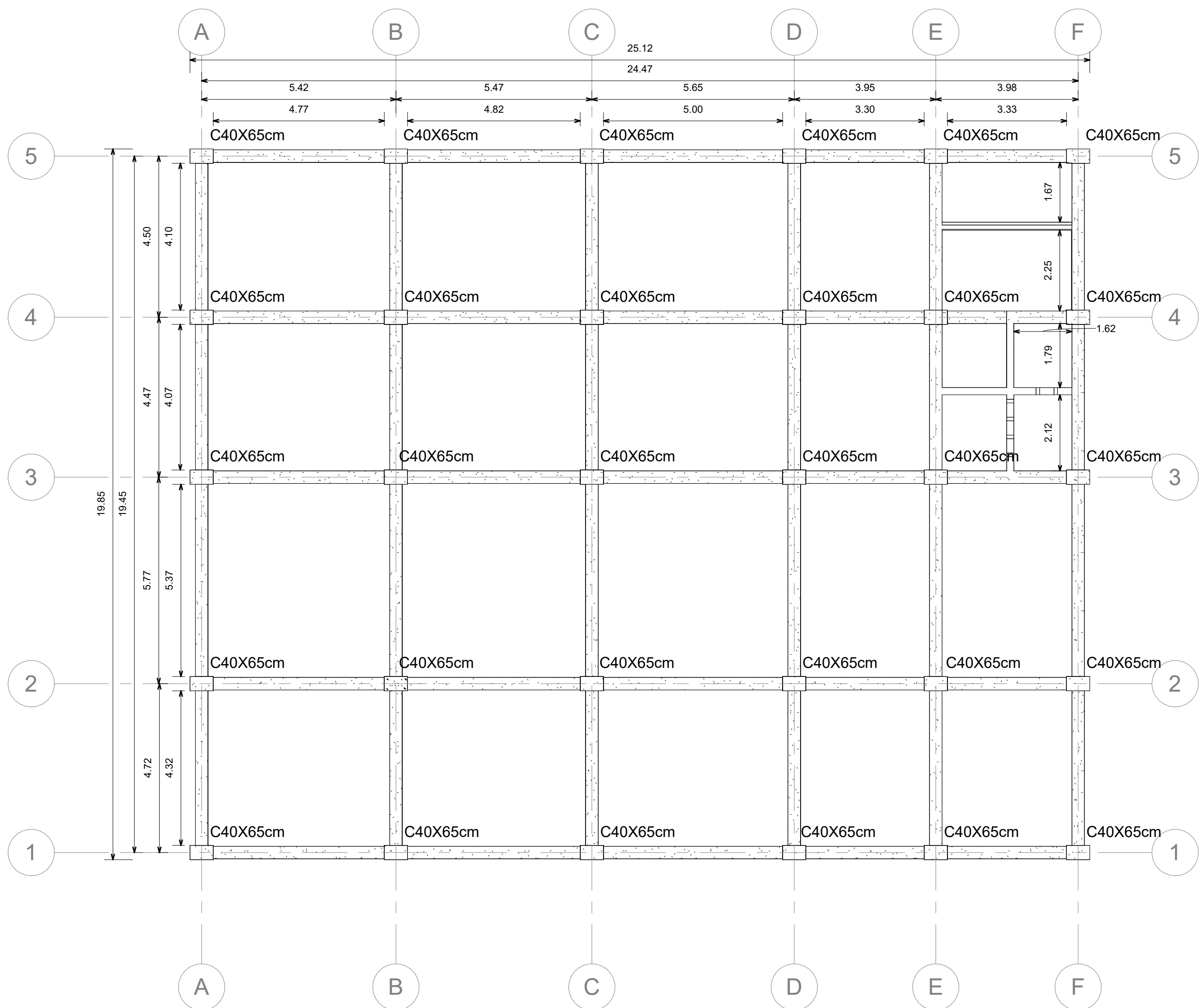
No. 10 a 16 mm D= 4db	No. 18 a 25 mm D= 5db
8	15
10	16
12	18
14	20
16	22
18	24

NEC-SE-HM 2015
En la **zona de traslape** la distancia máxima entre estribos no puede exceder di/4 o 100 mm d: peralte
En los extremos, el primer estribo esta a 5 cm y el último a 2h de la cara de la columna
En **zonas de confinamiento**, el espaciamiento entre estribos es el menor entre db/4, 6d, 200 mm y fuera de esta zona será menor a db/2

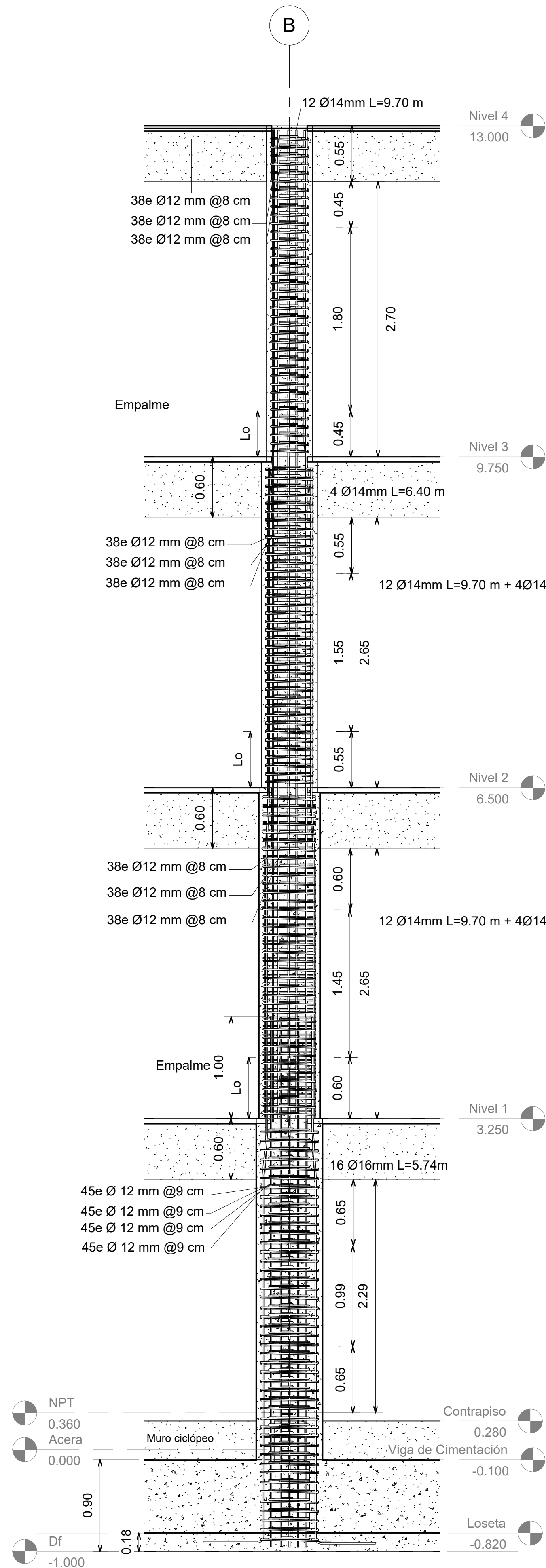
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Capacidad portante del suelo	31.89 ton/m ²
Recubrimiento en cimentaciones	7.5 cm
Recubrimiento en riostras, vigas y columnas	4 cm
Recubrimiento en losas	2 cm
Resistencia de elementos estructurales	f'c= 240 kg/cm ²
Límite de fluencia del acero	fy = 4200 kg/cm ²
Hormigón de replantillo	f'c= 180 kg/cm ²
Factor z	0.5 g
Período fundamental Ta	0.553 s
W total	1886.165 ton
Vx	250.38 ton
Vy	250.38 ton

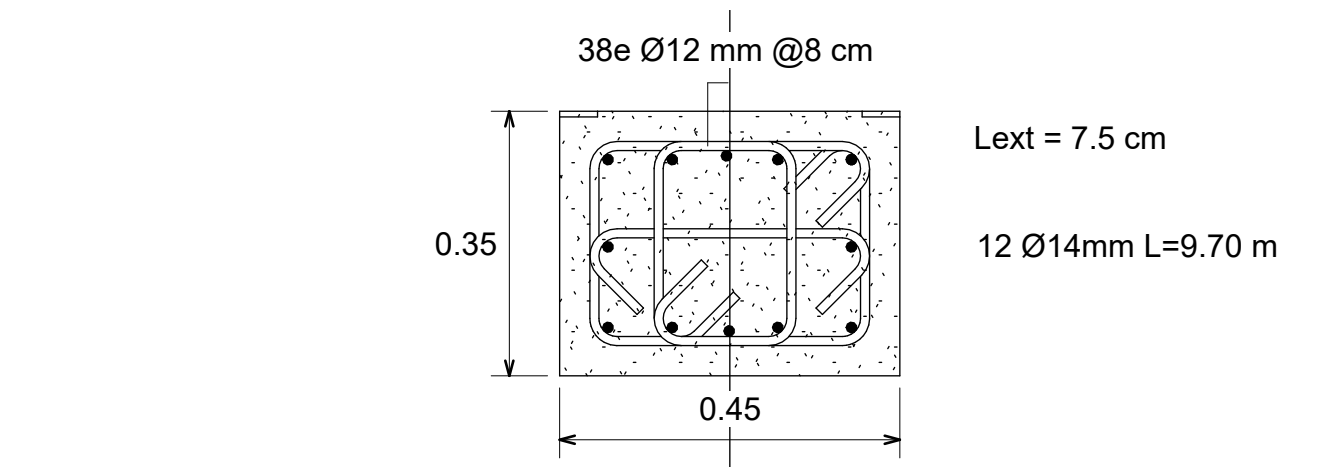
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO RESIDENCIAL DE 4 PISOS DE HORMIGÓN ARMADO EN SALINAS, SANTA ELENA			
CONTENIDO: DETALLE DE VIGAS DE CIMENTACIÓN			
Tutor de Materia Integradora: Ing. David Valverde	Estudiante: - Selene Alejandra Merejildo Matías - Michael Antonio Tumbaco Alcívar	Fecha de Entrega: 22 de Agosto, 2025	
Profesor de Materia Integradora: Ing. Lenin Dender		Lámina: A1/7	Escala: variable



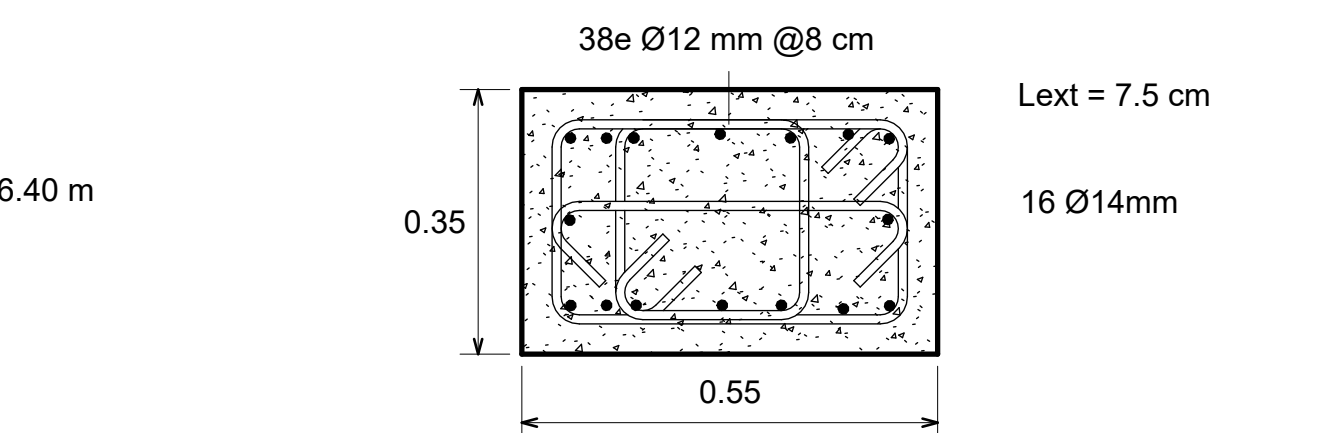
1 Distribución de columnas en Planta Baja
1 : 100



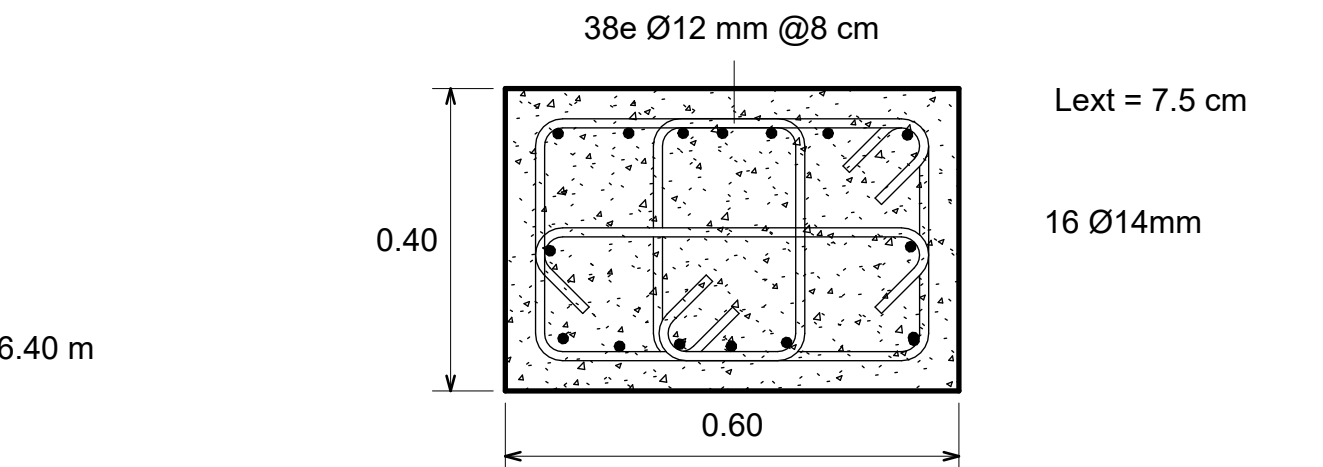
2 Columnas Eje A-B-C-D-E-F, 1-2-3-4-5
1 : 30



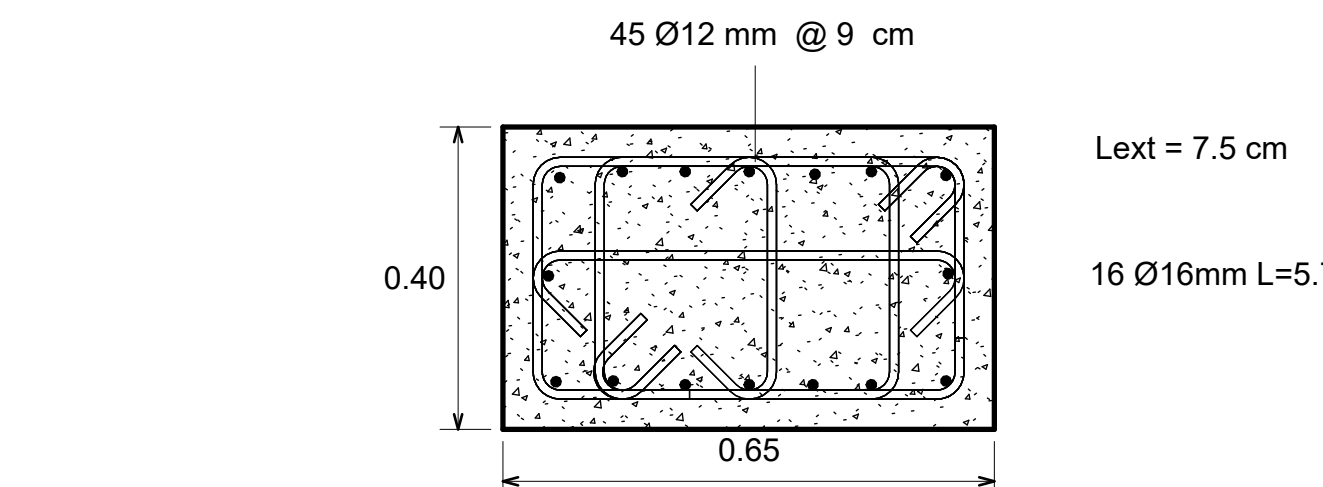
3 Columna Transversal- Piso 4
1 : 10



4 Columna Transversal- Piso 3
1 : 10

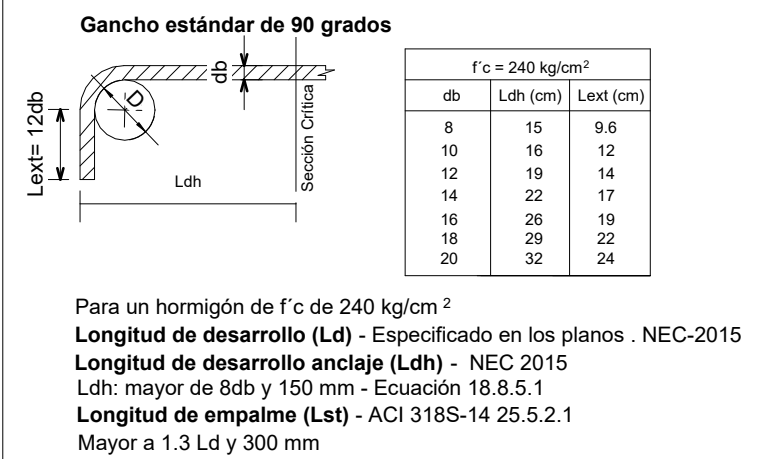


5 Columna Transversal- Piso 2
1 : 10

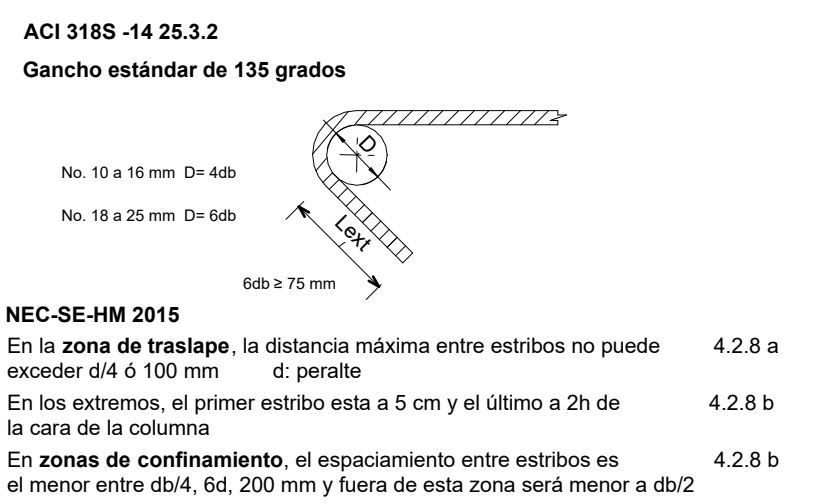


6 Columna Transversal - Piso 1 (Planta Baja)
1 : 10

DETALLES DE GANCHOS Y LONGITUD DE DESARROLLO EN ELEMENTOS A TRACCIÓN



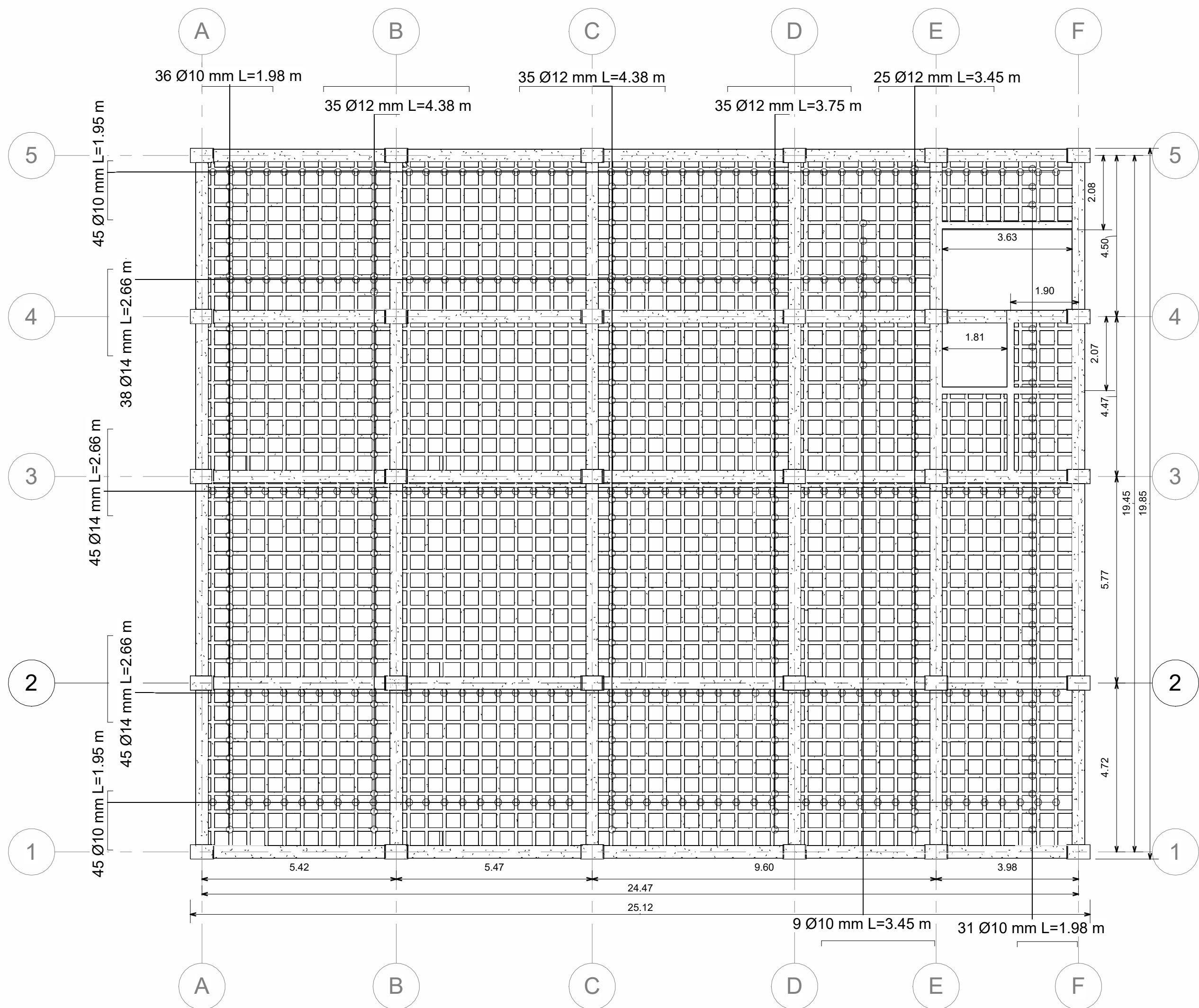
ESTRIBOS, AMARRES Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO



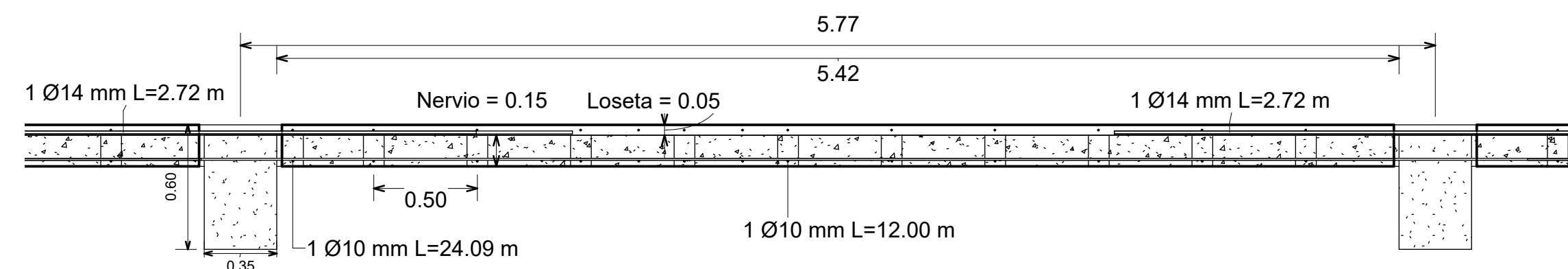
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Capacidad portante del suelo	31.89 ton/m ²
Recubrimiento en cimentaciones	7.5 cm
Recubrimiento en riostras, vigas y columnas	4 cm
Recubrimiento en losas	2 cm
Resistencia de elementos estructurales	$f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$
Límite de fluencia del acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Hormigón de replantillo	$f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
Factor z	0.5 g
Período fundamental Ta	0.553 s
W total	1886.165 ton
Vx	250.38 ton
Vy	250.38 ton

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO RESIDENCIAL DE 4 PISOS DE HORMIGÓN ARMADO EN SALINAS, SANTA ELENA			
CONTENIDO: DETALLE DE COLUMNAS			
Tutor de Materia Integradora: Ing. David Valverde	Estudiante: - Selene Alejandra Merejildo Matías - Michael Antonio Tumbaco Alcívar		Fecha de Entrega: 22 de Agosto, 2025
Profesor de Materia Integradora: Ing. Lenin Dender			Lámina: A2/7
		Escala: variable	

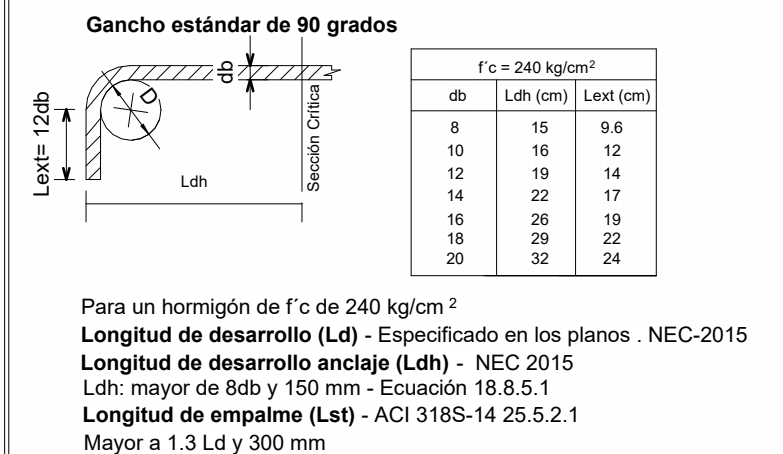


1 Detalle de Losa de acero superior P1-P2-P3-P4
1 : 100

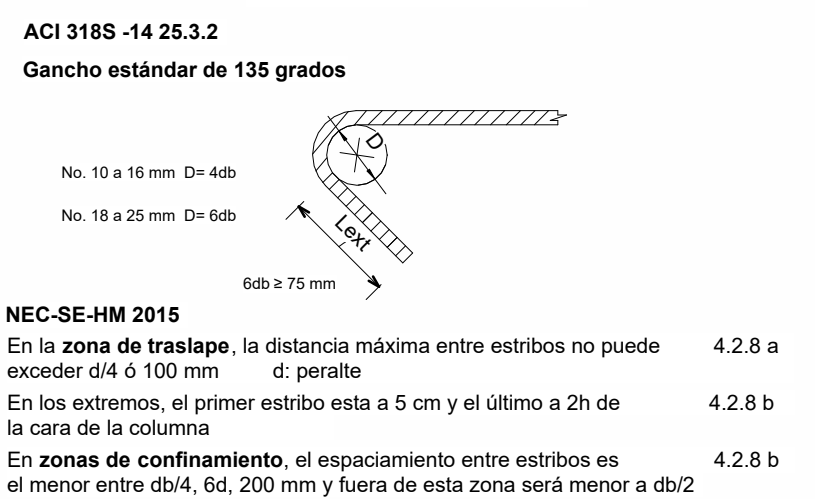


3 Detalle de Losa Nervada 2D
1 : 25

DETALLES DE GANCHOS Y LONGITUD DE DESARROLLO EN ELEMENTOS A TRACCIÓN

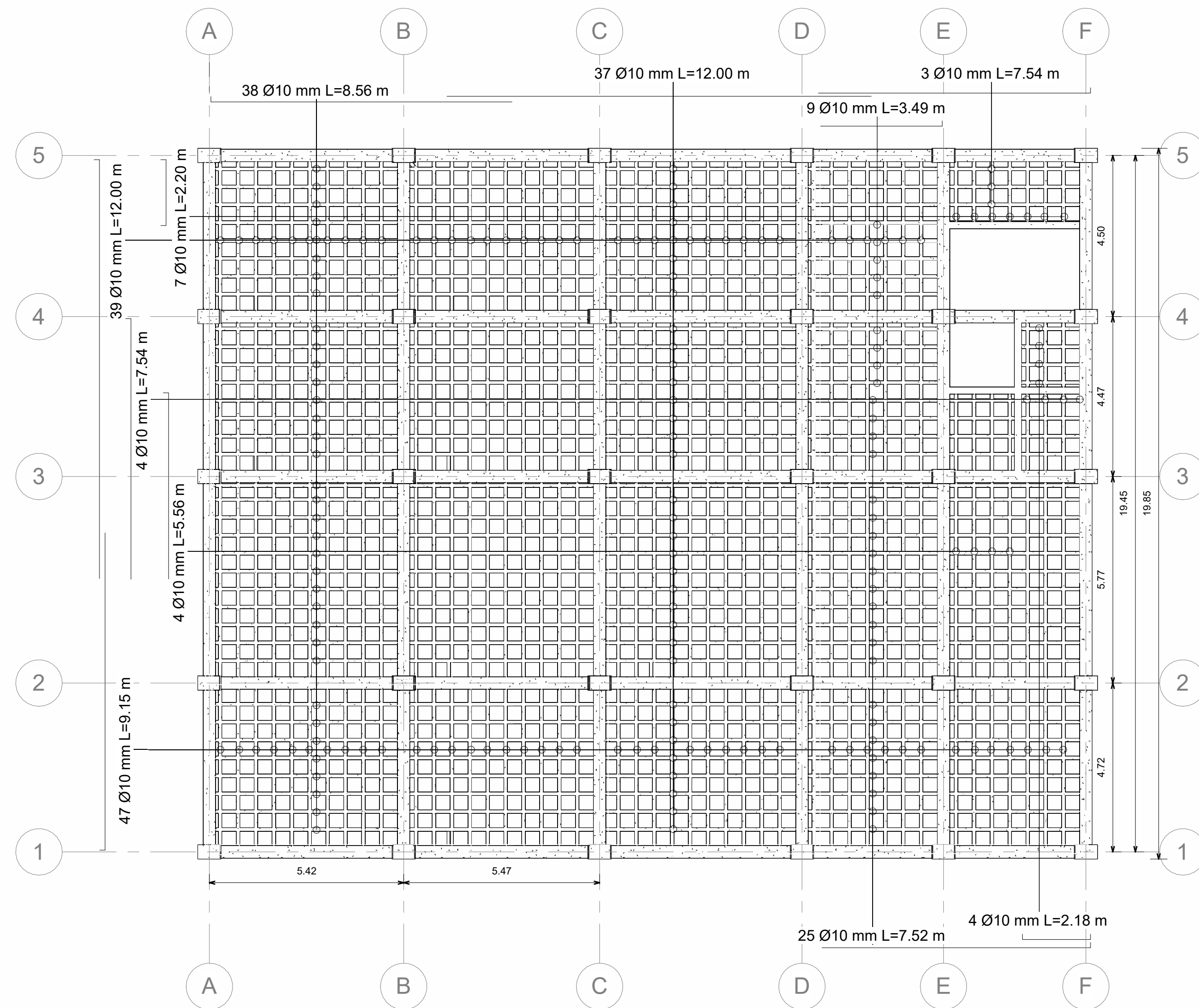


ESTRIBOS, AMARRES Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

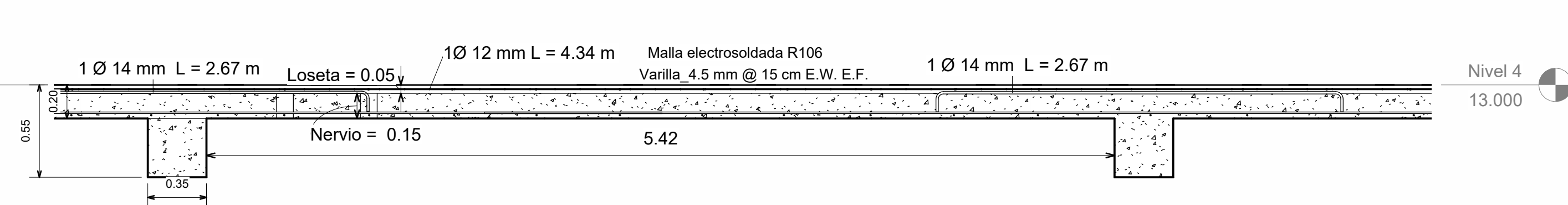


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

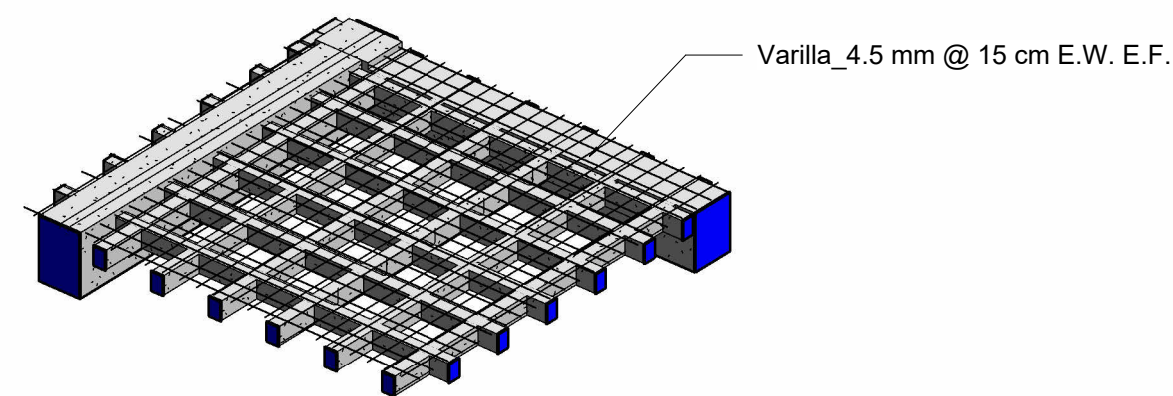
Capacidad portante del suelo	31.89 ton/m ²
Recubrimiento en cimentaciones	7.5 cm
Recubrimiento en riostras, vigas y columnas	4 cm
Recubrimiento en losas	2 cm
Resistencia de elementos estructurales	f'c = 240 kg/cm ²
Límite de fluencia del acero	fy = 4200 kg/cm ²
Hormigón de replantillo	f'c = 180 kg/cm ²
Factor z	0.5 g
Período fundamental Ta	0.553 s
W total	1886.165 ton
Vx	250.38 ton
Vy	250.38 ton



2 Detalle de Losa de acero inferior P1-P2-P3-P4
1 : 100



4 Detalle de Losa Nervada 2D en Cubierta
1 : 25



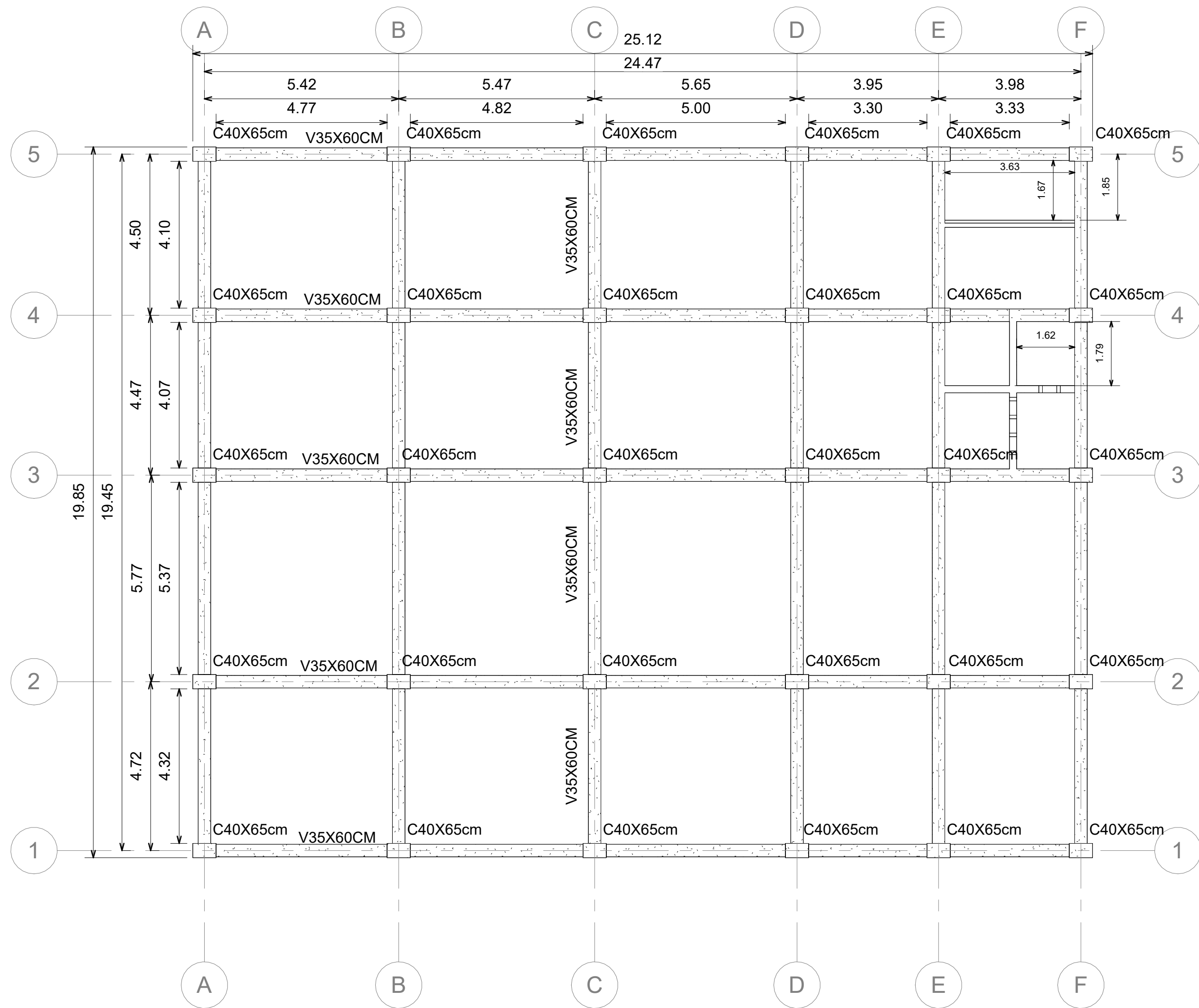
5 3D Malla Electrosoldada

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

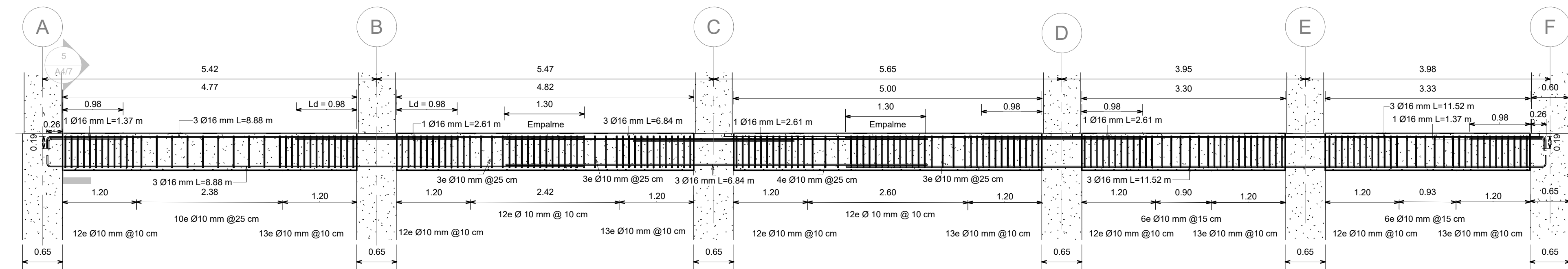
PROYECTO: **DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO RESIDENCIAL DE 4 PISOS DE HORMIGÓN ARMADO EN SALINAS, SANTA ELENA**

CONTENIDO: **DETALLE DE LOSA NERVADA 2D**

Tutor de Materia Integradora: Ing. David Valverde	Estudiante: - Selene Alejandra Merejildo Matías - Michael Antonio Tumbaco Alcívar	Fecha de Entrega: 22 de Agosto, 2025
Profesor de Materia Integradora: Ing. Lenin Dender		Lámina: A3/7
		Escala: variable

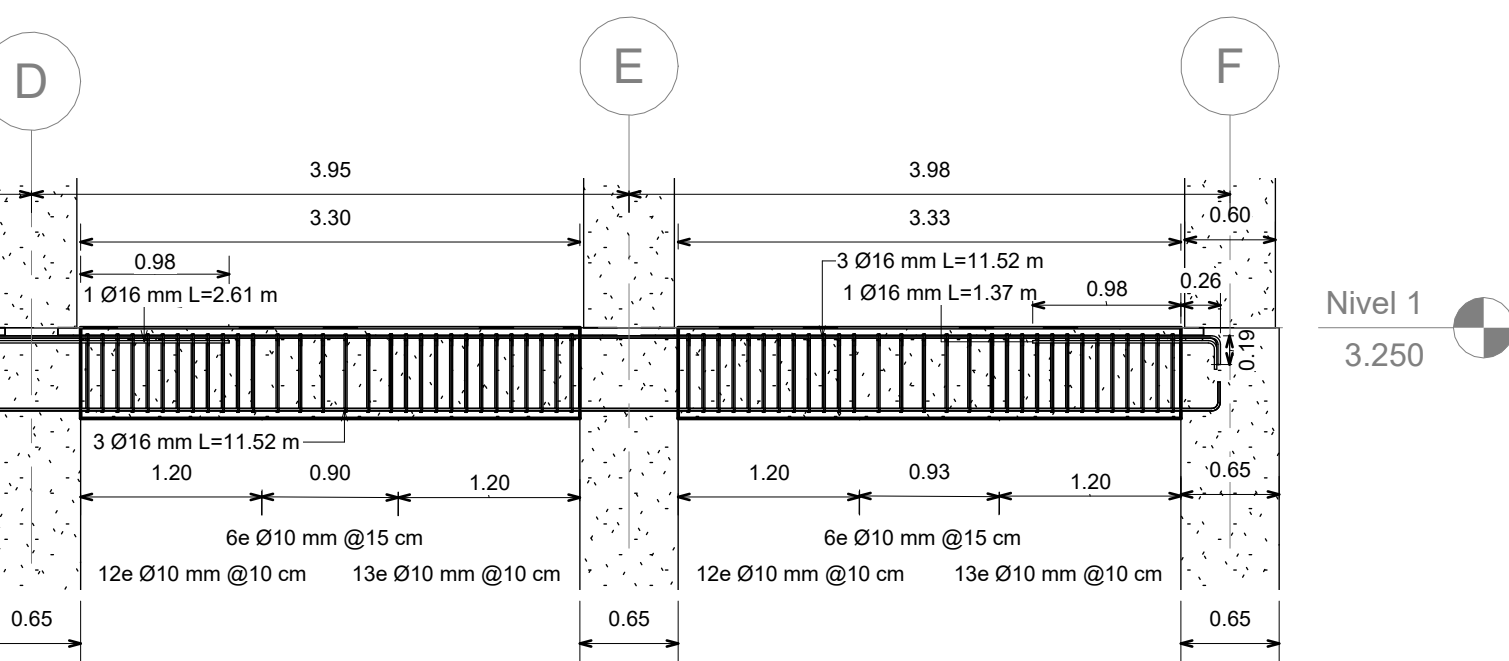


1 Distribución de columnas y vigas en Planta Baja.
1 : 100

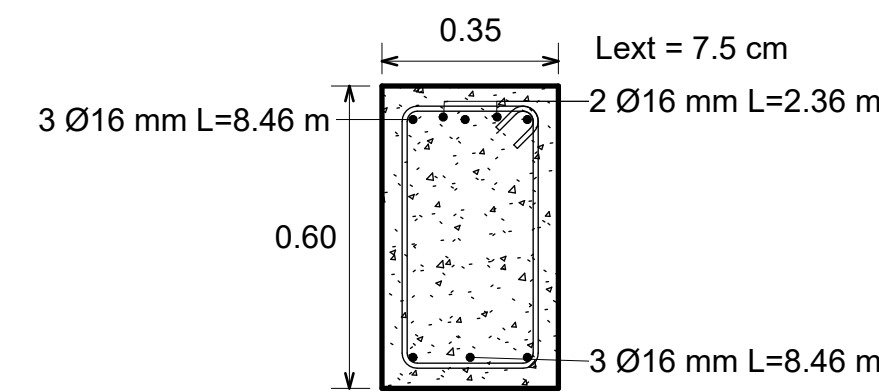


4 Detalle Viga Eje 1-2-3-4-5 Planta Baja
1 : 50

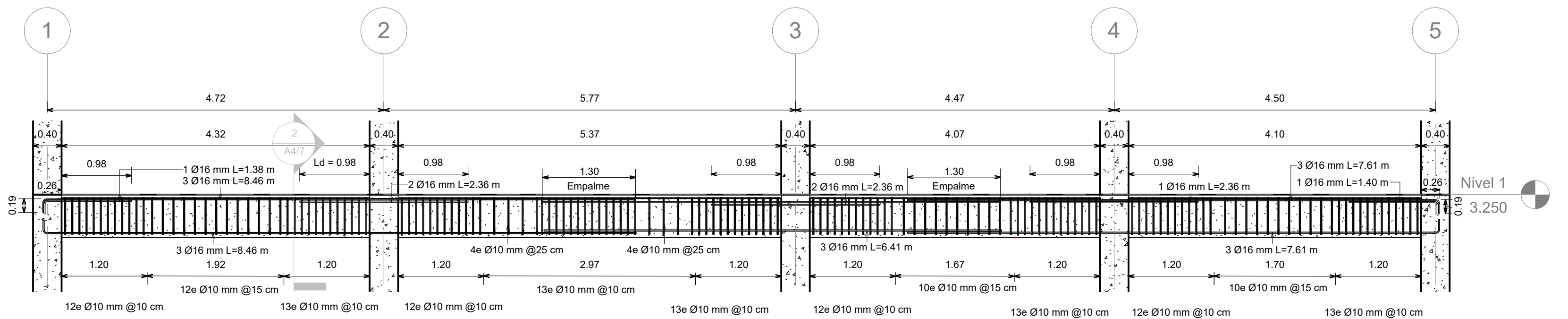
3 Detalle Vigas Eje A-B-C-D-E-F Planta Baja
1 : 50



5 Viga Transversal Eje 1 - Planta Baja
1 : 15



2 Viga Transversal Eje A - Planta Baja
1 : 15



DETALLES DE GANCHOS Y LONGITUD DE DESARROLLO EN ELEMENTOS A TRACCIÓN

Gancho estándar de 90 grados

db	Ldh (cm)	Lext (cm)
8	15	9.8
10	16	12
12	19	14
14	22	17
16	26	19
18	29	22
20	32	24

Para un hormigón de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$
Longitud de desarrollo (Ld) - Especificado en los planos. - NEC-2015
Longitud de desarrollo anclaje (Ldh) - NEC 2015
Ldh: mayor de $8db$ y 150 mm - Ecuación 18.8.5.1
Longitud de empalme (Lst) - ACI 318S-14 25.5.2.1
Mayor a $1.3 Ld$ y 300 mm

ESTRIBOS, AMARRES Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

ACI 318S -14 25.3.2
Gancho estándar de 135 grados

No. 10 a 16 mm D= 4db
No. 18 a 25 mm D= 5db

NEC-SE-HM 2015
En la **zona de traslape**, la distancia máxima entre estribos no puede exceder $d/4$ o 100 mm
d: peralte
En los extremos, el primer estribo esta a 5 cm y el último a $2h$ de la cara de la columna
En **zonas de confinamiento**, el espaciamiento entre estribos es el menor entre $db/4$, $6d$, 200 mm y fuera de esta zona será menor a $db/2$

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Capacidad portante del suelo	31.89 ton/m ²
Recubrimiento en cimentaciones	7.5 cm
Recubrimiento en riostras, vigas y columnas	4 cm
Recubrimiento en losas	2 cm
Resistencia de elementos estructurales	$f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$
Límite de fluencia del acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Hormigón de replantillo	$f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
Factor z	0.5 g
Período fundamental Ta	0.553 s
W total	1886.165 ton
Vx	250.38 ton
Vy	250.38 ton

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: **DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO RESIDENCIAL DE 4 PISOS DE HORMIGÓN ARMADO EN SALINAS, SANTA ELENA**

CONTENIDO: **DETALLE DE VIGA PISO 1 (PLANTA BAJA)**

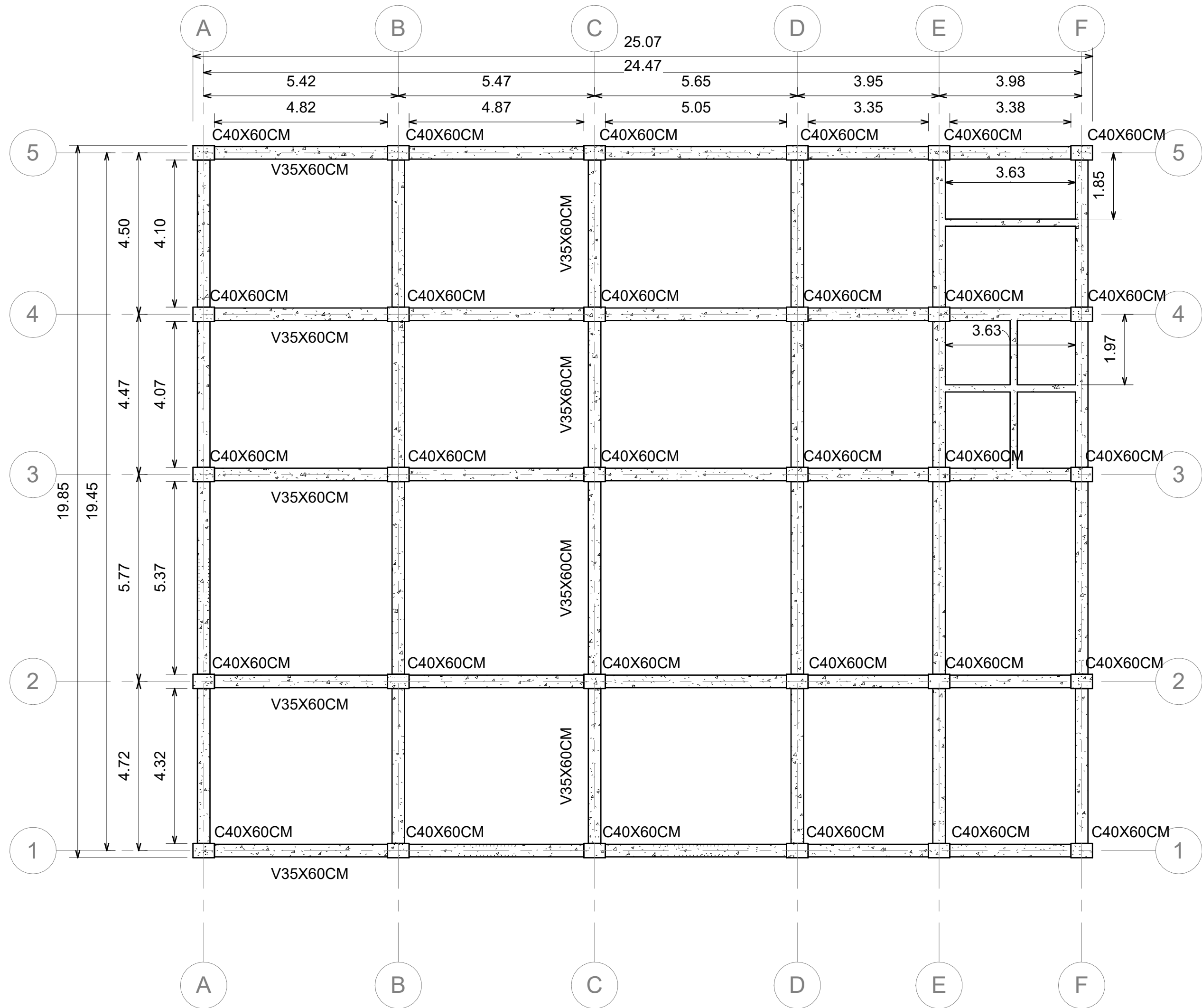
Tutor de Materia Integradora:
Ing. David Valverde

Profesor de Materia Integradora:
Ing. Lenin Dender

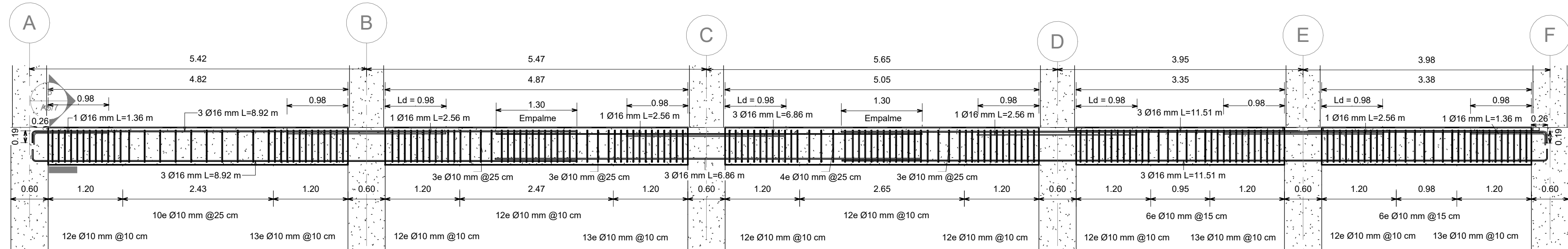
Estudiante:
- Selene Alejandra Merejildo Matías
- Michael Antonio Tumbaco Alcivar

Fecha de Entrega:
22 de Agosto, 2025

Lámina: A4/7
Escala: variable

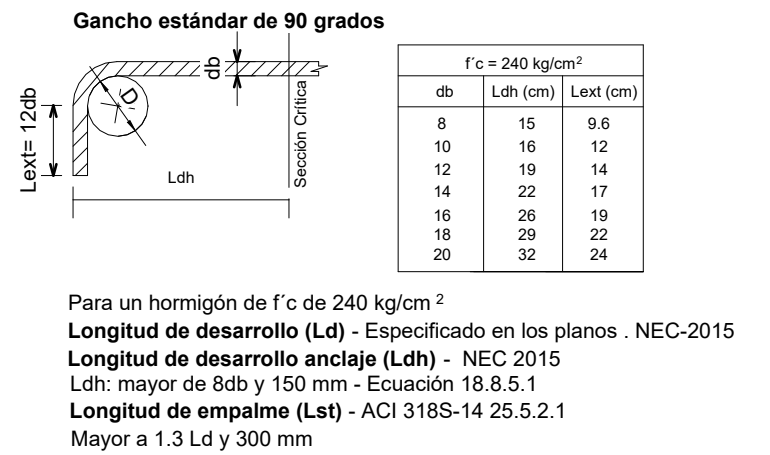


1 Distribución de columnas y vigas en Piso 2
1 : 100

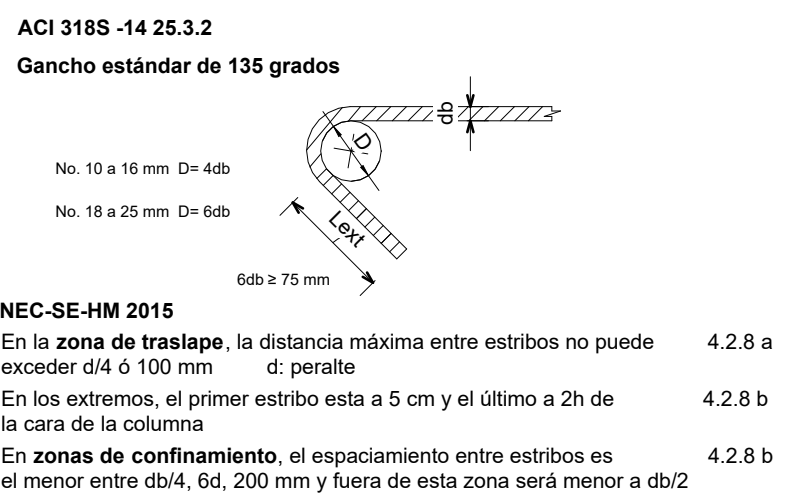


4 Detalle Viga Eje 1-2-3-4-5 Piso 2
1 : 50

DETALLES DE GANCHOS Y LONGITUD DE DESARROLLO EN ELEMENTOS A TRACCIÓN

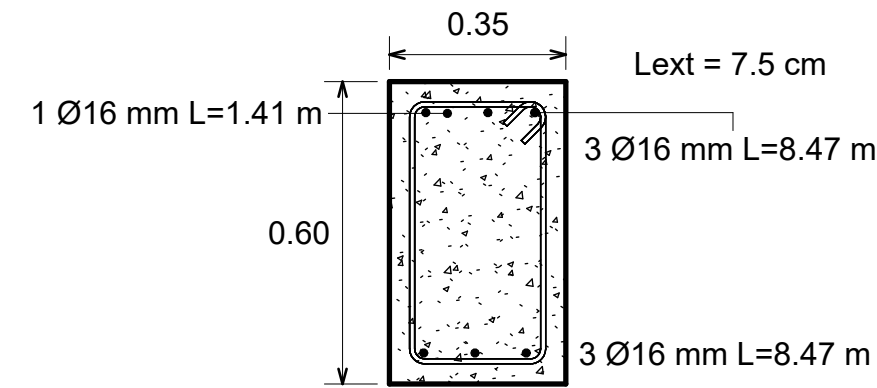


ESTRIBOS, AMARRES Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

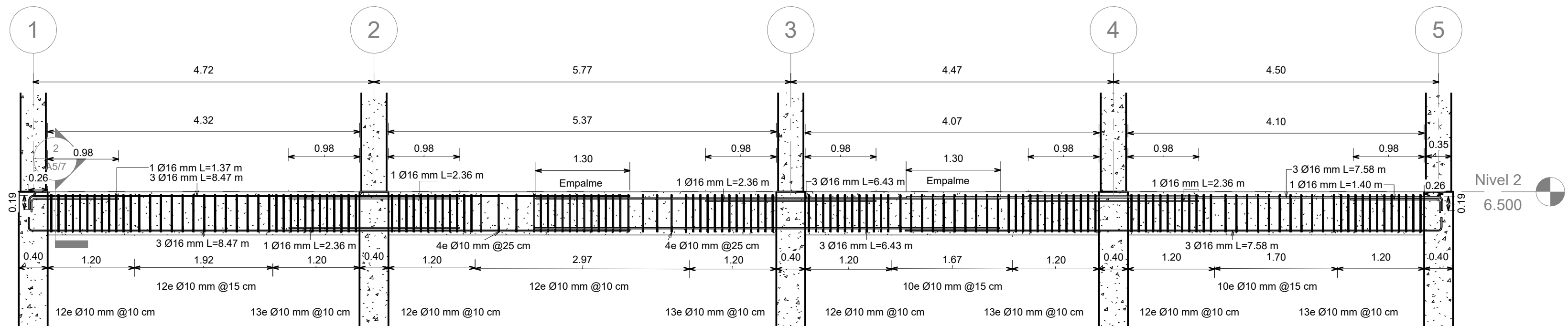


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

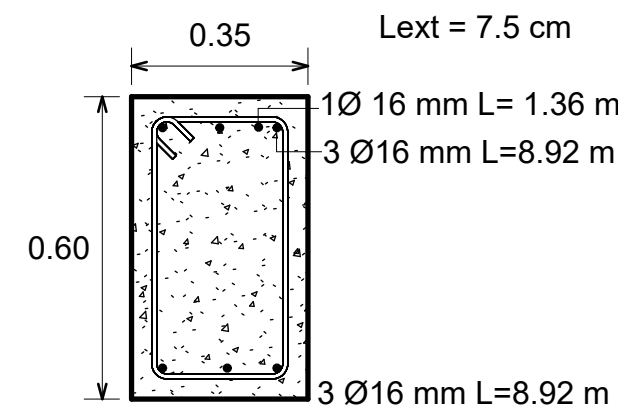
Capacidad portante del suelo	31.89 ton/m ²
Recubrimiento en cimentaciones	7.5 cm
Recubrimiento en riostras, vigas y columnas	4 cm
Recubrimiento en losas	2 cm
Resistencia de elementos estructurales	f'c= 240 kg/cm ²
Límite de fluencia del acero	fy = 4200 kg/cm ²
Hormigón de replantillo	f'c= 180 kg/cm ²
Factor z	0.5 g
Período fundamental Ta	0.553 s
W total	1886.165 ton
Vx	250.38 ton
Vy	250.38 ton



2 Viga Transversal Eje A - Piso 2
1 : 15



3 Detalle Vigas Eje A-B-C-D-E-F Piso 2
1 : 50



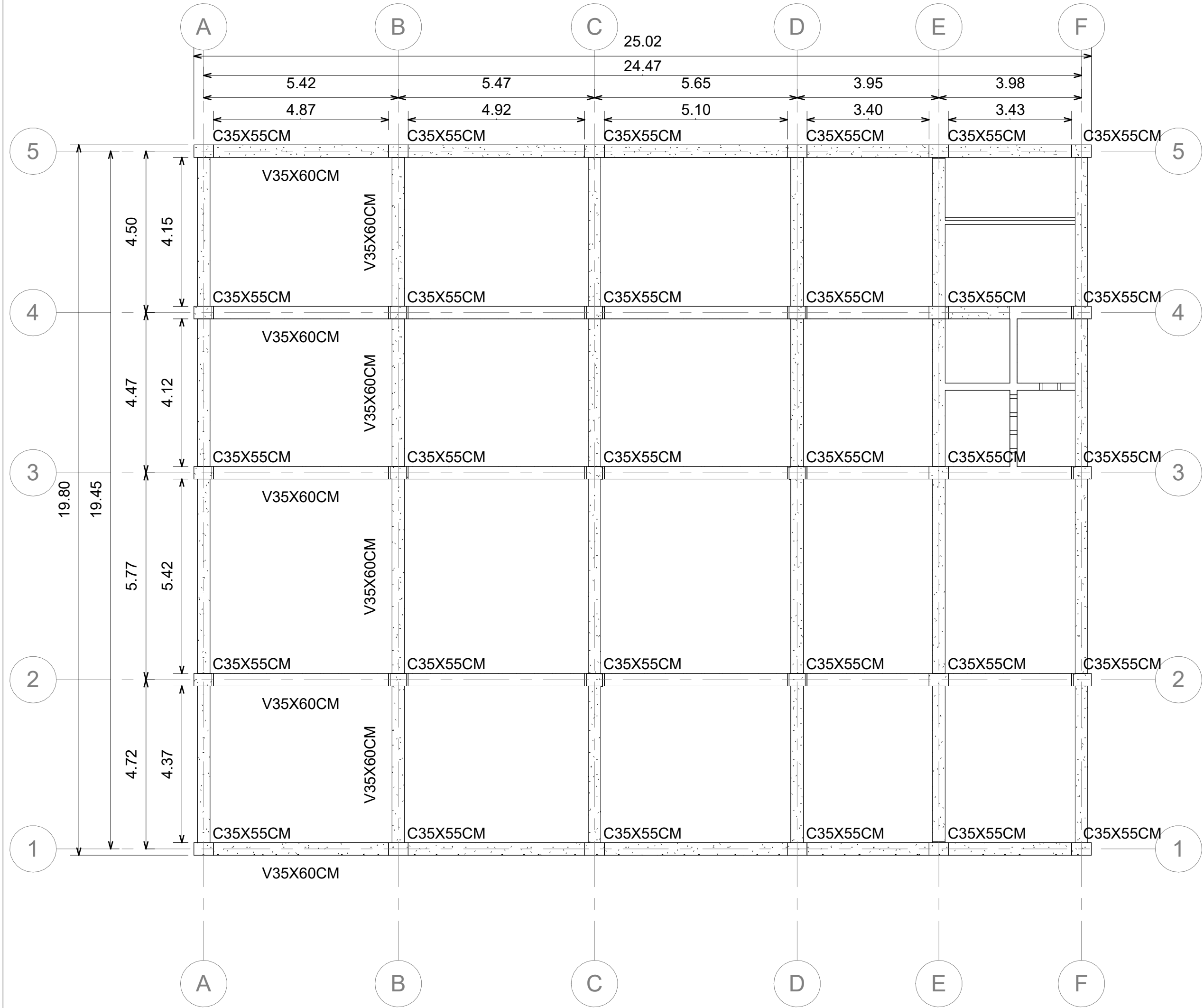
5 Viga Transversal Eje 1 - Piso 2
1 : 15

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

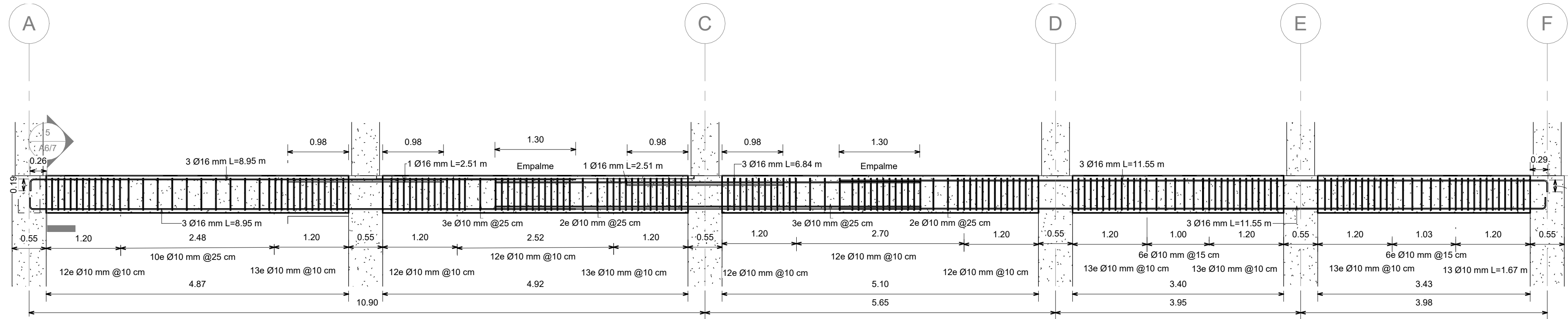
PROYECTO: **DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO RESIDENCIAL DE 4 PISOS DE HORMIGÓN ARMADO EN SALINAS, SANTA ELENA**

CONTENIDO: **DETALLE DE VIGA PISO 2**

Tutor de Materia Integradora: Ing. David Valverde	Estudiante: - Selene Alejandra Merejildo Matías - Michael Antonio Tumbaco Alcivar	Fecha de Entrega: 22 de Agosto, 2025
Profesor de Materia Integradora: Ing. Lenin Dender	Lámina: A5/7	Escala: variable



1 Distribución de columnas y vigas en Piso 3
1 : 100



4 Detalle Viga Eje 1-2-3-4-5 Piso 3
1 : 50

DETALLES DE GANCHOS Y LONGITUD DE DESARROLLO EN ELEMENTOS A TRACCIÓN

Gancho estándar de 90 grados

f'c = 240 kg/cm ²		
db	Ldh (cm)	Lext (cm)
8	15	9.8
10	16	12
12	19	14
14	22	17
16	26	19
18	29	22
20	32	24

Para un hormigón de f'c de 240 kg/cm²
Longitud de desarrollo (Ld) - Especificado en los planos - NEC-2015
Longitud de desarrollo anclaje (Ldh) - NEC 2015
Ldh: mayor de 8db y 150 mm - Ecuación 18.8.5.1
Longitud de empalme (Lst) - ACI 318S-14 25.5.2.1
Mayor a 1.3 Ld y 300 mm

ESTRIBOS, AMARRES Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

ACI 318S -14 25.3.2
Gancho estándar de 135 grados

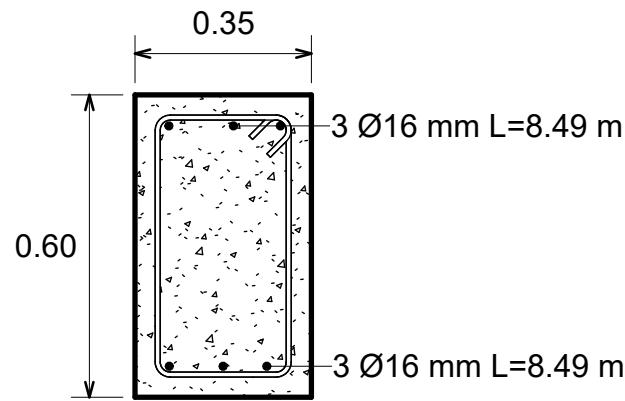
No. 10 a 16 mm D= 4db
No. 18 a 25 mm D= 6db

6db > 75 mm

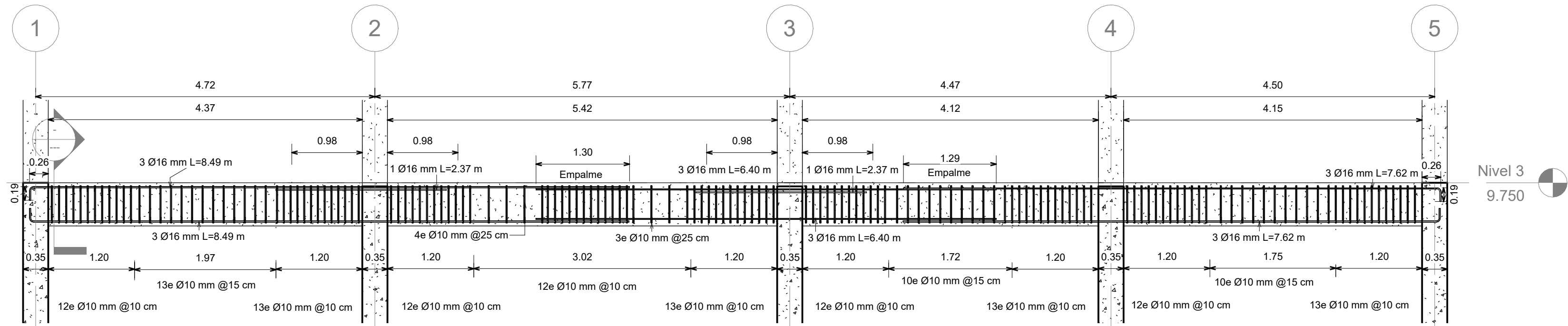
NEC-SE-HM 2015
En la **zona de traslape** la distancia máxima entre estribos no puede exceder di/4 o 100 mm d: peralte
En los extremos, el primer estribo esta a 5 cm y el último a 2h de la cara de la columna
En **zonas de confinamiento**, el espaciamiento entre estribos es el menor entre db/4, 6d, 200 mm y fuera de esta zona será menor a db/2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

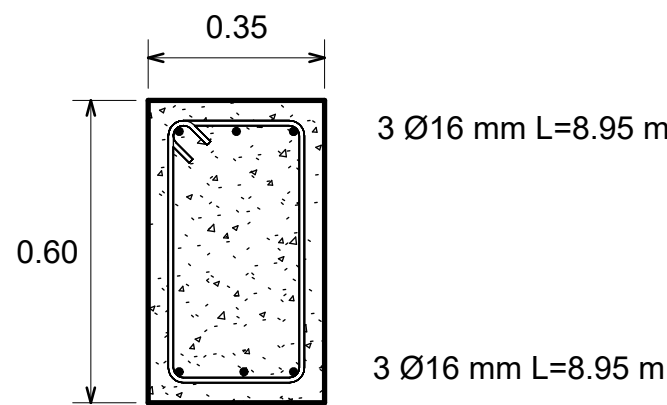
Capacidad portante del suelo	31.89 ton/m ²
Recubrimiento en cimentaciones	7.5 cm
Recubrimiento en riostras, vigas y columnas	4 cm
Recubrimiento en losas	2 cm
Resistencia de elementos estructurales	f'c= 240 kg/cm ²
Límite de fluencia del acero	fy = 4200 kg/cm ²
Hormigón de replantillo	f'c= 180 kg/cm ²
Factor z	0.5 g
Período fundamental Ta	0.553 s
W total	1886.165 ton
Vx	250.38 ton
Vy	250.38 ton



2 Viga Transversal Eje A - Piso 3
1 : 15



3 Detalle Vigas Eje A-B-C-D-E-F Piso 3
1 : 50



5 Viga Transversal Eje 1 - Piso 3
1 : 15

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: **DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO RESIDENCIAL DE 4 PISOS DE HORMIGÓN ARMADO EN SALINAS, SANTA ELENA**

CONTENIDO: **DETALLE DE VIGA PISO 3**

Tutor de Materia Integradora:
Ing. David Valverde

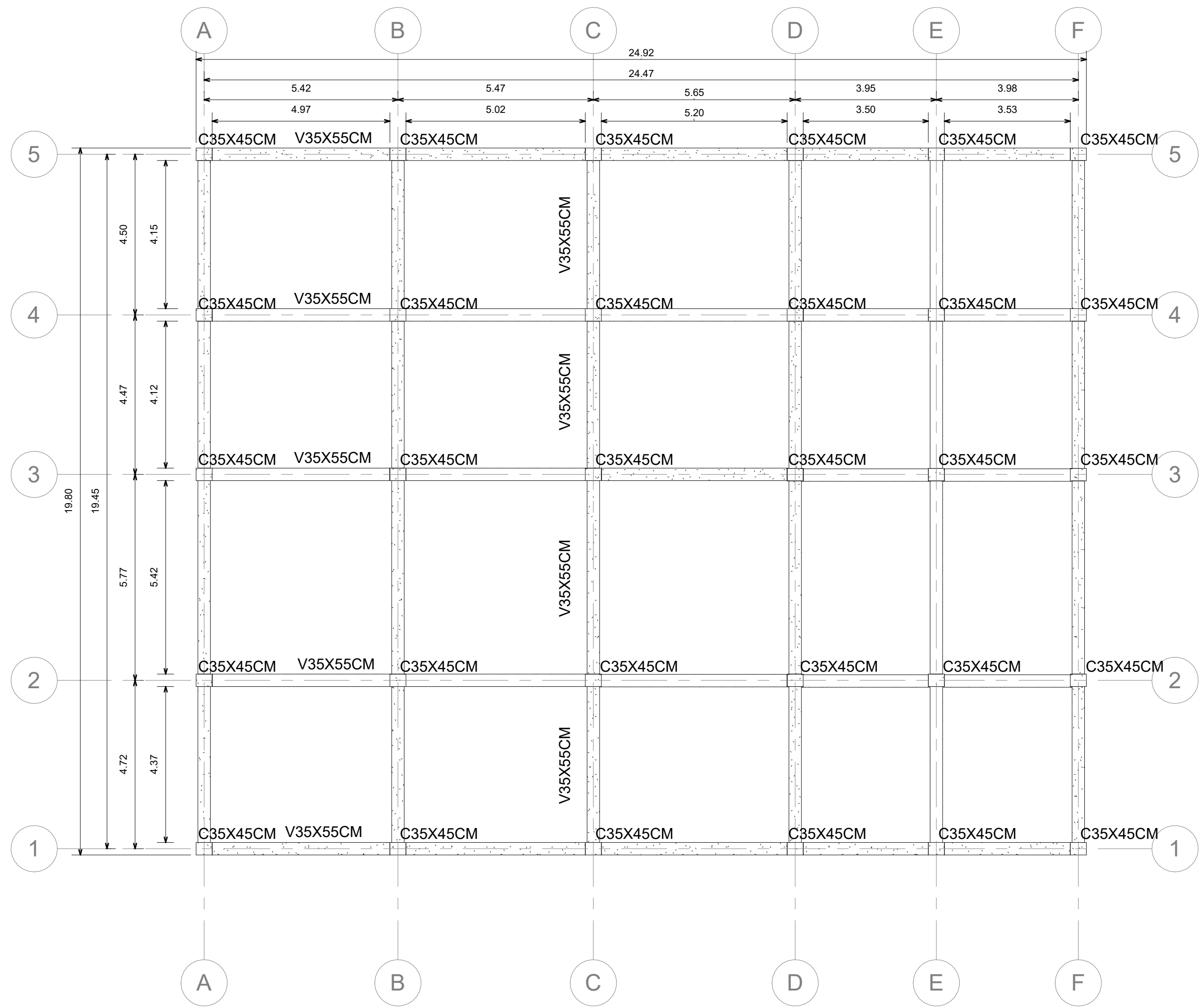
Profesor de Materia Integradora:
Ing. Lenin Dender

Estudiante:

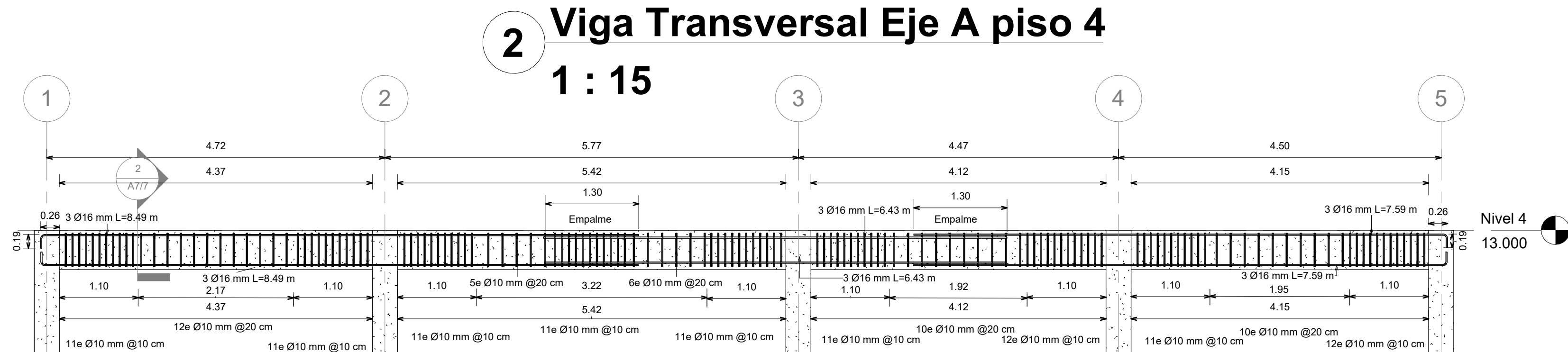
- Selene Alejandra Merejildo Matías
- Michael Antonio Tumbaco Alcívar

Fecha de Entrega:
22 de Agosto, 2025

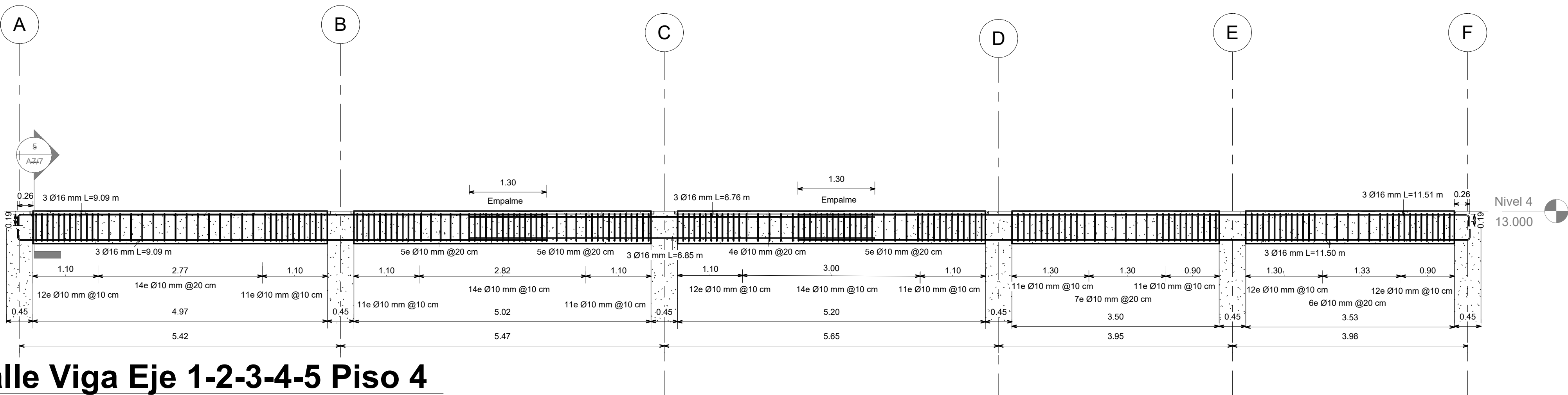
Lámina: A6/7	Escala: variable
-----------------	---------------------



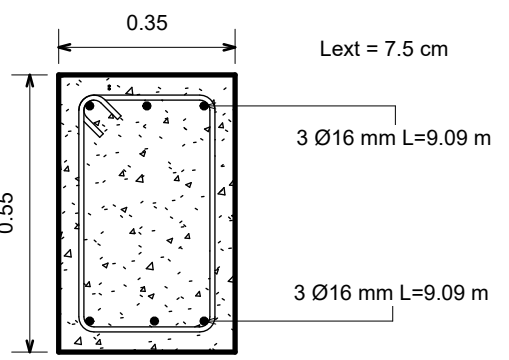
1 Distribución de columnas y vigas en Piso 4
1 : 100



2 Viga Transversal Eje A piso 4
1 : 15



3 Detalle Viga Eje A-B-C-D-E-F Piso 4
1 : 50



4 Detalle Viga Eje 1-2-3-4-5 Piso 4
1 : 15

DETALLES DE GANCHOS Y LONGITUD DE DESARROLLO EN ELEMENTOS A TRACCIÓN

Gancho estándar de 90 grados

db	Ldh (cm)	Lext (cm)
8	15	9.8
10	16	12
12	19	14
14	22	17
16	26	19
18	29	22
20	32	24

Para un hormigón de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$
Longitud de desarrollo (Ld) - Especificado en los planos. NEC-2015
Longitud de desarrollo anclaje (Ldh) - NEC 2015
Ldh: mayor de 8db y 150 mm - Ecuación 18.8.5.1
Longitud de empalme (Lst) - ACI 318S-14 25.5.2.1
Mayor a 1.3 Ld y 300 mm

ESTRIBOS, AMARRES Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

ACI 318S -14 25.3.2
Gancho estándar de 135 grados

No. 10 a 16 mm D= 4db
No. 18 a 25 mm D= 5db

6db > 75 mm

NEC-SE-HM 2015
En la zona de traslape la distancia máxima entre estribos no puede exceder di/4 o 100 mm d: peralte
En los extremos, el primer estribo esta a 5 cm y el último a 2h de la cara de la columna
En zonas de confinamiento, el espaciamiento entre estribos es el menor entre db/4, 6d, 200 mm y fuera de esta zona será menor a db/2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Capacidad portante del suelo	31.89 ton/m ²
Recubrimiento en cimentaciones	7.5 cm
Recubrimiento en riostras, vigas y columnas	4 cm
Recubrimiento en losas	2 cm
Resistencia de elementos estructurales	$f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$
Límite de fluencia del acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Hormigón de replantillo	$f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
Factor z	0.5 g
Período fundamental Ta	0.553 s
W total	1886.165 ton
Vx	250.38 ton
Vy	250.38 ton

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO RESIDENCIAL DE 4 PISOS DE HORMIGÓN ARMADO EN SALINAS, SANTA ELENA			
CONTENIDO: DETALLE DE VIGA PISO 4			
Tutor de Materia Integradora: Ing. David Valverde	Estudiante: - Selene Alejandra Merejildo Matías - Michael Antonio Tumbaco Alcívar	Fecha de Entrega: 22 de Agosto, 2025	
Profesor de Materia Integradora: Ing. Lenin Dender		Lámina: A7/7	Escala: variable