

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño de nave industrial para IMECORSA S.A. en Durán, con oficinas,
taller y acceso para tractocamiones

ING-2899

Proyecto Integrador

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Davinson Steven Merchán Becerra

Guayaquil – Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

A mis padres, por su amor incondicional, por ser la fuente constante de motivación y el ejemplo de esfuerzo y perseverancia que me han acompañado en cada etapa de mi vida. Este logro es también suyo, pues sin su apoyo y sacrificios no habría sido posible culminar este camino académico.

A mis docentes, quienes con su guía, paciencia y conocimientos forjaron en mí los valores profesionales y humanos necesarios para enfrentar los retos de la ingeniería. Gracias por ser inspiración y modelo en la búsqueda constante de la excelencia.

Agradecimiento

Agradezco de manera especial a mis docentes, quienes a lo largo de la carrera no solo compartieron sus conocimientos, sino también su experiencia y paciencia, guiándome en cada etapa de mi formación. Sus enseñanzas han sido una base importante para el desarrollo de este proyecto y para mi crecimiento profesional.

Extiendo también mi gratitud a quienes me brindaron su apoyo durante este proceso, ya sea con consejos, ideas o simplemente con palabras de aliento que hicieron más llevadero el camino.

Declaración Expresa

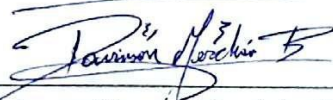
Yo Davinson Steven Merchán Becerra acuerdo y reconozco que:

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 mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor 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, 22 de mayo del 2025.



Davinson Steven Merchán Becerra

Evaluadores

Msc. Lenin Dender, Ing.

Profesor de Materia

Msc. Carlos Quishpe, Ing.

Tutor de proyecto

Resumen

El presente trabajo expone el diseño de una nave industrial destinada a la empresa IMECORSA S.A., ubicada en el Parque Industrial de Durán, provincia del Guayas. Por lo que se contempla realizar el diseño estructural de una nave industrial modular para la empresa de acuerdo con lineamientos técnicos establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y normas internacionales como el AISC 360-22, para estructuras de acero.

Para el desarrollo del diseño, se incluyó un estudio de suelo, luego se realizó el análisis de cargas estructurales y la modelación mediante el software SAP2000, comprobando el cumplimiento de parámetros de seguridad tales como el periodo fundamental, la participación modal de masa y las derivas máximas. Por lo que la alternativa seleccionada, basada en pórticos con cerchas metálicas, permitió optimizar la distribución de cargas, reducir el uso de materiales y garantizar la viabilidad económica del proyecto.

Asimismo, se efectuó un estudio de impacto ambiental en el que se identificaron efectos sobre aire, suelo, agua y ruido, proponiendo medidas de mitigación y prevención. Y por consiguiente, al realizar el presupuesto del proyecto se evidenció el bajo costo que puede tener el diseño propuesto.

Abstract

This paper presents the design of an industrial building for the company IMECORSA S.A., located in the Durán Industrial Park, in the province of Guayas. The structural design of a modular industrial warehouse for the company is contemplated in accordance with technical guidelines established by the Ecuadorian Construction Standard (NEC) and international standards such as AISC 360-22 for steel structures.

The design process included a soil study, followed by a structural load analysis and modeling using SAP2000 software to verify compliance with safety parameters such as fundamental period, modal mass participation, and maximum drifts. The selected alternative, based on metal truss frames, optimized load distribution, reduced the use of materials, and ensured the economic viability of the project.

An environmental impact study was also carried out, identifying effects on air, soil, water, and noise, and proposing mitigation and prevention measures. Consequently, when the project budget was drawn up, the low cost of the proposed design became evident.

Índice General

Resumen	I
Abstract.....	II
Índice General.....	III
Abreviaturas.....	VI
Simbología.....	VII
Índice de Figuras	VIII
Índice de Tablas	X
Índice de Planos.....	XI
Capítulo 1	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Descripción del Problema.....	5
1.3 Justificación del Problema.....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos	7
Capítulo 2	8
2. MATERIALES Y MÉTODOS	9
2.1 Revisión de literatura.....	9
2.1.1 Acero como Material de Construcción.....	9
2.1.2 Cargas	9
2.1.3 Normativas aplicadas.....	10
2.2 Área de Estudio:	12
2.3 Trabajo de campo y laboratorio	14
2.3.1 Actividades de campo.....	14
2.3.2 Ensayos de Laboratorio	17
2.3.3 Análisis de datos.....	24
2.4 Análisis de alternativas	26
Capítulo 3	29
3. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES.....	30
3.1 Análisis y estudios preliminares	30
3.1.1 Prediseño Estructural.....	30

3.2	Diseño definitivo	43
3.2.1	Cimentaciones	49
Capítulo 4		51
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	52
4.1	Descripción del proyecto	52
4.2	Línea de base ambiental	52
4.2.1	Medio físico.....	53
4.2.2	Medio Biótico:.....	54
4.2.3	Medio Sociocultural:	54
4.3	Actividades durante la fase de construcción.....	55
4.3.1	Movilización de maquinaria	55
4.3.2	Limpieza y desbroce.....	55
4.3.3	Transporte y puesta de materiales en obra.....	55
4.3.4	Movimiento de Tierra	56
4.3.5	Estructura de Hormigón armado.....	56
4.3.6	Estructuras acero.....	56
4.3.7	Instalaciones	56
4.3.8	Desalojo y limpieza para entrega de obra.....	57
4.3.9	Actividades durante la fase de operación y mantenimiento	57
4.4	Identificación de los impactos ambientales	57
4.4.1	Identificación cualitativa de impactos ambientales	57
4.5	Valoración de impactos ambientales.....	60
4.6	Medidas de prevención/mitigación.....	63
4.6.1	Movimiento de Tierra	63
4.6.2	Operación y Mantenimiento	64
4.6.3	Movilización de Maquinaria.....	64
4.6.4	Estructura Metálica.....	65
4.6.5	Transporte y Puesta de Material	65
Capítulo 5		67
5.	Presupuesto.....	68
5.1	Estructura Desglosada	68
5.2	Especificaciones Técnicas	68
5.2.1	Materiales estructurales	68
5.2.2	Procedimientos de unión y soldadura.....	69
5.2.3	Equipos y maquinaria para fabricación	69

5.2.4	Transporte y montaje en obra	70
	Cimentaciones	70
5.3	Rubros y análisis de precios unitarios	71
5.3.1	Obras Preliminares	71
5.3.2	Movimientos de Tierra	71
5.3.3	Cimentación.....	72
5.3.4	Contrapiso.....	73
5.3.5	Estructura.....	73
5.4	Cantidades de obra.....	73
5.5	Costo del proyecto	74
5.6	Cronograma de obra	75
Capítulo 6		77
6.	Conclusiones y recomendaciones:	78
6.1	Conclusiones.....	78
6.2	Recomendaciones:	79
Referencias		80
PLANOS Y ANEXOS		82

Abreviaturas

NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

AISC: American Institute of Steel Construction.

ACI: American Concrete Institute

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

SAP2000: Structural Analysis Program 2000 (software de modelación estructural).

MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

IEE: Instituto Espacial Ecuatoriano.

ASTM: American Society for Testing and Materials.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Simbología

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

IP: Índice Plástico

D10: Diámetro de tamiz con el 10% de pasante.

D30: Diámetro de tamiz con el 30% de pasante.

D60: Diámetro de tamiz con el 60% de pasante.

D: Carga muerta.

L: Carga viva.

CL: Carga lineal.

C: Combinación de cargas.

M: Momento flector.

d: Longitud de diagonal.

F: Fuerza de tensión / Fuerza axial.

σ Esfuerzo a tensión.

F_y: Límite elástico

A: Área de elemento estructural.

V: Cortante.

T: Periodo fundamental de vibración.

R: Factor de reducción de resistencia sísmica.

Δ : Desplazamiento de nivel (para cálculo de deriva).

θ : Ángulo de inclinación de celosía.

M_x : Momento nominal en el eje x.

M_y : Momento nominal en el eje y.

S_{xc} : Módulo de sección del perfil en el eje x

S_{yc} : Módulo de sección del perfil en el eje x

σ_t : Esfuerzo a tensión

A: Acumulación

E: Extensión):

In: Intensidad

P: Persistencia

Rv: Reversibilidad

Rc: Recuperabilidad

Su: Resistencia al corte no drenado

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación de área de estudio	13
Figura 2 Calicata 1	14
Figura 3 Calicata 2	15
Figura 4 Calicata 3	16
Figura 5 Despiece de muestra en superficie plana	17
Figura 6 Tamizador de agregados gruesos	18
Figura 7 Divisor pequeño de agregados	18
Figura 8 Lavado de finos de la muestra de pasante de agregados gruesos.....	19
Figura 9 Tamizador de agregados finos.....	19
Figura 10 Herramientas para ensayo de Límites de Atterberg	22
Figura 11 Procedimiento de ensayo Límite Plástico	23
Figura 12 Geometría 2D nave industrial	30
Figura 13 Diagrama de momentos	32
Figura 14 Diagrama de cortantes.....	33
Figura 15 Diagonales.....	33
Figura 16 Selección de momento	34
Figura 17 Cordón en vista general.....	35
Figura 18 Vista cercana de cordones en la estructura.....	36
Figura 19 Perfil de acero para cordones	36
Figura 20 Celosías en pórtico	37
Figura 21 Celosía.....	38
Figura 22 Perfil L para celosía	38
Figura 23 Cortantes en el pórtico	39

Figura 24 Correas en pórtico	40
Figura 25 Visualización cercana de correa	41
Figura 26 Pórtico 2D	43
Figura 27 Modelado de estructura 3D	44
Figura 28 Modelo 3D eficiente	44
Figura 29 Eficiencia de Tensores.....	45
Figura 30 Cumplimiento de correas	45
Figura 31 Desglose de actividades	68
Figura 32 Presupuesto de proyecto.....	74
Figura 33 Precio Unitario	75
Figura 34 Cronograma de obra.....	76
Figura 35 Cronograma representado en Diagrama de Gantt	76
Figura 36 Sistema SUCS	96
Figura 37 Grafica de plasticidad.....	96
Figura 38 Nombre de Grupos	97
Figura 39 Diagrama de flujo de estratos finos.....	98
Figura 40 Prediseño 1	99
Figura 41 Prediseño 2	100
Figura 42 Prediseño 3	101
Figura 43 Prediseño 4	102
Figura 44 Prediseño 5	103
Figura 45 Prediseño 6	104
Figura 46. Prediseño 7	105
Figura 47 Prediseño 8	106
Figura 48 Prediseño 9	107

Figura 49 Prediseño 10.....	108
Figura 50 Prediseño 11	109
Figura 51 Prediseño 12.....	110
Figura 52 Prediseño 13.....	111
Figura 53 Prediseño 14.....	112
Figura 54 Prediseño 15.....	113

Índice de Tablas

Tabla 1 Coordenadas.....	13
Tabla 2 Muestras recolectadas en campo.....	16
Tabla 3 Valores de Ensayo Granulométrico muestra R1C1	20
Tabla 4 Curva Granulométrica de muestra R1C1	21
Tabla 5 Diametros de estratos en porcentajes retenidos de 10%, 30% y 60%	21
Tabla 6 Límites de Atterberg muestra R1C1	24
Tabla 7 Clasificación de suelo	25
Tabla 8 Resultado de Compresión Simple.....	25
Tabla 9 Evaluación de Alternativas	28
Tabla 10 Cargas	31
Tabla 11 Longitud de diagonales	35
Tabla 12 Perfiles de acero para el pórtico.....	42
Tabla 13 Verificación de periodo de vibración	46
Tabla 14 Participación de Masa.....	47
Tabla 15 Verificación de derivas.....	48
Tabla 16 Variables climáticas Durán 2004-2013	54
Tabla 17 Matriz Leopold IMECORSA S.A.	63
Tabla 18 Cantidades de obra.....	73

Índice de Planos

Plano 1	Vista Generales de Nave Industrial.....	83
Plano 2	Plano Estructural 1.....	84
Plano 3	Plano Estructural 2.....	85
Plano 4	Plano Estructural 3.....	86
Plano 5	Plano Estructural 4.....	87
Plano 6	Plano Estructural 5.....	88
Plano 7	Plano Estructural 6.....	89
Plano 8	Plano Estructural 7.....	90
Plano 9	Plano Estructural 7.....	91
Plano 10	Plano Estructural.....	92
Plano 11	Plano Estructural 10.....	93
Plano 12	Plano Estructural 11.....	94
Plano 13	Plano Estructural 12.....	95

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la infraestructura industrial es esencial para el crecimiento económico de una empresa y por siguiente del país. Estas edificaciones no solo permiten realizar actividades manufactureras, logísticas y de mantenimiento, sino que fomenta a la generación de empleo, un mayor dinamismo de comercio. En este contexto, el diseño de naves industriales debe responder a criterios de construcción, planificación estratégica de flujos operativos, la integración de funciones administrativas y productivas, y la previsión de futuras necesidades de expansión o reconfiguración (Oropeza, 2024).

En el caso de Ecuador, el crecimiento de sectores como la manufactura, la agroindustria y la logística ha generado una creciente demanda por edificaciones industriales mejor diseñadas y ubicadas estratégicamente. El cantón Durán, en la provincia del Guayas, es una zona que ha cobrado especial importancia dentro del mapa logístico del país. Su cercanía al puerto marítimo de Guayaquil, el acceso a vías arteriales como la Troncal de la Costa (E40) y la disponibilidad de suelo industrial han motivado el establecimiento de parques industriales, centros de distribución y talleres de mantenimiento.

De acuerdo con la información proporcionada por ENEMDU (2025), a nivel provincial de los meses de enero a julio, se observa una mejora en las oportunidades laborales. La tasa de desempleo disminuyó del 3.8% al 3.3 %, mientras que el empleo creció del 34% al 38.6%. Al mismo tiempo, el empleo total se mantuvo por encima del 95%, alcanzando un 96.7%. Por otro lado, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), los tres cantones con mayor crecimiento logístico para 2035, destaca en primer lugar Guayaquil con un aproximado de 3006549, luego Durán con 318518 y Daule con 313126. En este contexto, el aumento del empleo y disminución

del desempleo indican un ambiente propicio para que la compañía ingrese al sector mediante la construcción de un edificio industrial, esta situación garantiza la existencia de mano obra y fortalece la capacidad de producción de la zona, además Durán se muestra como un cantón con gran potencial gracias a su ubicación estratégica y desarrollo económico, lo cual favorece la llegada de nuevas inversiones, por ello, la construcción de una nave industrial contribuirá a estimular la economía al generar empleo (INEC, 2025).

Este dinamismo impone la necesidad de contar con edificaciones industriales modernas, que integren tanto áreas operativas como administrativas, y que respondan a requerimientos específicos como el acceso de tractocamiones, la circulación interna de maquinaria pesada y la diferenciación de espacios por funciones. En este sentido, el diseño de una nave industrial que contemple talleres, oficinas y accesos vehiculares especializados constituye un reto técnico que exige el manejo de diversas disciplinas del ámbito de la ingeniería y la arquitectura.

Desde una perspectiva académica, el desarrollo de este tipo de proyectos representa una oportunidad valiosa para aplicar conocimientos adquiridos en el campo del diseño estructural, la planificación de espacios funcionales y la interpretación de normativas locales e internacionales. Además, permite abordar problemas reales del entorno profesional mediante soluciones viables, eficientes y ajustadas a los requerimientos del cliente y del contexto físico. Por lo tanto, este trabajo se enfoca en el análisis y diseño de una estructura industrial segura, concebida para satisfacer futuras necesidades específicas. Su realización permitirá poner en práctica principios de diseño estructural mediante normativa, al tiempo que aportará al estudio de modelos eficientes de edificación industrial en el contexto ecuatoriano.

1.1 Antecedentes

La empresa IMECORSA S.A., se encuentra ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas.

En el 2006 comenzó con sus servicios, inicialmente con trabajos eléctricos, siendo desde un inicio empresas de Industria Manufacturera alimenticia. En el 2008 se dio apertura del área metalmecánica, realizando dichos trabajos en un taller que se encontraba en el suburbio de Guayaquil. Para el año de 2013 se dio la oportunidad de obtener un terreno en el Parque Industrial de Durán, en que se comenzó con la construcción de cerramiento, oficina y de un pequeño taller; así mismo, en dicho año se dio apertura del área civil, ya que muchas de las empresas a las que prestaban servicio realizaban expansiones estructurales y era una buena oportunidad de incursionar en dichos trabajos.

En 2016 obtuvieron planos arquitectónicos para construir una nave industrial, pero no se llevó en efecto la construcción de esta, por lo que en la actualidad han decidido obtener un diseño de una nave industrial que les permita a futuro poder definir el tipo de Industria Manufactura que desean formar y definir correctamente las áreas de trabajo de esta.

De esta manera, les permitirá consolidarse como una empresa multifuncional, IMECORSA S.A. al integrar áreas específicas para el desarrollo de actividades administrativas, electromecánicas; permitiendo centralizar y optimizar sus operaciones, ampliando su capacidad productiva y operativa.

1.2 Descripción del Problema

La empresa **IMECORS S.A.**, ubicada en el cantón Durán, provincia del Guayas, se encuentra actualmente en un proceso de crecimiento que exige la construcción de una nave industrial destinada a albergar oficinas administrativas, taller mecánico y un área de acceso para tractocamiones. Si bien la empresa cuenta con una estructura para sus actividades, desea construir una nave industrial adecuada para ejecutar diversas actividades y no poner en riesgo al personal o equipos; y se debe tener en cuenta que el área del proyecto se encuentra en una zona de peligro sísmico alto de acuerdo con la zonificación sísmica del Ecuador (Mena y García, 2020; Instituto Geofísico del Ecuador, 2025)

La problemática involucra directamente a la empresa IMECORSA como cliente principal del proyecto, pero también a la comunidad local al limitar la generación de empleo derivada de la operación industrial, y afecta al municipio de Durán, que busca consolidarse como polo logístico e industrial de la región. Asimismo, las empresas constructoras y proyectistas enfrentan dificultades para desarrollar una solución sin una base técnica clara que integre estructura, normativa y planificación espacial. Entre los factores que han llevado a esta situación se identifican: la falta de un diseño estructural adaptable a necesidades de crecimiento, la inexistencia de modelos que integren las instalaciones con la estructura portante desde etapas tempranas del proyecto, y la necesidad de optimizar el uso de materiales, considerando criterios de eficiencia económica y sostenibilidad.

La falta de intervención conlleva múltiples riesgos. En primer lugar, edificar sin un diseño estructural sísmo-resistente adecuado puede comprometer la seguridad de los usuarios y de las operaciones productivas ante un evento sísmico, lo cual es especialmente crítico en un país con antecedentes de terremotos destructivos, entre ellos se puede

destacar, el terremoto de Ibarra en 1868 (7.7 Mw), el terremoto de Esmeraldas en 1906 (8.8 Mw), también como sucedió en el año 2016 con epicentro entre Pedernales y Cojímes, en Manabí (7.8 Mw). En segundo lugar, si el diseño no considera una planificación eficiente de las instalaciones y el uso del espacio, la nave podría sufrir futuras limitaciones operativas o costos elevados por modificaciones, afectando la competitividad de la empresa. Por último, no prever la expansión futura desde el punto de vista estructural e infraestructural podría traducirse en inversiones poco sostenibles o incluso inviables técnicamente (Vásquez y Sánchez, 2022).

Por lo consiguiente, es necesario desarrollar una solución integral que no solo cumpla con la normativa estructural vigente (NEC-SE, NEC-HS, NEC-IE), sino que también asegure flexibilidad para ampliaciones, eficiencia en el uso de recursos y coherencia con la distribución funcional requerida por la empresa. Esta propuesta no solo atenderá una necesidad puntual de IMECORSA, sino que además servirá como modelo replicable para otras industrias locales que enfrentan desafíos similares en zonas de desarrollo logístico e industrial como Durán.

1.3 Justificación del Problema

La resolución del problema planteado es fundamental para garantizar la seguridad, funcionalidad y sostenibilidad de la nueva nave industrial de IMECORSA S.A., situada en una zona sísmica que demanda estrictos criterios estructurales. Un diseño adecuado que cumpla con la normativa vigente no solo protegerá la integridad física de las instalaciones, los trabajadores y el equipo, sino que también minimizará riesgos económicos derivados de daños estructurales ante un sismo. Además, la integración correcta de las instalaciones eléctricas y sanitarias, junto con una distribución eficiente de espacios, permitirá optimizar los procesos productivos y logísticos, reduciendo costos operativos y facilitando futuras expansiones.

La intervención oportuna contribuye a fortalecer el desarrollo industrial y logístico de Durán, generando empleo, dinamizando la economía local y mejorando la competitividad de la empresa en el mercado regional. Asimismo, el diseño estructural adaptable proveerá flexibilidad para responder a cambios y crecimiento, evitando inversiones adicionales por remodelaciones o reparaciones costosas. Asimismo, se fundamenta con el objetivo de Desarrollo Sostenible 9, el cual promueve una industrialización que sea tanto sostenible como inclusiva, a través del refuerzo de infraestructuras resilientes y el impulso de la innovación (ONU, 2024).

En conclusión, la solución de este problema no solo es un requisito técnico y normativo, sino una oportunidad estratégica para impulsar la seguridad, eficiencia y crecimiento sostenible de la empresa.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar la estructura de una nave industrial y acceso a tracto camión para la empresa electromecánica IMECORSA, aplicando criterios de seguridad estructural y normativas vigentes, para su adecuado desempeño ante eventos sísmicos y una mayor operatividad de sus funciones.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar el desempeño sísmico de la estructura de la nave industrial mediante el software SAP2000 de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción,
- Diseñar muro y acceso de tractocamiones de acuerdo con ensayos de laboratorio del suelo en que se ubica el proyecto.

Capítulo 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Acero como Material de Construcción

El acero es un material caracterizado por su versatilidad y facilidad de armado, lo que permite desarrollar estructuras livianas pero resistentes, especialmente en proyectos que requieren cubrir grandes luces. Además, ofrece uniformidad en sus propiedades, lo que facilita la precisión en el análisis estructural, particularmente en el cálculo de los momentos de inercia, fundamentales para garantizar la estabilidad de la estructura.

No obstante, la durabilidad del acero está estrechamente relacionada con el mantenimiento que reciba. A pesar de su capacidad para soportar deformaciones significativas sin colapsar, su vulnerabilidad a la corrosión hace necesario aplicar tratamientos protectores de forma periódica, lo cual puede representar un incremento en los costos de operación y conservación (McCormac, 2013).

2.1.2 Cargas

El diseño estructural está directamente relacionado con la capacidad de la estructura para resistir las diversas cargas a las que estará sometida, las cuales deben ser estimadas con precisión. Estas cargas se dividen principalmente en dos categorías: cargas muertas y cargas vivas. Según McCormac (2013), las cargas muertas corresponden a aquellas de magnitud constante y ubicación fija en el tiempo, mientras que las cargas vivas son variables tanto en posición como en intensidad.

Adicionalmente, es fundamental considerar las cargas ocasionadas por el viento y los sismos, sobre todo en contextos como el ecuatoriano, donde existe una alta actividad sísmica. Las acciones del viento generan presiones sobre las superficies verticales de la edificación, las cuales deben ser adecuadamente transmitidas al sistema estructural. En

cuanto a las cargas sísmicas, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015) las define como fuerzas laterales que deben ser contempladas desde la etapa de diseño para asegurar la estabilidad global de la estructura.

Una correcta identificación y clasificación de estas cargas permite seleccionar adecuadamente los materiales, definir el tipo estructural y dimensionar los elementos, optimizando así el comportamiento y desempeño del sistema estructural.

2.1.3 Normativas aplicadas

En Ecuador, la construcción de obras civiles se rige ante normativas que establecen los lineamientos requeridos para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de estructuras con el fin de asegurar la integridad estructural de los proyectos. Para el desarrollo de este proyecto se han tomado en cuenta las siguientes normas:

- **Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)**
 - **NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas):** Esta norma trata sobre las cargas permanentes y variables, así como sus combinaciones, siendo esencial para proyectos que requieren análisis de resistencia última y esfuerzos de trabajo. (NEC, 2023)
 - **NEC-SE-DS: Diseño Sismo Resistente:** Compuesta por cuatro secciones, esta normativa proporciona metodologías y requerimientos técnicos para el diseño estructural en zonas sísmicas. Incluye referencias internacionales y herramientas de cálculo que permiten aplicar criterios de ingeniería sísmica desde la etapa de diseño. (NEC, 2023)
 - **NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones:** Regula el análisis y verificación de estudios de suelos, fundamentales para cualquier tipo de edificación. Para este proyecto se usará el estudio geotécnico

proporcionado por el cliente. Esta norma guía la elección del tipo de cimentación y el análisis de estados límite (de falla, servicio y asentamientos). (NEC, 2023)

- **NEC-SE-HM: Hormigón Armado:** Dirigida al diseño de estructuras de concreto armado, establece requisitos para sistemas sismo resistentes como pórticos y muros estructurales. También detalla especificaciones técnicas de los materiales y del tipo de concreto a utilizar según las características del proyecto. (NEC, 2023)
- **NEC-SE-AC: Estructuras de Acero:** Regula el diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero, incluyendo elementos sometidos a cargas sísmicas. Detalla aspectos como empalmes, bases de columnas, configuraciones de conexiones, ubicaciones de zonas críticas de soldadura (SDC) y zonas protegidas (ZP), así como los criterios para soldaduras estructurales. Además, establece que los perfiles de acero deben cumplir con especificaciones American Society for Testing and Materials (ASTM): A36. Este enfoque resulta esencial para garantizar el adecuado comportamiento estructural durante las etapas de cimentación, montaje y ejecución de un proyecto de nave industrial. (NEC, 2023)
- **Norma ANSI/AISC 360-22 – Instituto Americano de Construcción en Acero:**
Esta normativa se enfoca en los límites de diseño para estructuras de acero, proporcionando criterios detallados sobre las propiedades del material y el comportamiento de los distintos elementos estructurales. Establece lineamientos para el diseño de sistemas como cerchas, vigas (laminadas o soldadas) y columnas. Su aplicación busca garantizar altos estándares de seguridad, calidad y eficiencia en obras construidas con acero estructural. (AISC 360, 2022).

- **Nave Industrial**

Una nave industrial es un tipo de construcción destinada al almacenamiento de productos o a la realización de procesos productivos de una empresa. Estas naves son altamente versátiles en su diseño, lo que les permite adaptarse fácilmente a las necesidades específicas de superficie y altura de los clientes. Existen diferentes categorías de naves industriales, cada una adecuada para diversas actividades, y sus características pueden variar en dimensiones y materiales utilizados. (Meprosa Construcciones, 2021)

Naves de estructura metálica: Este tipo de nave se distingue por la facilidad de transporte de sus materiales y la simplicidad del proceso de montaje, Esto da como resultado un período de construcción más corto en comparación con otros tipos. Además, su estructura metálica es muy resistente, permitiendo la formación de espacios amplios (Masachs, 2020).

2.2 Área de Estudio:

La empresa se encuentra ubicada en el Parque Industrial, en la vía Durán-Yaguachi, del Cantón Durán de la provincia del Guayas, este cantón ha presentado un notable desarrollo industrial en la presente década debido a la ordenanza establecida por el Municipio de Durán, siendo un motor clave de empleo y desarrollo económico local.

Es de tener en cuenta que en Durán hay paisajes caracterizados por niveles planos y ligeramente ondulados. En menor proporción niveles ondulados con presencia de agua, diques o bancos aluviales, bacines y cerros.

El terreno posee un área neta 6000 m², con coordenadas 632633.00 m E 9755926.00 m S, dentro de este se encuentra una edificación de hormigón armado de una planta destinada a oficina, ocupando un área de 70 m², y un pequeño galpón de estructura metálica de 140 m² destinado para taller electromecánico.

Figura 1*Ubicación de área de estudio*

Nota. La imagen es una vista en planta del área del proyecto de IMECORSA S.A. en Durán.

Los vértices del terreno poseen las siguientes coordenadas:

Tabla 1*Coordenadas*

Punto	Coordenada X	Coordenada Y
P1	632761	9756071
P2	632792	9756036
P3	632601	9755936
P4	632634	9755898

Nota. Coordenadas de las esquinas de terreno.

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

2.3.1 Actividades de campo

En el presente proyecto se realizarán estudios de suelos, se comienza principalmente con la excavación de 3 calicatas, una para cada nave industrial a realizar.

A continuación, se realiza la descripción de las calicatas:

Calicata 1:

- **Relleno:** estrato de piedra triturada, posee un espesor de 0.20 m y es de color amarillo obscuro.
- **Estrato 1:** continua al finalizar el relleno, posee un espesor de 0.83 m y es de color verde grisáceo.
- **Arcilla:** el estrato posee un espesor de 0.47 m y un color verde grisáceo oscuro.

Figura 2

Calicata 1



Nota. Fotografía de Calicata 1 a 30 metros de la entrada de la empresa.

Calicata 2:

- **Relleno:** estrato de piedra triturada, posee un espesor de 0.40 m y es de color amarillo obscuro.
- **Estrato 1:** continua al finalizar el relleno, posee un espesor de 0.58 m y es de color verde grisáceo.
- **Arcilla:** Al llegar a este estrato, este tiene un espesor de 0.52 m, se observa que tiene un color gris oscuro.

Figura 3*Calicata 2*

Nota. Fotografía de Calicata 2 a 110 m respecto a lindero frontal.

Calicata 3:

- **Relleno:** estrato de piedra triturada, posee un espesor de 0.40 m y es de color amarillo obscuro.
- **Estrato 1:** continua al finalizar el relleno, posee un espesor de 0.75 m y es de color verde grisáceo.
- **Arcilla:** la capa tiene un espesor de 0.35 m y es de color verde grisáceo oscuro.

Figura 4*Calicata 3*

Nota. Fotografía de Calicata 3 a 180 m respecto a lindero frontal.

A continuación, en la Tabla 2, se presenta los códigos con los que se identifican los estratos recogidos en campo, las calicatas a las que pertenecen y la cantidad de muestra que se llevará a laboratorio para que se realicen los respectivos ensayos de suelo:

Tabla 2*Muestras recolectadas en campo*

Código de muestra	Calicata	Cantidad (kg)
R1C1	1	50 kg
E1C1	1	50 kg
R1C2	2	50 kg
E1C2	2	50 kg
R1C3	3	50 kg
E1C3	3	50 kg

Nota. Tabla de muestras llevadas a laboratorio de suelos en FICT

2.3.2 Ensayos de Laboratorio

En los ensayos de laboratorio se realizaron:

- **Ensayo de Granulometría.**

En este ensayo se realiza el cuarteo de la muestra de acuerdo con la normativa ASTM C702 (2017). Que consiste en el despiece de la muestra de campo en cuatro partes sobre una superficie plana como se observa en la **Figura 5**.

Figura 5

Despiece de muestra en superficie plana



Nota. Cuarteo de muestra para escoger muestra representativa.

Del cuarteo se obtiene una muestra de alrededor de 1 kg, de la cual se realizará el siguiente procedimiento:

La muestra de 1 kg pasa por el tamizado de agregados gruesos (**Figura 6**)

Figura 6

Tamizador de agregados gruesos



Nota. Tamizador de agregados gruesos del laboratorio de suelos de FICT.

Del tamizado de agregados gruesos, se toma el material del pasante del Tamiz N°4. Se verifica con balanza que tenga un peso de entre 300 a 400 g, si supera el rango establecido se realiza un segundo cuarteo realizado por un divisor (**Figura 7**), el cual divide la muestra en dos y se escoge una muestra representativa.

Figura 7

Divisor pequeño de agregados



Nota. Divisor pequeño de laboratorio de suelo de FICT

La muestra representativa pasa por un proceso de lavado de finos (**Figura 8**) y posterior secado.

Figura 8

Lavado de finos de la muestra de pasante de agregados gruesos



Nota. Lavado de finos de la muestra que pasó por segundo cuarteo.

La muestra lavada pasa por el proceso de tamizado de agregados finos (**figura 9**)

Figura 9

Tamizador de agregados finos



Nota. Tamizador de agregados finos del laboratorio de suelos de FICT, se opera por 5 minutos.

Al finalizar el ensayo se toma la cantidad de masa retenida en cada uno de los tamices, y se calcula los valores de D10, D30 y D60, que representa el diámetro de las partículas en el tamiz con 10%, 30% y 60% de estrato retenido.

A continuación, se presenta la tabla con los valores de masa y porcentaje retenido, como también la curva granulométrica del estrato R1C1.

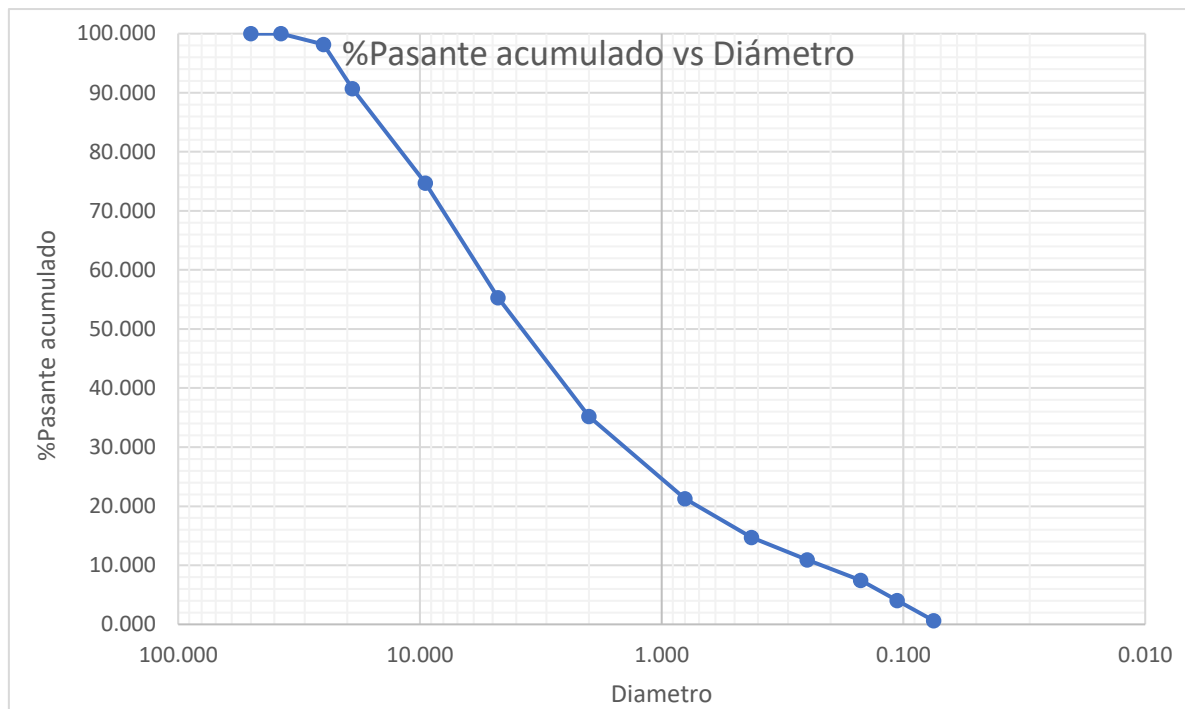
Tabla 3

Valores de Ensayo Granulométrico muestra R1C1

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante Acumulado
2"	50.00	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	21.67	1.85	1.85	98.15
3/4"	19.00	87.64	7.47	9.31	90.69
3/8"	9.50	187.75	15.99	25.30	74.70
Nº4	4.75	227.56	19.38	44.69	55.31
Nº10	2.00	127.67	36.36	36.36	63.64
Nº20	0.80	88.23	25.13	61.50	38.50
Nº40	0.43	41.74	11.89	73.38	26.62
Nº60	0.25	24.12	6.87	80.26	19.74
Nº100	0.15	21.89	6.24	86.49	13.51
Nº140	0.11	21.78	6.20	92.69	7.31
Nº200	0.08	21.65	6.17	98.86	1.14

Nota. Valores obtenidos de la muestra R1C1 en ensayo, se considera el porcentaje de pasante acumulado.

Tabla 4
Curva Granulométrica de muestra RIC1



Nota. Curva Granulométrica % Pasante Acumulado vs Dímetro de partícula

Y los diámetros de la muestra en los porcentajes de pasante acumulado 10%, 30%, 60%, son:

Tabla 5
Diametros de estratos en porcentajes retenidos de 10%, 30% y 60%

Porcentaje	Díámetro
D10	0.223
D30	1.551
D60	5.899

Nota. Datos de diámetros necesarios para la clasificación del suelo

Estos resultados también se obtendrán para las demás muestras extraídas de campo, las respectivas tablas se encuentran en la sección de **Anexos** y se realizará la clasificación de los estratos del suelo por medio de la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (**Figura 36, Figura 37, figura 38 y Figura 39**) de las calicatas en la sección Análisis de datos.

- **Límites de Atterberg:**

Método propuesto por el científico Albert Atterberg, en que se reconoce dos límites de estados de transición del suelo de acuerdo con el contenido de humedad que contiene (Braja, 2020).

Para realizar los respectivos ensayos de las muestras, cada una debe ser tamizada por el tamiz N°40, y se toma una muestra representativa de 30 g, para usar 15 g en los ensayos de Límite Líquido y Límite Plástico.

Límite líquido (LL): este ensayo se lo realiza de acuerdo con la normativa ASTM D-4318 (2017), se menciona el uso de la cuchara casa grande y ranurador (**Figura 10**).

Figura 10

Herramientas para ensayo de Límites de Atterberg



Nota. Presencia de cuchara casa grande y ranurador. Tomado de Principles of geotechnical engineering [Fotografía] Braja, 2020.

Previo a su uso se hace la mezcla de la muestra con agua hasta obtener una masa moldeable.

- Se prepara la cuchara casa grande y la masa es colocada en la misma, formado una media luna y se procede a realizar un corte con el ranurador de plástico.
- Se dan golpes de entre 15 a 25 hasta que la división tenga una unión de 2, y con espátula se recoge dicha sección, se la pesa y se manda a horno para luego pesarla nuevamente y calcular la humedad.
- Se realiza el procedimiento por segunda ocasión con otra cantidad de la mezcla, y se considera que se deben realizar 25 a 35 golpes.

Límite plástico (LP): se define como la cantidad de humedad en que el suelo al enrollarse en filamentos de 3.2 mm de diámetro se agrieta. Su procedimiento se encuentra en la normativa ASTM D-4318 (2017).

Figura 11

Procedimiento de ensayo Límite Plástico



Nota. Procedimiento de ensayo sobre placa de goma. Tomado de Principles of geotechnical engineering [Fotografía] Braja, 2020.

Con la mezcla de la muestra usada en el anterior ensayo, se procede a realizar los filamentos de suelo, al realizar dicha actividad sobre una placa de goma, plástico o vidrio, y al acercarse al diámetro deseado comience a agrietarse.

Al conseguir la aparición de las grietas, estos filamentos son colocados en un recipiente, se lo pesa, se lo manda al horno y por último se toma el peso de la muestra seca.

Con los resultados obtenidos de los límites se procede a obtener el resultado del índice de plasticidad, expresado como:

$$IP = LL - LP \quad (2.1)$$

De la muestra R1C1 se obtuvo los siguientes resultados de Límites:

Tabla 6

Límites de Atterberg muestra R1C1

LL	53.81
LP	32.72
IP	21.09

Nota. Resultado obtenido de límites e Índice de Plasticidad

Los resultados de los límites de Atterberg se encuentran en la sección de Anexos, la obtención de estos datos permite, al igual que granulometría.

2.3.3 Análisis de datos

A continuación, se presenta la descripción de los estratos al realizar la clasificación SUCS, de acuerdo con los resultados obtenidos en de los ensayos de Granulometría y Límites para cada uno de los estratos ensayados en laboratorio.

Tabla 7
Clasificación de suelo

Calicata	Muestra	Clasificación SUCS	Descripción
1	R1C1	SW-SM	Arena bien graduada con grava y limo
1	E1C1	GW-GM	Grava bien graduada con arena y limo
2	R1C2	GW-GC	Grava bien graduada con arena y arcilla
2	E1C2	GW-GM	Grava bien graduada con arena y limo
3	R1C3	GW-GC	Grava bien graduada con arena y arcilla
3	E1C3	GW- GC	Grava bien graduada con arena y arcilla
Todas	Muestra Fina	MH	Limo elástico

Nota. Clasificación SUCS de los estratos.

Se observa que la composición del suelo de desde la superficie de terreno hasta la profundidad de 1.5 m presenta una estratigrafía variada, en que hasta el 1m de profundidad hay agregado grueso y debajo de este ya se encuentra el agregado fino, resaltando que la última capa se encuentra un limo elástico.

Continuando con más estudios de suelos se realizaron ensayos de compresión simple y de consolidación al estrato de granulometría fina, con los resultados de Resistencia al corte (**Su**), y el ángulo de fricción ($\emptyset$).

Tabla 8
Resultado de Compresión Simple

Su	41.44 kPa
$\emptyset$	0°

Nota. Resultados de Resistencia $\emptyset$ al corte y ángulo de fricción

2.4 Análisis de alternativas

Los métodos de construcción son variados en cualquier tipo de estructura tomando en consideración criterios de evaluación.

Para el diseño del presente proyecto de nave industrial, se identifican múltiples alternativas constructivas que pueden responder a las necesidades del diseño, estableciéndose tres criterios fundamentales que guían el proceso de decisión: el desempeño estructural, el aspecto económico y el tiempo de construcción, estética, operabilidad y preferencia de cliente. Estos criterios permiten evaluar de manera integral cada alternativa, considerando tanto los requerimientos técnicos como los condicionantes propios del contexto del proyecto. A partir de esta evaluación, se identificaron tres métodos constructivos viables, los cuales se describen a continuación.

Los criterios que se consideran en el presente proyecto son:

- **Económico:** se evalúa el costo total de la alternativa, incluyendo materiales, fabricación, transporte y montaje. Dado que el proyecto implica una obra de gran envergadura, el aspecto económico influye significativamente en la toma de decisiones.
- **Desempeño Estructural:** considera la capacidad portante de la estructura, la eficiencia frente a cargas (gravitatorias y sísmicas), comportamiento en grandes luces, rigidez, estabilidad y durabilidad. Dado que se proyectan luces de 38 m, este criterio es clave para garantizar la seguridad y la funcionalidad de las naves.
- **Tiempo de Construcción:** se evalúa la velocidad y eficiencia en la ejecución de la estructura, así como la complejidad del montaje y la disponibilidad de mano de obra calificada. Este criterio es importante porque afecta los tiempos contractuales, los costos indirectos y la rapidez para poner en funcionamiento la instalación.

- **Estética:** se considera este criterio debido a la posible exposición del sistema estructural en fachadas y al interior, lo cual puede afectar la imagen corporativa o funcional del edificio. Su peso es menor frente a criterios técnicos.
- **Preferencia de cliente:** Este criterio recoge la experiencia previa, gustos y recomendaciones del cliente o la entidad promotora. En muchos casos, la elección de un sistema estructural está influenciada por la confianza del cliente en soluciones utilizadas anteriormente o por políticas institucionales.

Las alternativas de construcción son los siguientes: construcción de cerchas de viga y columnas, columnas de Hormigón Presforzado con cerchas de vigas y Vigas y Columnas de Perfiles de Alma llena.

Estos 3 métodos fueron seleccionados por su presencia en la actualidad de la construcción, ya que son propuestas de diseño comunes.

Nave industrial construida por cerchas de columnas y vigas: usa estructuras reticulares permitiendo cubrir grandes luces con menor peso estructural y distribuyen eficientemente las cargas.

Construcción híbrida Columnas de hormigón armado y cerchas de viga: es un método que busca la durabilidad de las columnas ante la esbeltez que presenten y una mayor rapidez de montaje de la cubierta.

Perfiles de Alma llena, permite una mayor rapidez de montaje y una mayor rigidez a la estructura, es usada con frecuencia para naves industriales pequeñas y medianas.

A continuación, se presenta la tabla de Evaluación de Alternativas:

Tabla 9*Evaluación de Alternativas*

Criterio	% Importancia	Alternativa #1	Alternativa #2	Alternativa #3
Económico	20%	15%	10%	10%
Desempeño Estructural	20%	17%	10%	10%
Tiempo de Construcción	15%	11%	8%	12%
Estética	10%	7%	7%	8%
Preferencia de cliente	20%	17%	10%	10%
TOTAL	100%	80%	57%	63%

Nota. Evaluación de alternativas por medio de valores porcentuales.

De acuerdo con la **Tabla 2** se escoge la Alternativa #1 (cerchas de columnas y vigas) debido a su mayor puntaje en la evaluación de criterios clave como el costo, el desempeño estructural y la preferencia del cliente. Esta opción permite cubrir grandes luces con menor peso, mejora la eficiencia en la distribución de cargas y es adecuada para estructuras de gran envergadura como las proyectadas. Además, ofrece un buen equilibrio entre funcionalidad, economía y experiencia previa del cliente, lo que la convierte en la alternativa más favorable para el proyecto.

Capítulo 3

3. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

3.1 Análisis y estudios preliminares

3.1.1 Prediseño Estructural

- **Datos Iniciales:**

De acuerdo con los requerimientos del cliente, la nave industrial tendrá una altura de 12 m en la parte de la cumbrera y 9 m de altura en la parte de la conexión de las columnas con las vigas que sostienen las cubiertas; un ancho de 38 m y profundidad de 120 m.

Los pórticos se encuentran separados a una distancia de 5 m. Esta propuesta va en base a las facilidades comerciales, principalmente con la obtención de correas.

$ln = 38 \text{ m}$ (Ancho nave industrial)

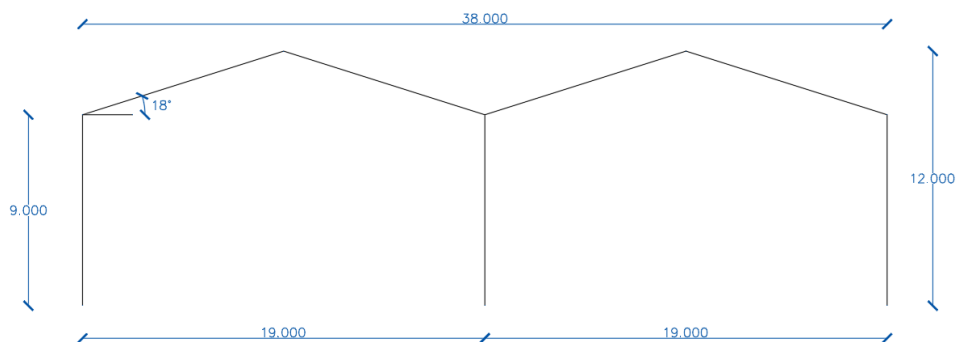
$h = 12 \text{ m}$ (Altura total)

$\alpha = 31.6\%$

$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{3}{9.5}\right) = 17.53^\circ$ (Pendiente de cubiertas)

Figura 12

Geometría 2D nave industrial



Nota. Vista Frontal de nave industrial IMECORSA S.A.

- **Cargas**

Para la definición de cargas se debe tener en consideración las condiciones climáticas de la región Costa, en la cual su clima presencia de lluvias en la temporada de invierno, por lo que se considera las Cargas Muertas (D) y Cargas Vivas (L), expresadas en $\frac{ton}{m^2}$. A continuación, se presenta la tabla:

Tabla 10

Cargas

Viva $\left(\frac{ton}{m^2}\right)$	Muerta $\left(\frac{ton}{m^2}\right)$
0.071	0.03

Nota. Valores de Cargas sobreimpuestas en estructura.

Estas cargas se combinarán por medio del método ASD:

$$C = D + L \quad (3.1)$$

$$C = 0.03 \frac{ton}{m^2} + 0.70 \frac{ton}{m^2}sa$$

$$C = 0.10 \frac{ton}{m^2}$$

Este resultado pasará a ser multiplicado por la separación que existe entre los respectivos pórticos (5 m) para obtener la carga lineal, expresada como:

$$CL = C * d_p \quad (3.2)$$

Dónde:

- CL: carga lineal.
- C: combinación de cargas.

- d_p : distancia entre pórticos, 5 m.

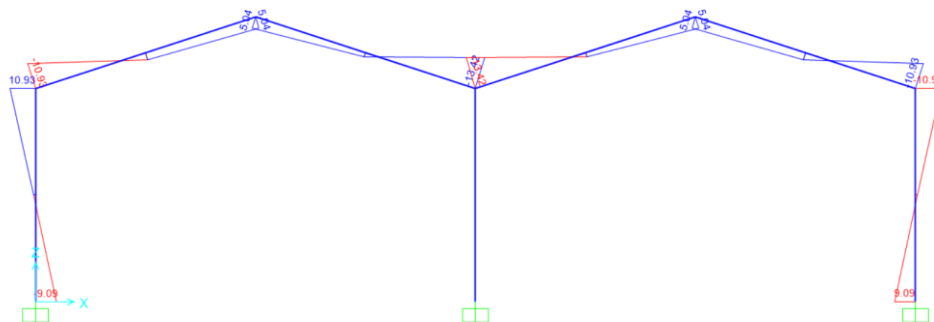
$$CL = 0.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 5 \text{ m}$$

$$CL = 0.51 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

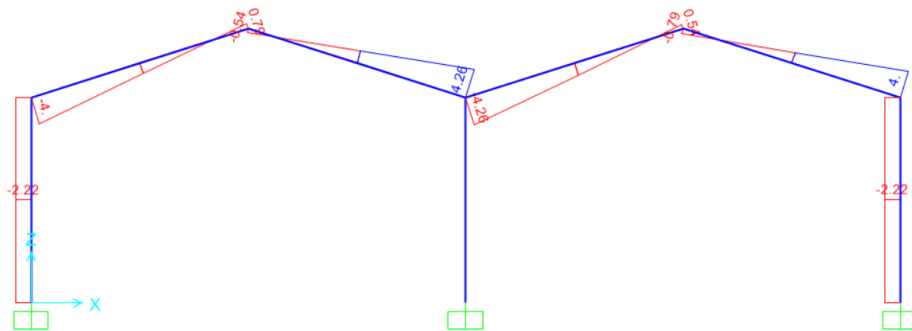
Este valor se procede colocar en el pórtico generado en Sap2000 y se obtiene los diagramas de momento y de cortante, como se pueden observar en la Figura 6 y 7 a continuación:

Figura 13

Diagrama de momentos



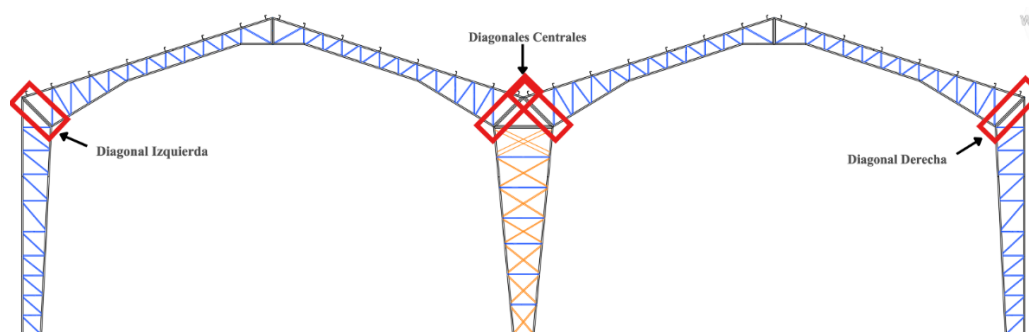
Nota. Diagrama de momentos obtenido en programa SAP2000.

Figura 14*Diagrama de cortantes*

Nota. Diagrama de cortantes obtenido en programa SAP2000

- **Longitud de diagonales:**

Las diagonales son elementos que forman parte de la nave industrial como parte de la unión entre las vigas con las columnas encerchadas, por lo que es importante su diseño. En la **Figura 8** se puede apreciar las cuatro diagonales de la nave industrial.

Figura 15*Diagonales*

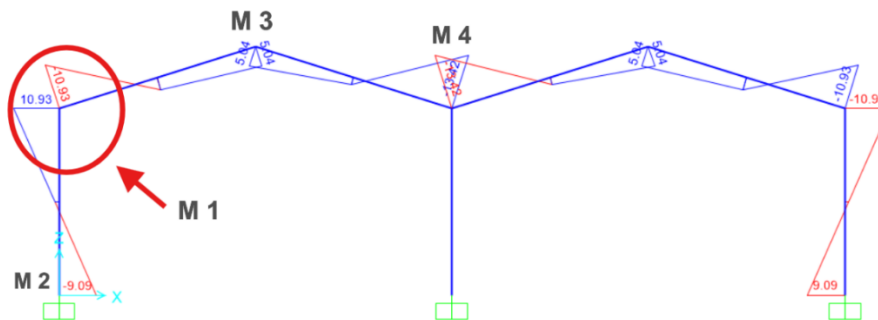
Nota. Identificaciones de diagonales en pórtico de nave industrial.

De acuerdo con la guía Design Guide for Steel Trusses (Part 1) (2010), se determina las longitudes de las diagonales (d) por medio de la relación $\frac{L}{10}$ y $\frac{L}{15}$, para luces de entre 15 a 30 m, dónde L es la luz libre del pórtico y en el proyecto tiene un valor de 19 m.

De acuerdo con la **Figura 9**, se selecciona la diagonal izquierda que posee momento 10.93 ton*m y procederá el cálculo de la respectiva longitud de la diagonal y luego se aplica regla de 3 para obtener las longitudes de los momentos M2, M3, M4 respecto a M1:

Figura 16

Selección de momento



Nota. Selección de Diagonal Izquierda para inicio de cálculos.

A continuación, se presenta la Tabla que posee información de las longitudes de las diagonales respecto a los momentos en el pórtico:

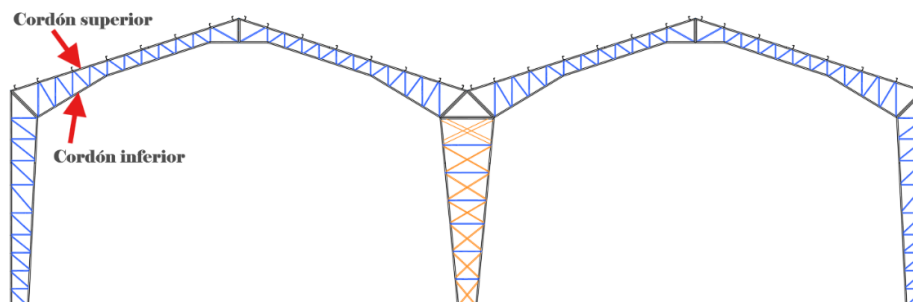
Tabla 11*Longitud de diagonales*

Momento (ton * m)	Longitud de diagonales (m)
10.92	1.6
9.05	0.75
5.06	0.45
13.43	1.6

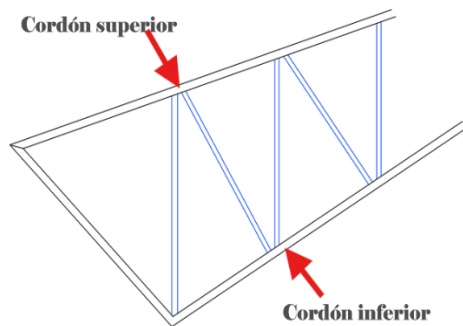
Nota. Longitud de diagonales donde el momento posee un valor alto

- **Selección de Cordones**

Los cordones son elementos que conforman la viga se encuentran en la parte superior e inferior de la misma formando un marco, para este proyecto se considera que estos posean la forma de los perfiles C.

Figura 17*Cordón en vista general*

Nota. Visualización de los cordones en plano frontal del pórtico

Figura 18*Vista cercana de cordones en la estructura**Nota.* Visualización cercana de cordones en vista frontal.**Figura 19***Perfil de acero para cordones***Vista frontal de perfil***Nota.* Vista frontal de perfil tipo C usado para los cordones superior e inferior.

Para determinar la dimensión del elemento es de considerar que tiende a tener un comportamiento de flexo-compresión, por lo que mediante la ecuación se determina la fuerza de tensión.

$$F = \frac{M}{d} \quad (3.3)$$

Dónde:

M: momento de mayor valor en el pórtico.

d: longitud de diagonal que corresponde al Momento de mayor valor.

Luego, para calcular el área que poseerá el perfil, se escoge el resultado de la relación entre la Fuerza de tensión calculada respecto al esfuerzo de tensión, expresada como:

$$A = \frac{F}{\sigma_t} \quad (3.4)$$

Dónde:

F: fuerza de tensión

σ_t = esfuerzo a tensión

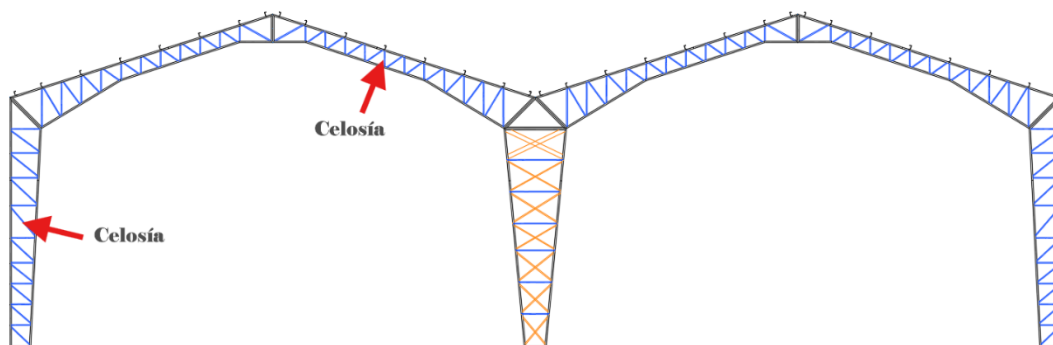
Con área obtenida, se procede a buscar en catálogo el perfil y se determina que se requiere un perfil C con dimensiones de 100x50x4 mm.

- **Selección de ángulo para celosía:**

En la determinación del área de la celosía, se considera que esta debe tener la forma de perfil L, son elementos que trabajan en tensión o compresión debido a los esfuerzos de flexión generados por las cargas sobrepuestas en la estructura (AISC, 2022, pp. 16.1-44 – 16.1-45).

Figura 20

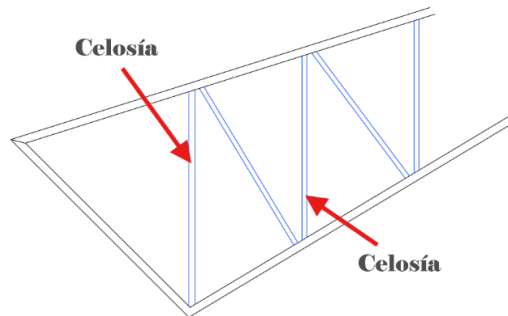
Celosías en pórtico



Nota. Visualización de ubicación de celosías en el pórtico.

Figura 21

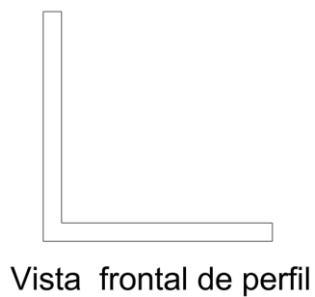
Celosía



Nota. Visualización cercana de las celosías en el pórtico.

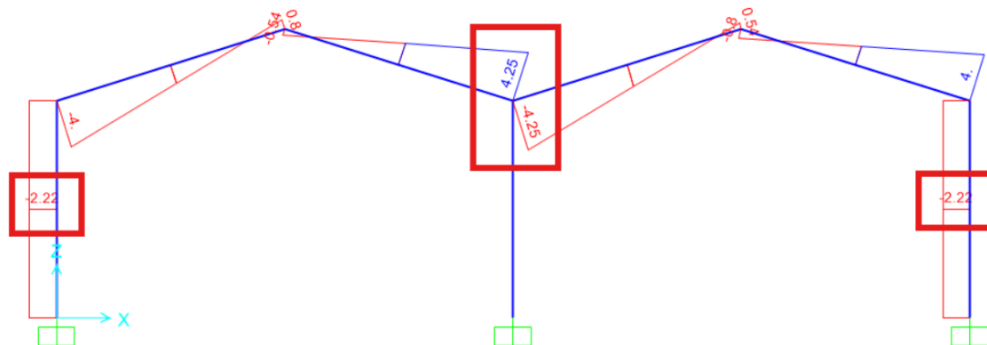
Figura 22

Perfil L para celosía



Nota. Perfil L seleccionado para celosías.

El cálculo parte identificando los cortantes de mayor valor en las columnas y en las vigas, estos valores fueron de 4.25 ton y 2.22 ton, De acuerdo con la **Figura 16**.

Figura 23*Cortantes en el pórtico*

Nota. Selección de valores altos de cortante en el pórtico.

Los valores permiten realizar el cálculo de la Fuerza que actuará en la celosía, por medio de la ecuación:

$$F = \frac{V}{\sin(\varnothing)} \quad (3.5)$$

Dónde:

F: Fuerza axial actuante en la celosía

V: Cortante

$\varnothing$: Ángulo de inclinación de la celosía respecto al eje x

Luego se procede a calcular el área por medio de la ecuación:

$$A = \frac{F}{2 \cdot 0.6 \cdot f_y} \quad (3.6)$$

Dónde:

A: área de celosía

F: Fuerza axial

f_y : resistencia en el límite de elástico

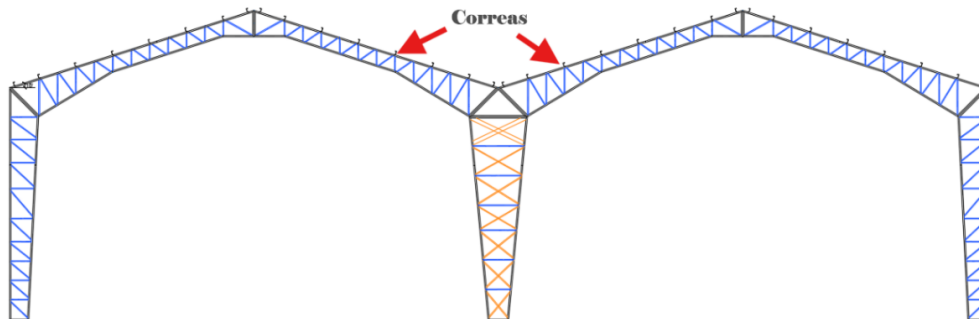
Con los cálculos realizados, se obtuvo un área de 1.98 cm^2 y de acuerdo con catálogo de proveedor se escogen dos perfiles L30x30x4 para las celosías de vigas y columnas.

- **Selección de perfil para Correas**

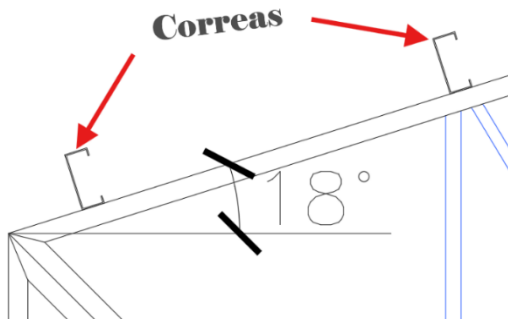
Las correas son elementos que actúan bajo flexión y cortante ante cargas gravitacionales y de viento (AISC, 2022 pp. 16.1-52). Para la selección del perfil, se toma en consideración la determinación de los Momentos en el eje X e Y, teniendo en cuenta el grado de inclinación de la cubierta.

Figura 24

Correas en pórtico



Nota. Visualización de correas en pórtico en vista frontal.

Figura 25*Visualización cercana de correa*

Nota. Correas ubicadas en cubierta a 18°, perfil G.

Se comienza con el cálculo los momentos en los ejes por medio de las siguientes ecuaciones:

$$M_x = \frac{C \cdot a_c \cdot d_p^2}{8} * \cos(\theta) \quad (3.7)$$

$$M_y = \frac{C \cdot a_c \cdot d_p^2}{8} * \sin(\theta) \quad (3.8)$$

Donde:

C : Carga combinada.

a_c : ancho colaborante de las correas (1.5 m).

d_p : ancho entre pórticos (5m).

θ : ángulo de cubierta.

Se determina los módulos de sección del perfil de acuerdo con la demanda, mediante las

$$S_x = M_x * \sigma_t \quad (3.9)$$

$$S_y = M_y * \sigma_t \quad (3.10)$$

Se selecciona un perfil G de acuerdo con catálogo, se obtienen los respectivos módulos de sección de este que se asemejen a los módulos calculados y se realiza una comprobación por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{M_x}{S_{x_c}} + \frac{M_y}{S_{y_c}} \leq \sigma_t \quad (3.11)$$

Dónde:

M_x : Momento nominal de correa en el eje x.

M_y : Momento nominal de correa en el eje y.

S_{x_c} : Módulo de sección del perfil en el eje x

S_{y_c} : Módulo de sección del perfil en el eje x

σ_t : Esfuerzo a tensión

Para la comprobación se escogió el perfil G150x50x20x4, con valores de 44.90 cm^3 y 9.52 cm^3 para los Módulos de sección en el eje X e Y.

Con la comprobación, el perfil G150x50x20x4 cumple con la demanda requerida

Con los perfiles establecidos, se presenta la tabla 5, como recopilación de los perfiles usados en los elementos del pórtico:

Tabla 12

Perfiles de acero para el pórtico

Elemento	Perfil
Cordón Superior	C150x50x4
Cordón Inferior	C150x50x4
Diagonal	2 C150x50x4

Celosía de columna	L30X30X4
Celosía de viga	L30X30X4
Correa	G150x50x20x4

Nota. Perfiles usados para los elementos necesarios en el pórtico de la estructura.

3.2 Diseño definitivo

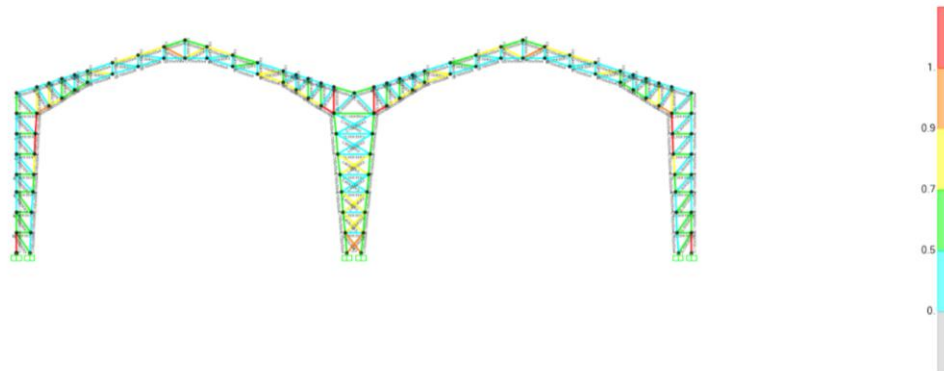
En esta sección se presentan los diseños estructurales

- **Diseño Estructural**

En la **Figura 19** se observa el resultado de la comprobación del modelo 2 D del pórtico de la nave industrial bajo cargas sobreimpuestas, en esta comprobación los elementos toman colores y para considerar que la estructura trabaja adecuadamente cada uno de los elementos deben tener colores que van desde el cian hasta el naranja.

Figura 26

Pórtico 2D



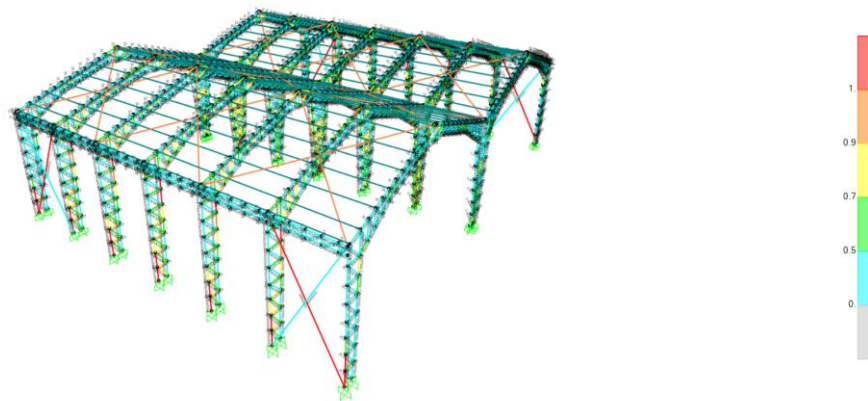
Nota. Visualización de comprobación de diseño del pórtico ante cargas.

En vista que ciertos perfiles no cumplen, se procede a realizar cambios de ciertos perfiles y se evalúa al pórtico nuevamente, al cumplir, este pórtico se replica para generar

el Modelado 3D, en este último se aplican las cargas de viento, su cálculo se encuentra en la sección de Anexos, y se aplica el sismo dinámico.

Figura 27

Modelado de estructura 3D

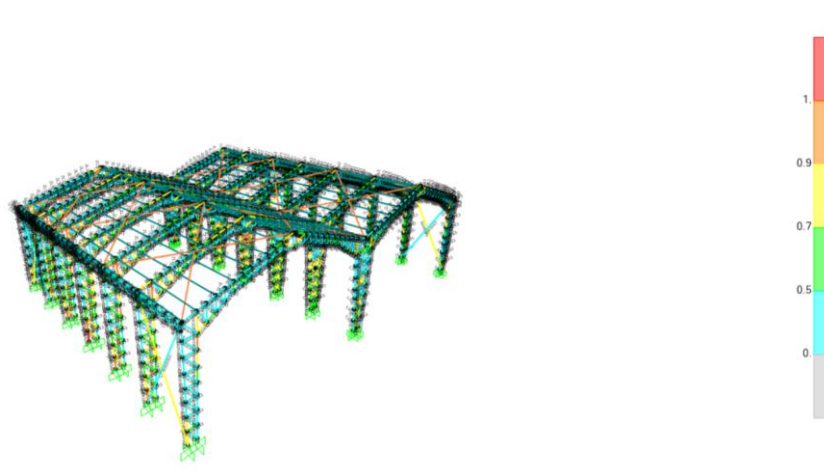


Nota. Evaluación de modelo 3D.

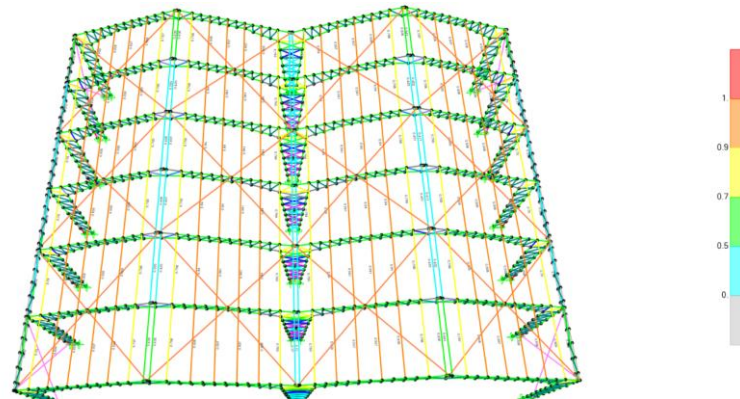
Nuevamente, ocurre que ciertos perfiles no cumplen, por lo que se procede a hacer el cambio de perfiles por otros que si cumplan las demandas al ser diseñado con cálculos manuales.

Figura 28

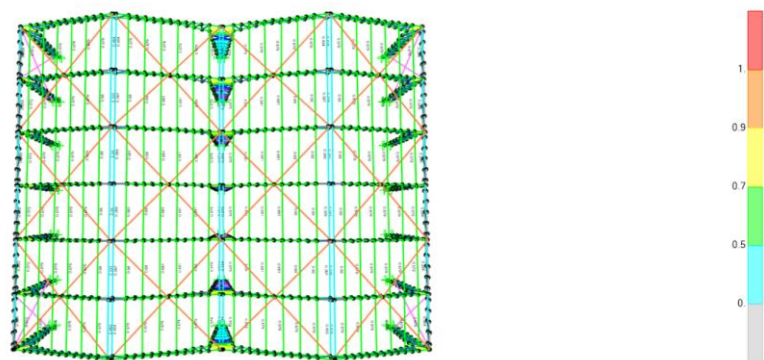
Modelo 3D eficiente



Nota. Cumplimiento de elementos en los pórticos de la nave industrial.

Figura 29*Eficiencia de Tensores*

Nota. Cumplimiento de tensores (forma de X) en cubierta de la nave industrial.

Figura 30*Cumplimiento de correas*

Nota. Cumplimientos de correas en la nave Industrial.

- **Periodo Fundamental**

Al tener la nave industrial estable, se procede a realizar los cálculos para la obtención del periodo fundamental por medio de la normativa NEC-SE-DS (2015), obteniendo un valor de 0.471 s.

De acuerdo con la normativa, se toma en consideración que el segundo método para determinar el periodo fundamental no debe exceder un 30% más al valor del Periodo calculado por el primer método.

A continuación, se calcula el periodo que exceda un 30% para comparar con el Periodo obtenido en el programa:

$$T_{130} = T + 0.30 (T) \quad (3.12)$$

Dónde:

T_{130} : Periodo que excede al fundamental.

T : Periodo de vibración

$$T_{130} = 0.471 \text{ s} + 0.30 (0.471 \text{ s})$$

$$T_{130} = 0.61 \text{ s}$$

De acuerdo con el programa SAP2000, se obtiene un Periodo de 0.51 s.

Tabla 13
Verificación de periodo de vibración

Periodo fundamental (s) + 30%	Periodo SAP2000 (s)	Evaluación $T_{130} \geq T_{SAP}$
0.61	0.51	Cumple

Nota. Comprobación de Periodo de vibración de SAP2000 con el periodo obtenido en cálculos.

- **Participación de Masa**

Analizado el Periodo, se verifica la participación de masa en el modelo en los modos de vibración de la estructura, en cada uno se debe involucrar la participación de

una masa modal de al menos el 90% de la masa total de la estructura (NEC-SE-DS, 2015).

A continuación, se presenta la tabla:

Tabla 14
Participación de Masa

Modos de vibración	Participación de masa	Eje
Modo 1	92.00 %	Y
Modo 2	93.38 %	X
Modo 3	91.85 %	Z

Nota. Verificación del 90% de participación de masa en los 3 primeros modos de vibración

Con los porcentajes obtenidos, el análisis dinámico realizado es representativo del comportamiento sísmico de la estructura.

- **Derivas**

Se obtienen los datos de desplazamientos del programa para evaluar las derivas de acuerdo con la normativa NEC (2015) y que estas no superen la deriva máxima de 2%.

Se calcula la deriva elástica (Δ_e) por medio de la ecuación:

$$\Delta_e = \frac{U_i - U_{i-1}}{h_i - h_{i-1}} \quad (3.13)$$

Dónde:

Δ_e : deriva elástica.

i : nivel de piso

U : desplazamiento del nivel.

h : altura del nivel del piso

Y posteriormente se calcula la deriva inelástica (Δ_i):

$$\Delta_i = 0.75 * R * \Delta_e \quad (3.14)$$

Dónde:

Δ_i : deriva inelástica

R: factor de reducción de resistencia

Δ_e : deriva elástica.

Tabla 15
Verificación de derivas

Nivel	U_x (m)	U_y (m)	$h_i - h_{i-1}$ (m)	Δ_e	R	Δ_i	Comprobación
Cumbrera	0.01	0.00	3	0.02%	3	0.04%	Cumple
Rodilla	0.01	0.00	9	0.16%	3	0.37%	Cumple
Base	0.00	0.00	0	0.00%	3	0.00%	Cumple
Cumbrera	0.00	0.02	3	0.24%	3	0.54%	Cumple
Rodilla	0.00	0.01	9	0.12%	3	0.27%	Cumple
Base	0.00	0.00	0	0.00%	3	0.00%	Cumple

Nota. Verificación de derivas mediante cálculo de deriva inelástica, que no exceda el 2%.

Con las respectivas verificaciones realizadas a la estructura, el diseño estructural es óptimo.

3.2.1 Cimentaciones

Plinto Central:

- Se adopta un plinto de 1.50×1.50 m con espesor de 0.40 m y recubrimiento de 7.5 cm.
- El concreto es $f'c = 28$ MPa.
- El refuerzo principal se resuelve con una malla inferior bidireccional $\varnothing 16$ cada 20 cm. Alrededor del fuste se dispone refuerzo superior de reparto $\varnothing 12$ cada 20 cm en una franja aproximada de 0.60 m para controlar fisuras.
- Las barras de la columna son $4\varnothing 16$, con longitudes de anclaje/traslape no menores a $40\varnothing$. Colado con vibrado y curado inmediato.

Plinto Izquierdo:

- El plinto del eje izquierdo se define de 1.25×1.25 m. El espesor adoptado es 0.35 m. Concreto $f'c = 28$ MPa y recubrimiento de 7.5 cm.
- El armado inferior es bidireccional con $\varnothing 16$ cada 20 cm; se añade reparto superior $\varnothing 12$ cada 20 cm en una franja de 0.60 m.
- Los traslapes de malla no serán menores a $40\varnothing$ y se alternarán fuera de la zona inmediata al fuste. Barras de espera a columna $4\varnothing 16$

Muro.

- El muro tiene 1.50 m de altura y 0.30 m de espesor.

- La zapata corrida se adopta con 0.30 m de espesor y ancho total de 1.30 m, distribuido como talón (lado del relleno) de 0.60 m y punta (lado de la rampa) de 0.40 m. Concreto $f'_c = 28$ MPa.
- En el muro, la parte vertical se arma con barras verticales de Ø16 cada 20 cm en ambas caras y refuerzo horizontal Ø12 (#4) cada 25 cm también en ambas caras,
- En el talón el acero de refuerzo se coloca abajo y en la punta, arriba.
- Tiene traslapes mínimos de 40ϕ .

Contrapiso

- El contrapiso tiene 0.20 m de espesor, se usa concreto $f'_c = 28$ MPa;
- Se usa malla para el refuerzo de Ø5 a 15 por debajo del espesor de 0.18 m.
- Las juntas de contracción se abren cada 4–5 m ($\approx 24-30 \cdot h$) con cortes por lo menos un tercio del espesor dentro de 8–12 horas, por lo que se colocan pasadores $\phi 20 \times 45$ cm a 30 cm.

Capítulo 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto presente consiste en el diseño estructural de nave industrial ubicada en el Parque Industrial del cantón Durán, de la Provincia del Guayas. El diseño y posterior construcción de la nave industrial está dirigido a aportar una estructura y espacio adecuado para poder realizar actividades de administración y taller con el propósito de mejorar las condiciones de trabajo y la productividad.

En este capítulo se procederá a analizar los impactos ambientales, mediante el cual permitirá comprender cómo las actividades asociadas a la obra pueden afectar el entorno natural y social, y proporcionará la base para establecer medidas de prevención y mitigación.

El proyecto se alinea al **ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura**, debido a que la construcción de infraestructura industrial moderna y resiliente promueve el crecimiento económico sostenible y la innovación. Y al **ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles** ya que permite el desarrollo planificado de zonas industriales seguras, sostenibles y con adecuada planificación territorial.

4.2 Línea de base ambiental

La **línea de base ambiental** es el diagnóstico técnico que describe las condiciones actuales del entorno físico, biótico y socioeconómico en el área de influencia del proyecto, previo al inicio de cualquier intervención.

Para la elaboración de la línea base ambiental del proyecto, es fundamental identificar y describir las condiciones de acuerdo con el medio en que se encuentran.

4.2.1 Medio físico

- **SUELO:** El suelo en que se encuentra el proyecto presencia estratos de grava mal gradada y arcilla de alta compresibilidad. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2013), el suelo en que se encuentra el proyecto es un suelo Entisol, que no presentan procesos mínimos de formación de suelo, además de que es de origen fluvial debido a la cercanía a una quebrada,

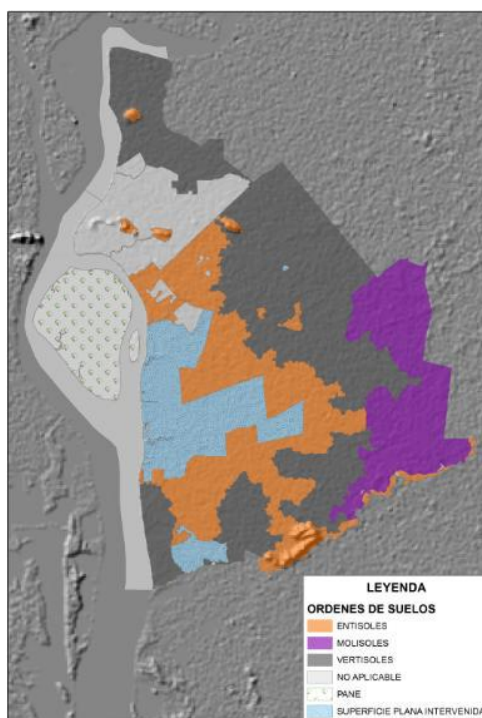


Figura 4: Ubicación geográfica
Fuente: IEE-MAGAP (CGSIN), 2013

- **CLIMA:** De acuerdo con el Plan Cantonal de Desarrollo del cantón Durán, la ciudad tiene un clima tropical mega térmico seco y mega térmico semihúmedo. Además, se toma en cuenta datos calculados en Línea base Durán (2013) que tomaron datos de INAMHI en un periodo de tiempo de 10 años, desde el año 2004 hasta el 2013, considerándose las siguientes variables con sus respectivos valores:

Tabla 16*Variables climáticas Durán 2004-2013*

Año	Heliofanía (h/año)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm/año)	Evaporación (mm/año)
2004	1419.5	71.8	507.4	1383.2
2005	1334.2	73	561.2	1628.6
2006		73	901	1647
2007	1207	73	840	1631.6
2008	1043.1	74	1506.5	1481.1
2009	1404.1	72	1301	1703.5
2010	1030.9	75	106.1	1386.5
2011	1265.4	73	705.5	1616.3
2012	1283.8	77	1650	1296.7
2013	1311.8	76	1064.5	1601.5
Promedio	1255.5	73.78	914.4	1537.6

Nota. Obtenido de Línea Base Durán.

Con los datos obtenidos se puede observar que la evaporación con un valor de 1537.6 mm/año es mayor a las precipitaciones que anualmente alcanzan 914 mm/año, esto se debe a los largos periodos del verano dónde no hay presencia de lluvias. Además, el porcentaje de humedad relativa del cantón anualmente es de un 73.78%. Con estos datos se determina que el cantón Durán posee un clima tropical térmico seco y húmedo.

- **Aire:** La zona se presenta una temperatura de aire de 26.24 °C, con una velocidad de 9.5 km/h con una dirección predominante Sur

4.2.2 Medio Biótico:

El proyecto se encuentra ubicado en una zona Industrial, por lo que no se visualiza especies endémicas y especies en peligro de extinción en flora y fauna.

4.2.3 Medio Sociocultural:

La zona en que se ubica se encuentra urbanizado por empresas, ciudadelas, centro comerciales hospitales, en que las actividades diarias de la población se basan en la producción manufacturera, el comercio en pequeños locales de abastecimiento y de alimentación.

4.3 Actividades durante la fase de construcción

En esta sección se describen las actividades principales que se desarrollan durante la fase de construcción del proyecto, así como una visión general de las fases posteriores de operación y mantenimiento. Estas fases constituyen el ciclo de vida del proyecto y son fundamentales para entender los impactos ambientales y las medidas de gestión que se deben implementar.

4.3.1 Movilización de maquinaria

La fase inicial contempla el retiro y traslado de la maquinaria pesada y vehículos institucionales actualmente estacionados en el área destinada al proyecto. Estos equipos serán reubicados en un terreno perteneciente a la misma institución, ubicado en la periferia de la ciudad.

4.3.2 Limpieza y desbroce

Esta actividad inicia con la remoción manual de la cobertura vegetal por parte del personal operativo. Dado que el área presenta escasa vegetación, los residuos serán almacenados en bolsas plásticas para su posterior recolección por parte del servicio municipal correspondiente.

4.3.3 Transporte y puesta de materiales en obra

El transporte del material de construcción de las naves industriales desde la cantera de la institución hasta el lugar del proyecto involucraría una distancia promedio

de 5 km. La vía de acceso al terreno es por la Av. Independencia, cuyo tráfico se caracteriza por transporte mixto entre liviano y pesado. El número de viajes requeridos durante el tiempo de construcción será de entre 1 a 2 viajes. Además, ya en el área del proyecto es necesario seleccionar el sitio de acopio adecuado del material, de tal manera que no obstruya el paso a las estructuras adyacentes y a la construcción de las naves.

4.3.4 Movimiento de Tierra

La actividad comienza con la remoción manual de la cobertura vegetal existente, ejecutada por el personal operativo. Considerando que el terreno presenta una vegetación reducida, los residuos generados serán depositados en bolsas plásticas y permanecerán almacenados temporalmente hasta su recolección por parte del servicio municipal.

4.3.5 Estructura de Hormigón armado

Esta actividad se realizará para la preparación y nivelación del terreno, seguida de la colocación de material granular compactado. Posteriormente, se procederá con el armado del acero de refuerzo según los planos estructurales, y en el caso del muro, se instalarán formaletas para contener el hormigón. Una vez listo el encofrado, se realizará el vaciado del hormigón premezclado, garantizando su adecuada compactación mediante vibración mecánica. Finalmente, se llevará a cabo el curado del concreto para asegurar su resistencia, el desencofrado del muro y la limpieza del área intervenida.

4.3.6 Estructuras acero

Esta actividad comenzará con el montaje y ensamblado de los elementos estructurales que conforman la nave industrial, incluyendo procesos de soldadura y aplicación de acabados, gran parte de estas actividades se darán en taller.

4.3.7 Instalaciones

Se ejecutan los trabajos correspondientes a la instalación del sistema de evacuación de aguas lluvias e hidrosanitarias.

4.3.8 Desalojo y limpieza para entrega de obra

La etapa final del proyecto contempla el retiro de toda la maquinaria, equipos y residuos generados durante la construcción.

4.3.9 Actividades durante la fase de operación y mantenimiento

Una vez que la estructura sea construida y entre en operación se llevarán a cabo los trabajos propios del taller mecánico para el mantenimiento y reparación de la maquinaria pesada, estos son soldadura, lavado, engrase, cambio de frenos, entre otros.

4.4 Identificación de los impactos ambientales

En esta sección se realiza la identificación detallada de los impactos ambientales generados por el proyecto durante sus diferentes fases: construcción, operación y mantenimiento. El análisis se llevó a cabo mediante un enfoque cualitativo, que permite identificar los impactos ambientales más relevantes y permitirá establecer las medidas adecuadas para su prevención, mitigación y control en la sección Medidas de Prevención/mitigación.

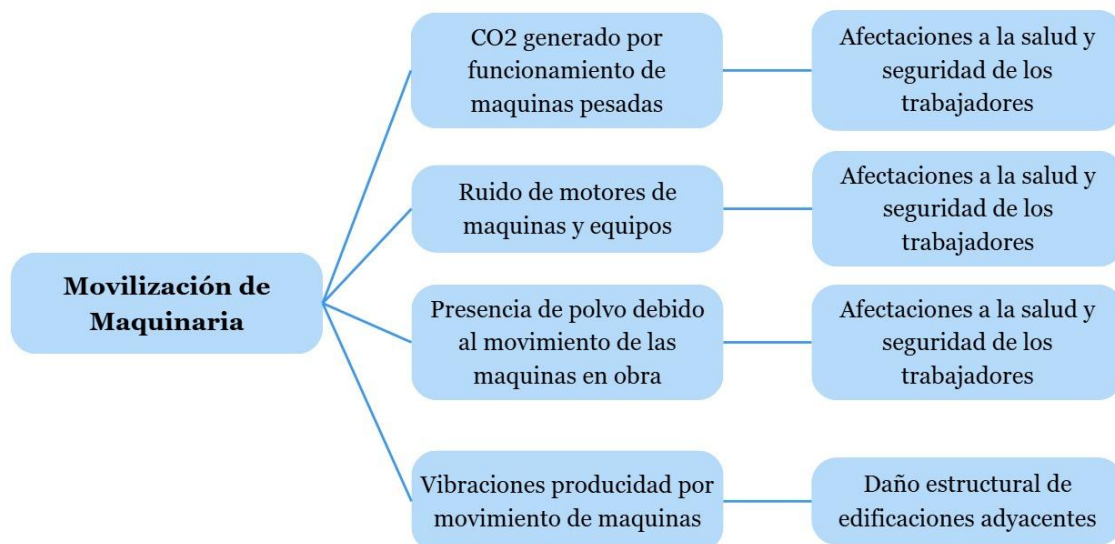
4.4.1 Identificación cualitativa de impactos ambientales

El análisis cualitativo permite describir y categorizar los posibles efectos ambientales, considerando la naturaleza de las actividades del proyecto y su interacción con el entorno natural y social.

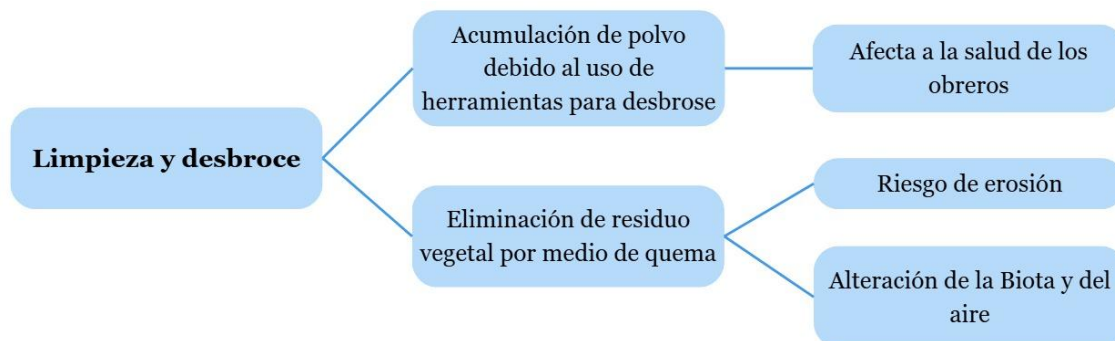
En el presente proyecto se hace uso de diagrama de redes para describir las consecuencias de una actividad, pero sin una valoración de acuerdo con su intensidad.

A partir de las actividades identificadas en el apartado anterior, se prosigue a identificar y elaborar los respectivos diagramas de flujo de impactos.

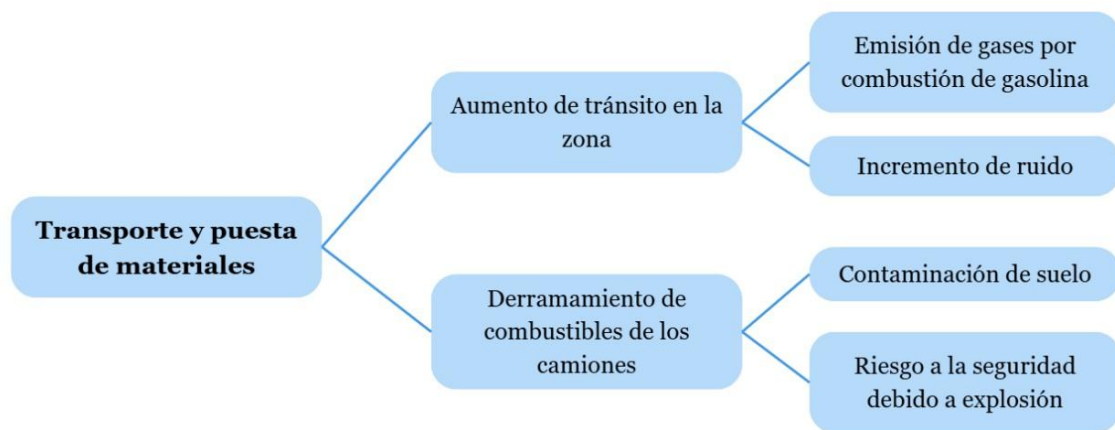
4.4.1.1 Impactos producidos por la actividad de la movilización de maquinaria



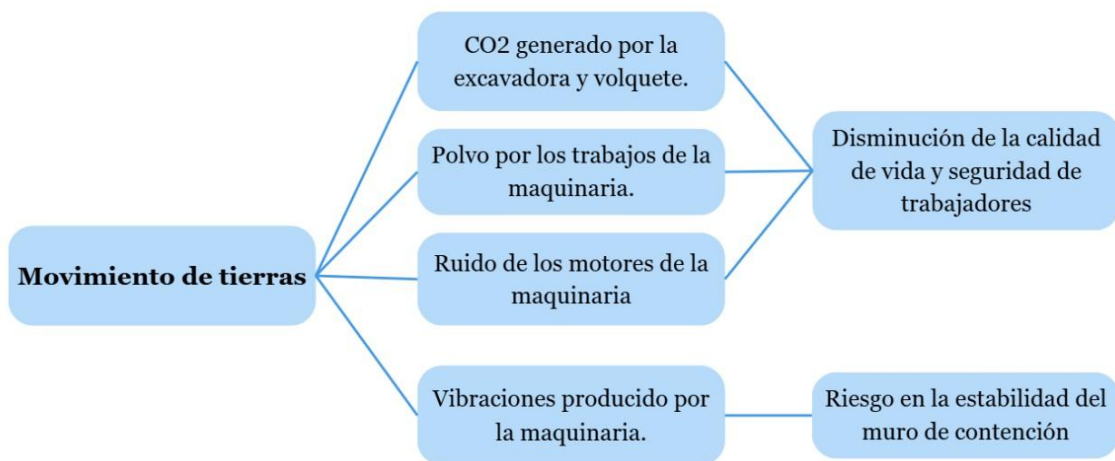
4.4.1.2 Impactos producidos por actividad de la limpieza y desbroce



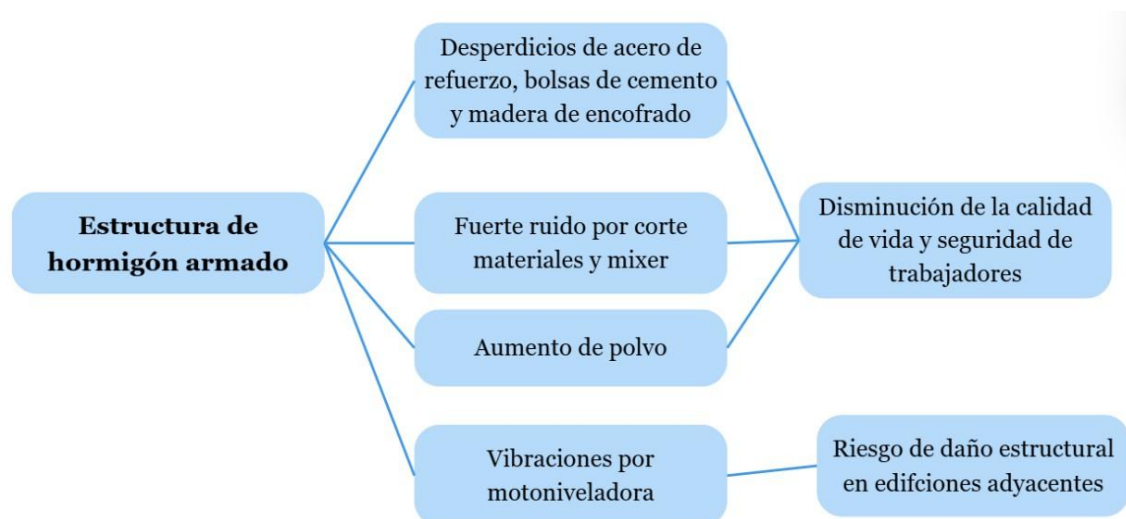
4.4.1.3 Impactos producidos por la actividad del transporte y puesta de material



4.4.1.4 Impactos producidos por la actividad del movimiento de tierra



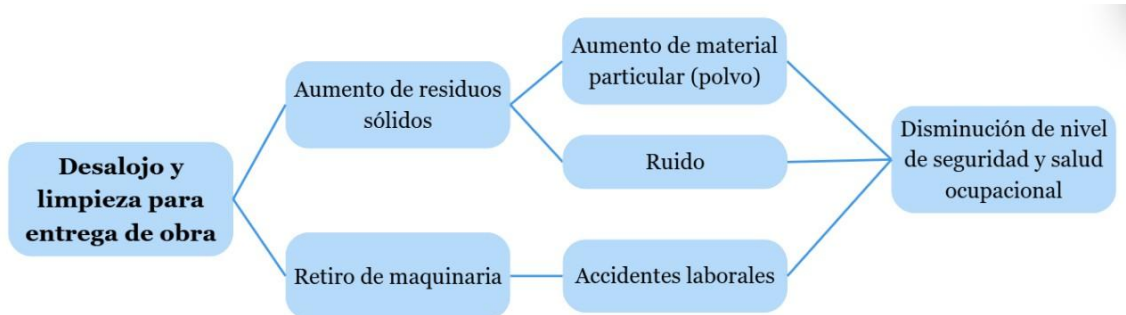
4.4.1.5 Impactos producidos por la actividad de la estructura de hormigón armado



4.4.1.6 Impactos producidos por la actividad de la estructura metálica



4.4.1.7 Impactos producidos por las actividades de desalojo y limpieza para entrega de obra de obra



4.4.1.8 Impactos producidos por operación y mantenimiento de naves industriales



4.5 Valoración de impactos ambientales

En esta sección, se da la valoración de los impactos ambientales por medio de una se da valoración cualitativa simple, en este caso propuesta por *Garmendia et al. (2005)*, que permite calcular un Índice de Importancia (I_m) que mide la relevancia de un impacto ambiental a partir de la combinación ponderada de diferentes criterios que describen sus características, este coeficiente permitirá que al realizar una Matriz de Leopold que se pueda dar un valor a las acciones que se describieron de acuerdo a los elementos que alteren.

Su expresión es:

$$I_m = \pm(A + E + I_n + P + R_v + R_c) \quad (4.1)$$

Donde:

- **Signo ($\pm$):** Determina la naturaleza del impacto.
 - (+) Impacto beneficioso para el medio ambiente.
 - (–) Impacto perjudicial o negativo.
- **A (Acumulación):** Representa el carácter acumulativo del impacto.
 - Simple (1): Se produce una sola vez y no genera efectos adicionales.
 - Acumulativo (3): Se incrementa con el tiempo debido a repetición o continuidad.
 - Sinérgico (5): Su combinación con otros factores produce efectos mayores que la suma de impactos individuales.
- **E (Extensión):** Área de influencia del impacto.
 - Puntual (1): Afecta un área muy reducida.
 - Parcial (2): Afecta un área intermedia o localizada.

- Extenso (3): Afecta grandes superficies o varios sectores.
- **In (Intensidad):** Grado de destrucción o alteración de los componentes ambientales.
 - Baja (1): Alteración leve y de fácil recuperación.
 - Media (4): Alteración moderada, con recuperación posible a mediano plazo.
 - Alta (8): Alteración severa, difícil o imposible de revertir.
- **P (Persistencia):** Duración en el tiempo del efecto.
 - Temporal (1): Desaparece en corto plazo sin acciones adicionales.
 - Permanente (3): Persiste indefinidamente o durante largos períodos.
- **Rv (Reversibilidad)** Capacidad de los **medios naturales** para volver a su estado original.
 - Reversible (1): El medio recupera sus condiciones previas de forma natural.
 - Irreversible (3): No puede recuperarse de forma natural.
- **Rc (Recuperabilidad):** Capacidad de los **medios humanos** para restaurar la condición original.
 - Recuperable (1): Puede restaurarse mediante intervención humana razonable.
 - Irrecuperable (3): La restauración es técnicamente imposible o económicamente inviable.

A continuación, se establece la Matriz de Leopold para el presente proyecto:

Tabla 17

Matriz Leopold IMECORSA S.A.

CATEGORÍA	COMPONENTE	ACCIÓN FACTOR	Mov. Maquinaria	Limpieza y desbroce	Transporte material	Mov. tierra	Estruct. hormigón	Estruct. metálica	Instal. hidro/pluviales	Desalojo y limpieza	Operación y mant.	Impacto Total por Factor
Físico-químico	Aire	Calidad del aire	-13	0	-9	-9	-9	-20	0	0	-13	-71
	Suelo	Calidad del suelo	-16	-6	0	-22	0	0	-9	-9	-22	-44
	Agua	Recursos hídricos	0	0	0	-13	-9	0	-10	0	-12	-22
Biológico	Fauna	Animales terrestres	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	-3
	Flora	Cobertura vegetal	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	-3
Socioeconómico-cultural	Paisaje	Impacto visual	0	-6	-6	0	0	0	0	-6	0	-12
	Población	Salud y bienestar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Red vial	Infraestructura vial	-5	0	-10	0	0	0	0	0	0	-15
Impacto Total por			-34	-18	-25	-44	-18	-20	-19	-15	-47	

Nota. Realizado por autor. Fuente: Autoría Propia.

Se toma en consideración que el signo negativo representa que el impacto genera daños y no presenta efectos positivos a los elementos ambientales o sociales.

En esta matriz se selecciona de color naranja en la fila inferior cuales son las actividades más perjudiciales y en la última columna cuales son los elementos afectados. Como se puede observar, las actividades que afectan son: movimiento de tierra, operación y Mantenimiento, Movilización de Maquinaria, Trabajo de estructura metálica y transporte y puesta de material en obra. Y los elementos que se ven afectados por dichas actividades son: aire, agua, suelo, red vial, y paisaje.

4.6 Medidas de prevención/mitigación

A continuación, se hace propuesta de medidas que puedan prevenir y mitigar cada una de las actividades y los efectos que produzcan a los elementos del medio sean menores o casi nulos.

4.6.1 Movimiento de Tierra

Medidas de prevención y mitigación:

Control de polvo en el aire: Aplicar humectación frecuente mediante aspersores en las áreas de excavación, caminos y zonas de tránsito para minimizar la dispersión de polvo, especialmente en días secos y con viento. Además, limitar la velocidad de los vehículos en obra y utilizar barreras cortaviento o pantallas vegetales para reducir la emisión de partículas.

Protección y conservación del suelo: Antes de iniciar el movimiento de tierra, retirar y almacenar cuidadosamente la capa superficial de suelo vegetal para su posterior reutilización en tareas de revegetación o recuperación ambiental. Evitar el tránsito y almacenamiento de maquinaria pesada sobre áreas sensibles para minimizar la compactación y erosión del suelo.

- **Prevención de contaminación hídrica:** Implementar sistemas de control de escorrentías, como cunetas perimetrales, bermas y trampas de sedimentos, para

evitar que el material sedimentable sea arrastrado hacia cuerpos de agua cercanos. Controlar que las áreas de excavación estén debidamente delimitadas y proteger las fuentes hídricas mediante zonas de amortiguamiento.

4.6.2 Operación y Mantenimiento

Medidas de prevención y mitigación:

- **Reducción de emisiones atmosféricas:** Realizar mantenimientos preventivos periódicos a la maquinaria y equipos para asegurar que funcionen en condiciones óptimas, evitando emisiones excesivas de gases contaminantes y partículas. Adoptar tecnologías limpias y filtros cuando sea posible.
- **Manejo adecuado de residuos peligrosos:** Almacenar lubricantes, aceites y combustibles en recipientes cerrados y sobre bandejas de contención impermeables para prevenir derrames accidentales. Establecer un protocolo de manejo y disposición final de estos residuos conforme a la normativa ambiental vigente. Capacitar al personal para actuar rápidamente ante cualquier derrame, minimizando daños al suelo y evitando su infiltración.

4.6.3 Movilización de Maquinaria

Medidas de prevención y mitigación:

- **Minimización de emisiones contaminantes:** Programar el transporte y movilización de maquinaria en horarios donde haya menor tráfico para evitar congestiones y emisiones acumuladas. Revisar y mantener en buen estado los sistemas de escape y motores de los equipos para reducir emisiones nocivas.
- **Protección del suelo:** Designar zonas específicas para el estacionamiento, mantenimiento y lavado de maquinaria, debidamente preparadas con superficies

impermeabilizadas para evitar la contaminación del suelo por aceites o combustibles.

- **Preservación de la infraestructura vial:** Coordinar con autoridades locales para definir rutas de acceso que sean aptas para el paso de maquinaria pesada, evitando caminos vulnerables o en mal estado. Implementar señalización adecuada y monitoreo constante del estado de las vías durante el desarrollo del proyecto. En caso de daños, realizar reparaciones oportunas.

4.6.4 Estructura Metálica

Medidas de prevención y mitigación:

- **Control de emisiones durante soldadura:** Realizar los trabajos de soldadura en áreas específicas con ventilación adecuada y sistemas de extracción localizada para capturar humos y gases generados. Proveer equipos de protección personal al personal para evitar la inhalación de contaminantes.
- **Manejo de residuos y productos químicos:** Evitar la disposición inadecuada de residuos metálicos, pinturas, solventes y otros productos químicos en drenajes o suelos permeables. Contar con áreas de almacenamiento temporal con barreras impermeables para estos materiales, y asegurar su correcta disposición o reciclaje según la normativa ambiental. Realizar capacitaciones periódicas para el personal sobre manejo seguro de estos productos.

4.6.5 Transporte y Puesta de Material

Medidas de prevención y mitigación:

- **Control de emisiones y polvo:** Asegurar que las cargas transportadas estén correctamente cubiertas con lonas o mallas para evitar la dispersión de polvo y partículas durante el transporte, especialmente en vías no pavimentadas. Limitar

la velocidad de los vehículos en estas zonas para reducir la generación de polvo. Realizar mantenimiento regular de los vehículos para asegurar la eficiencia en consumo y emisiones.

- **Protección de la red vial:** Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo en los tramos de vía afectados por el tránsito de transporte pesado, considerando aspectos como el refuerzo de la base, señalización y drenajes adecuados. Monitorear el estado de la vía para anticipar y reparar daños que puedan comprometer la seguridad vial o causar impactos ambientales.

Capítulo 5

5. Presupuesto

5.1 Estructura Desglosada

Figura 31

Desglose de actividades



Nota. Actividades a realizar en la ejecución de construcción de nave industrial

5.2 Especificaciones Técnicas

5.2.1 Materiales estructurales

- Perfiles C conformados en frío: utilizados en cordones superiores e inferiores, seleccionados de acuerdo con la demanda estructural y en cumplimiento con la ANSI/AISC 360-22.
- Perfiles angulares L: empleados en celosías y elementos secundarios sometidos a tensión y compresión.
- Placas de acero ASTM A36: empleadas en uniones, empalmes y bases de columnas.
- Todos los materiales cumplen con la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-SE-AC (Estructuras de Acero).

5.2.2 Procedimientos de unión y soldadura

- Soldadura de filete (fillet weld): aplicada en taller para cordones, diagonales y correas.
- Soldadura a penetración total (complete joint penetration weld): utilizada en uniones críticas de columnas y vigas para garantizar continuidad estructural.
- Proceso de soldadura: SMAW (Shielded Metal Arc Welding – Soldadura por Arco con Electrodo Revestido).
- Electrodo utilizado: AWS E7018, recomendado para estructuras sísmo-resistentes por su alta resistencia, ductilidad y capacidad de trabajo en posiciones planas y verticales.

5.2.3 Equipos y maquinaria para fabricación

- Sierra cinta industrial para metales: cortes rectos y precisos de perfiles C y L.
- Equipo de oxicorte (Oxy-fuel cutting torch): cortes de placas de acero y perfiles de gran espesor.
- Esmeril angular (hand grinder): limpieza de cordones de soldadura y preparación de superficies.
- Máquina de soldar por arco eléctrico (SMAW power source): ensamblaje en taller de cordones, diagonales y placas.

5.2.4 Transporte y montaje en obra

- Debido a las dimensiones y peso de las vigas y pórticos, se requiere maquinaria pesada para su movilización y colocación:
- Camión plataforma (flatbed truck): transporte de perfiles y pórticos desde taller a obra.
- Montacargas (forklift): movilización de perfiles medianos y placas dentro del área de montaje.
- Grúa móvil telescópica (hydraulic mobile crane, 25–50 toneladas): izado de vigas y pórticos completos durante el montaje de la nave.
- Polipasto eléctrico de cadena (electric chain hoist): ajuste y posicionamiento fino de vigas y arriostramientos durante la instalación.
- Eslingas de acero y grilletes: aseguramiento de elementos en maniobras de izado.

5.2.5 Cimentaciones

- Las cimentaciones se diseñaron bajo la NEC-SE-GC (Geotecnia y Cimentaciones), considerando las cargas gravitacionales y sísmicas de la estructura:
- Replanteo de hormigón simple $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$, de 5 cm de espesor, para nivelación.
- Zapata aislada de hormigón armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, dispuesto según planos estructurales.

- Vigas de fundación que enlazan zapatas y contribuyen a la rigidez global.
- Proceso constructivo de cimentación:
- Excavación de zapatas con retroexcavadora y mano de obra complementaria.
- Colocación y amarre de acero de refuerzo con cortadora y dobladora mecánica de varillas.
- Encofrado de madera para dar forma a zapatas y vigas de fundación.
- Vaciado de hormigón premezclado, compactado con vibrador eléctrico de aguja.
- Curado húmedo para asegurar la resistencia especificada.

5.3 Rubros y análisis de precios unitarios

5.3.1 Obras Preliminares

Limpieza y desbroce: Consiste en la remoción de maleza, arbustos o cualquier vegetación no contemplada en el proyecto, dejando el terreno listo para el inicio de las obras.

Trazado y replanteo: Una vez concluida la limpieza, se procede a la marcación de ejes, niveles y cotas en el terreno, siguiendo las especificaciones de los planos, con el fin de definir con precisión la ubicación de cada elemento constructivo.

5.3.2 Movimientos de Tierra

Relleno de terreno natural y nivelado: Se mejora la superficie natural mediante la selección de un material de relleno adecuado, el cual es compactado con maquinaria pesada para garantizar estabilidad y uniformidad en la plataforma de trabajo.

Excavación de zapatas: Se realiza con precisión en las ubicaciones señaladas en los planos estructurales, cuidando la estabilidad de los taludes y evitando alteraciones innecesarias en el terreno circundante.

Desalojo de material: El excedente producto de la excavación se retira con volquetas y se transporta a sitios autorizados, cumpliendo con las disposiciones ambientales y de seguridad.

5.3.3 Cimentación

Replanteo con hormigón: $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$: Se coloca una capa de hormigón simple de aproximadamente 5 cm de espesor, que sirve como base nivelada y firme para las zapatas.

Encofrado: Se emplea encofrado de madera en buen estado, sin deformaciones ni perforaciones, con el fin de dar forma y contener el vaciado del hormigón en zapatas y vigas de cimentación.

Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$: Comprende el corte, doblado y colocación del acero de refuerzo según planos estructurales, asegurando la correcta distribución de esfuerzo

Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$: Corresponde al hormigón premezclado solicitado desde planta, utilizado en el vaciado de zapatas, cumpliendo con la resistencia especificada en el diseño estructural.

5.3.4 Contrapiso

Consiste en la construcción del contrapiso de la nave industrial en la cual se incluye malla electrosoldada.

5.3.5 Estructura

Se considera la actividad de ensamblaje de la estructura metálica, en que se suelda en taller y en campo todos los perfiles a usar como lo son: cordones de perfil tipo C, ángulos L, correas de perfil tipo G, arriostramientos con varillas corrugadas y placas de dimensiones variables.

5.4 Cantidades de obra

La cantidad de materiales se obtuvo por medio de software, el cual proporcionó la siguiente información:

Tabla 18

Cantidades de obra

Perfil	Longitud total (m)	Peso Total (kg)
C150x50x4	1479.84	44764.61
L30X30X4	7516.21	10249.20
L40X40X4	653.72	803.60
L50X50X4	183.16	315.20
G150X50X20X4	960.11	31688.4
Varilla 20 mm	1355.12	3341.6
Total	12148.16	91162.61

Nota. Tabla de cantidades de los perfiles utilizados para nave industrial.

5.5 Costo del proyecto

El presupuesto del proyecto se realizó en base a un análisis de precios unitarios y tarifas actualizadas al año 2024. El costo del m^2 de la nave industrial respecto a la estructura metálica y las cimentaciones, está en \$169.07/ m^2 .

A continuación, se presentan la tabla de cantidades, el presupuesto global y un precio unitario representativo como respaldo.

Figura 32

Presupuesto de proyecto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO TOTAL	PRECIO TOTAL
URB	OBRA NAVE INDUSTRIAL					
IM-P-1	OBRA PRELIMINARES					\$ 4,436.56
NI-P-1.1	Limpieza y desbroce	m2	3215.00	\$ 0.29	\$ 926.64	
NI-P-1.2	Trazado y replanteo (Incluye equipo topográfico)	m2	4560.00	\$ 0.77	\$ 3,509.92	
NI-P-2	MOVIMIENTOS DE TIERRA					\$ 7,663.66
NI-P-2.1	Excavación para las zapatas	m3	319.20	\$ 1.52	\$ 485.62	
NI-P-2.2	Desalojo de material	m3	395.81	\$ 9.39	\$ 3,717.18	
NI-P-2.3	Relleno compactado con material de préstamo importado por debajo de	m3	43.20	\$ 21.53	\$ 929.91	
NI-P-2.4	Relleno con Material de sitio por encima de cimentación	m3	670.32	\$ 3.78	\$ 2,530.94	
NI-P-3	CIMENTACION					\$ 21,185.10
NI-P-3.1	Replanteo con hormigón f'c = 180 kg/cm2	m3	7.98	\$ 137.23	\$ 1,095.07	
NI-P-3.2	Encofrado de Cimentación	m2	113.04	\$ 14.01	\$ 1,583.97	
NI-P-3.3	Hormigón de Cimentación f'c = 210 kg/cm2	m3	48.88	\$ 151.88	\$ 7,423.87	
NI-P-3.4	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	3219.20	\$ 2.17	\$ 6,990.25	
NI-P-3.5	Placa de Anclaje de Acero e=15mm	U	56.00	\$ 73.07	\$ 4,091.94	
NI-P-4	CONTRAPISO					\$ 161,312.90
NI-P-4.1	Contrapiso Con malla electrosoldada, e=20 cm	m2	3215.00	\$ 21.34	\$ 68,608.10	
NI-P-4.2	Alizado de Contrapiso	m2	4560.00	\$ 20.33	\$ 92,704.80	
NI-P-5	ESTRUCTURA					\$ 475,806.31
NI-P-5.1	L30x30x4	kg	9874.80	\$ 5.16	\$ 50,945.48	
NI-P-5.2	L40x40x4	kg	803.60	\$ 5.16	\$ 4,145.83	
NI-P-5.3	L50x50x4	kg	574.00	\$ 5.16	\$ 2,961.35	
NI-P-5.4	C150x50x4	kg	46110.31	\$ 5.16	\$ 237,892.63	
NI-P-5.5	G150x50x20x4	kg	32305.47	\$ 5.16	\$ 166,668.47	
NI-P-5.6	Tensores 22 mm	kg	835.40	\$ 3.34	\$ 2,787.54	
NI-P-5.7	Tubo cuadrado 50x50x4	kg	1458.40	\$ 5.16	\$ 7,524.09	
NI-P-5.8	PL	kg	558.39	\$ 5.16	\$ 2,880.81	
SUBTOTAL					\$ 670,404.53	\$ 670,404.53
IVA					15%	\$ 100,560.68
TOTAL						\$ 770,965.21

Nota. Presupuesto de nave industrial respecto a rubros y fase de construcción.

Figura 33

Precio Unitario

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: MIP-11			UNIDAD: m2		
DETALL Limpieza y desbroce del terreno					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO	COSTO D=C*R
Retroexcavadora	1.00		25.00	0.03	\$ 0.75
Volquete	1.00		5.00	0.03	\$ 0.15
Herramientas	5.0000%				\$ 0.04
SUBTOTAL M					\$ 0.95
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO	COSTO D=C*R
Pedón	2.00		4.05	0.03	\$ 0.25
Maestro de Obra	0.10		4.33	0.03	\$ 0.01
Supervisor de Retroexcavadora	4.00		4.33	0.03	\$ 0.53
SUBTOTAL N			\$ -		\$ 0.79
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD		CANTIDAD AD	UNITARIO D	COSTO E=A*B
					\$ -
SUBTOTAL O					\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD		CANTIDAD AD	TARIFA B	COSTO E=A*B
					\$ -
SUBTOTAL P					\$ -
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 1.74
INDIRECTOS %					20% \$ 0.35
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 2.09
VALOR OFERTADO					\$ 2.09

Nota. Precio Unitario de actividad de limpieza y desbroce de terreno.

5.6 Cronograma de obra

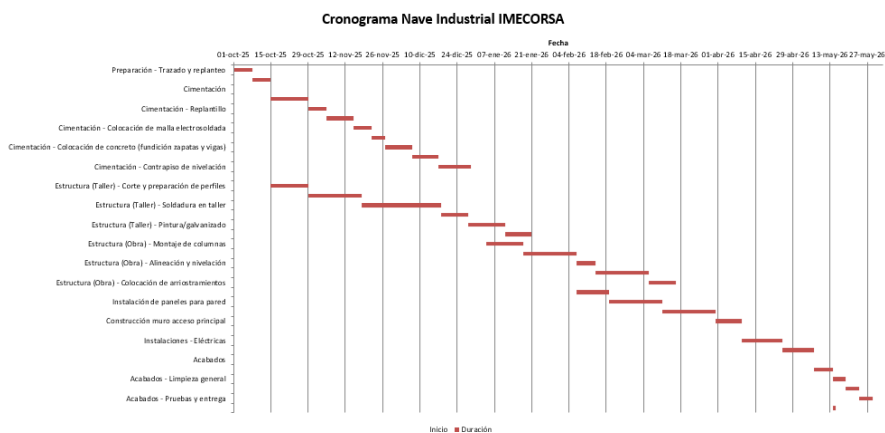
En esta sección se determina la duración del proyecto de acuerdo con los rendimientos establecidos en los rubros, tras realizar los cálculos se determinó que el proyecto tiene una duración de 8 meses.

Figura 34
Cronograma de obra

Actividad	Inicio	Fin	Duración (días)	Dependencia	Inicio (fecha)	Duración (días)
Preliminares						
Preparación - Trazado y replanteo	01-oct-25	07-oct-25	7		01-oct-25	7
Preparación - Nivelación y limpieza de terreno	08-oct-25	14-oct-25	7	Preparación - Trazado y replanteo	08-oct-25	7
Cimentación						
Cimentación - Excavación de zapatas y vigas	15-oct-25	28-oct-25	14	Preparación - Nivelación y limpieza de terreno	15-oct-25	14
Cimentación - Replanteo	29-oct-25	04-nov-25	7	Cimentación - Excavación de zapatas y vigas	29-oct-25	7
Cimentación - Encofrado de zapatas y vigas	05-nov-25	14-nov-25	10	Cimentación - Replanteo	05-nov-25	10
Cimentación - Colocación de malla electrosoldada	15-nov-25	21-nov-25	7	Cimentación - Encofrado de zapatas y vigas	15-nov-25	7
Cimentación - Colocación de varillas de anclaje	22-nov-25	28-nov-25	5	Cimentación - Colocación de malla electrosoldada	22-nov-25	5
Cimentación - Colocación de concreto (fundición zapatas y vigas)	27-nov-25	06-dic-25	10	Cimentación - Colocación de varillas de anclaje	27-nov-25	10
Cimentación - Construcción de muros de acceso	07-dic-25	16-dic-25	10	Cimentación - Colocación de concreto (fundición zapatas)	07-dic-25	10
Cimentación - Contrapiso de nivelación	17-dic-25	28-dic-25	12	Cimentación - Construcción de muros de acceso	17-dic-25	12
Estructura de acero						
Estructura (Taller) - Corte y preparación de perfiles	15-oct-25	28-oct-25	14	Preparación - Nivelación y limpieza de terreno	15-oct-25	14
Estructura (Taller) - Ensamblaje y armado de pórticos	29-oct-25	17-nov-25	20	Estructura (Taller) - Corte y preparación de perfiles	29-oct-25	20
Estructura (Taller) - Soldadura en taller	18-nov-25	17-dic-25	30	Estructura (Taller) - Ensamblaje y armado de pórticos	18-nov-25	30
Estructura (Taller) - Limpieza y control dimensional	18-dic-25	27-dic-25	10	Estructura (Taller) - Soldadura en taller	18-dic-25	10
Estructura (Obra) - Pintura galvanizado	28-dic-25	10-ene-26	14	Estructura (Taller) - Limpieza y control dimensional	28-dic-25	14
Estructura (Obra) - Transporte de estructuras	11-ene-26	20-ene-26	10	Estructura (Taller) - Pintura galvanizado	11-ene-26	10
Estructura (Obra) - Montaje de columnas	04-ene-26	17-ene-26	14	Cimentación - Colocación de concreto (fundición zapatas)	04-ene-26	14
Estructura (Obra) - Montaje de vigas y pórticos	18-ene-26	06-feb-26	20	Estructura (Obra) - Montaje de columnas	18-ene-26	20
Estructura (Obra) - Alineación y nivelación	07-feb-26	15-mar-26	7	Estructura (Obra) - Montaje de vigas y pórticos	07-feb-26	7
Estructura (Obra) - Soldadura en obra	14-feb-26	05-mar-26	20	Estructura (Obra) - Alineación y nivelación	14-feb-26	20
Estructura (Obra) - Colocación de anclajes	06-mar-26	15-mar-26	10	Estructura (Obra) - Soldadura en obra	06-mar-26	10
Colocación de mampostería	07-feb-26	18-feb-26	12	Estructura (Obra) - Montaje de vigas y pórticos	07-feb-26	12
Instalación de paneles para pared	19-feb-26	10-mar-26	20	Colocación de correas metálicas	19-feb-26	20
Instalación de cerramientos laterales	11-mar-26	30-mar-26	20	Instalación de cubierta metálica	11-mar-26	20
Construcción muro acceso principal	31-mar-26	03-abr-26	10	Instalación de cerramientos laterales	31-mar-26	10
Instalaciones						
Instalaciones - Eléctricas	10-abr-26	24-abr-26	15	Construcción muro acceso principal	10-abr-26	15
Instalaciones - Mecánicas / sanitarias	25-abr-26	06-may-26	12	Instalaciones - Eléctricas	25-abr-26	12
Acabados						
Acabados - Pintura final y señalética	07-may-26	13-may-26	7	Instalaciones - Mecánicas / sanitarias	07-may-26	7
Acabados - Limpieza general	14-may-26	18-may-26	5	Acabados - Pintura final y señalética	14-may-26	5
Acabados - Inspección final	19-may-26	23-may-26	5	Acabados - Limpieza general	19-may-26	5
Acabados - Pruebas y entrega	24-may-26	28-may-26	5	Acabados - Inspección final	24-may-26	5
Entrega final	14-may-26	14-may-26	1	Fin de Acabados - Pintura final y señalética	14-may-26	1

Nota. Cronograma de obra de acuerdo con el proyecto con duración de 8 meses.

Figura 35
Cronograma representado en Diagrama de Gantt



Nota. Diagrama de Gantt de duración de la construcción de nave industrial

De acuerdo con el cronograma establecido, se estima la duración de la Nave Industrial en 8 meses, considerando que se trabaja 5 días a la semana y se respetan los días de feriado.

Capítulo 6

6. Conclusiones y recomendaciones:

6.1 Conclusiones

El diseño modular de la nave industrial resultó ser una solución eficiente, ya que permite reducir los costos de construcción por metro cuadrado, disminuyendo la cantidad de materiales sin comprometer la seguridad estructural.

La propuesta modular permite expansiones futuras de acuerdo con las necesidades del cliente, lo que garantiza flexibilidad operativa y sostenibilidad a largo plazo.

La ubicación del proyecto en el Parque Industrial de Durán evidencia que las medidas de prevención y mitigación ambiental, si bien fueron contempladas, requieren fortalecerse para cumplir de manera más rigurosa debido a las actividades de las industrias manufactureras cercanas.

Los ensayos de campo y de laboratorio realizados a los estratos del suelo de IMECORSA S.A. permiten concluir que la capacidad portante del suelo es adecuada frente a las demandas estructurales de la nave, asegurando un desempeño estable de la cimentación y de la superestructura proyectada.

6.2 Recomendaciones:

Ampliar los estudios geotécnicos con ensayos complementarios, como Standard Penetración Test (SPT) y ensayo triaxial, con el fin de obtener datos más precisos sobre el comportamiento del suelo y optimizar el diseño de cimentaciones.

Considerar en las futuras expansiones de la nave industrial la incorporación de sistemas de energía renovable (paneles solares, iluminación eficiente y ventilación natural), que permitan mejorar la sostenibilidad del proyecto y reducir el impacto ambiental a largo plazo.

Mantener actualizados los permisos y normativas municipales relacionadas con construcciones y ampliaciones, de manera que garantice la viabilidad legal del proyecto y se eviten limitaciones en el uso de los espacios urbanos destinados a la actividad industrial.

Referencias

- American Concrete Institute. (2010). *ACI 360R-10: Guide to Design of Slabs-on-Ground*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute. ISBN 9780870313714.
- American Concrete Institute. (2015). *ACI 302.1R-15: Guide to Concrete Floor and Slab Construction*. Accuris, MI: American Concrete Institute. ISBN 9781942727255
- Das, B. (2020). *Principles of geotechnical engineering* (10^a ed.). Cengage Learning. ISBN 9780357420478.
- Das, B. M. (2023). *Principles of Foundation Engineering* (10^a ed.). Cengage Learning. ISBN 9780357684658.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM C702/C702M-17: Standard practice for reducing samples of aggregate to testing size*. ASTM.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM D4318-17e1: Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils*. ASTM.
- American Institute of Steel Construction. (2022). *AISC 360-22: Specification for Structural Steel Buildings*. AISC.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2025). *Estimaciones y Proyecciones de Población*. Instituto Nacional De Estadística Y Censos.
- Oropeza, A. (2024). *La oportunidad de un nuevo desarrollo económico y social para México*. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Instituto Geofísico del Ecuador (IGEPN). (2025). *Zona sísmica de la costa de Ecuador*.

<https://epn->

[ec.maps.arcgis.com/apps/dashboards/56d616b1634e4b19a22a035d03c267e9](https://epn-ec.maps.arcgis.com/apps/dashboards/56d616b1634e4b19a22a035d03c267e9)

Mena, D. y García, F. (2020). *Estimación del riesgo sísmico y elaboración de plan de mitigación en la zona centro del Cantón Eloy Alfaro (Durán)*. Escuela Superior Politécnica Del Litoral.

Vásquez, F., y Sánchez, P. (2022). *Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador*. Revista Politécnica, 50(1), 55–64.

<https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2024). Objetivos de Desarrollo Sostenible: *Infraestructura-Desarrollo sostenible*.

Montalvan, M., Tuarez, J., y Bustamante, S. (2024). *Estudio de materiales locales para la construcción de matrices metálicas en ecuador de acuerdo con su aplicación*. Revista Social Fronteriza. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(4\)348](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)348)

Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., y Garmendia, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Universidad del País Vasco.

McCormac, J. (2013). *Diseño de estructuras de acero*.

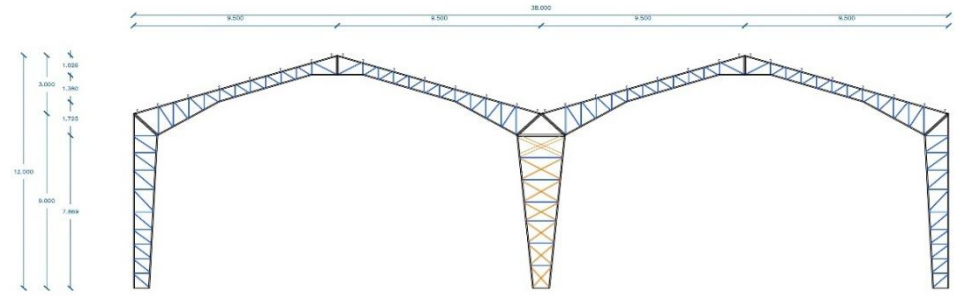
Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2013). *Clasificación de suelos en el Ecuador*. MAGAP

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Norma de diseño, Seguridad Estructural, Diseño Sismorresistente*.

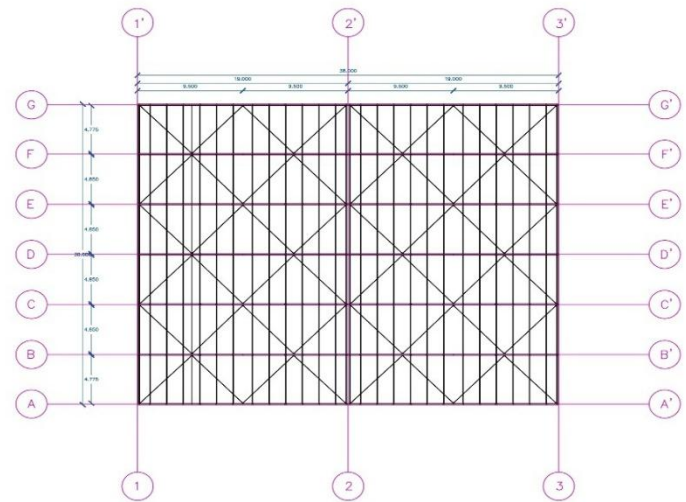
PLANOS Y ANEXOS

Plano 1

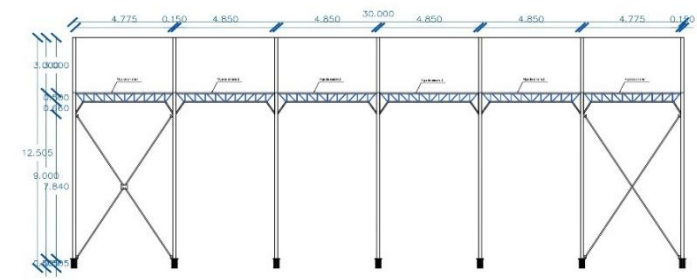
Vista Generales de Nave Industrial



Vista Frontal Nave Industrial



Vista en Planta Nave Industrial

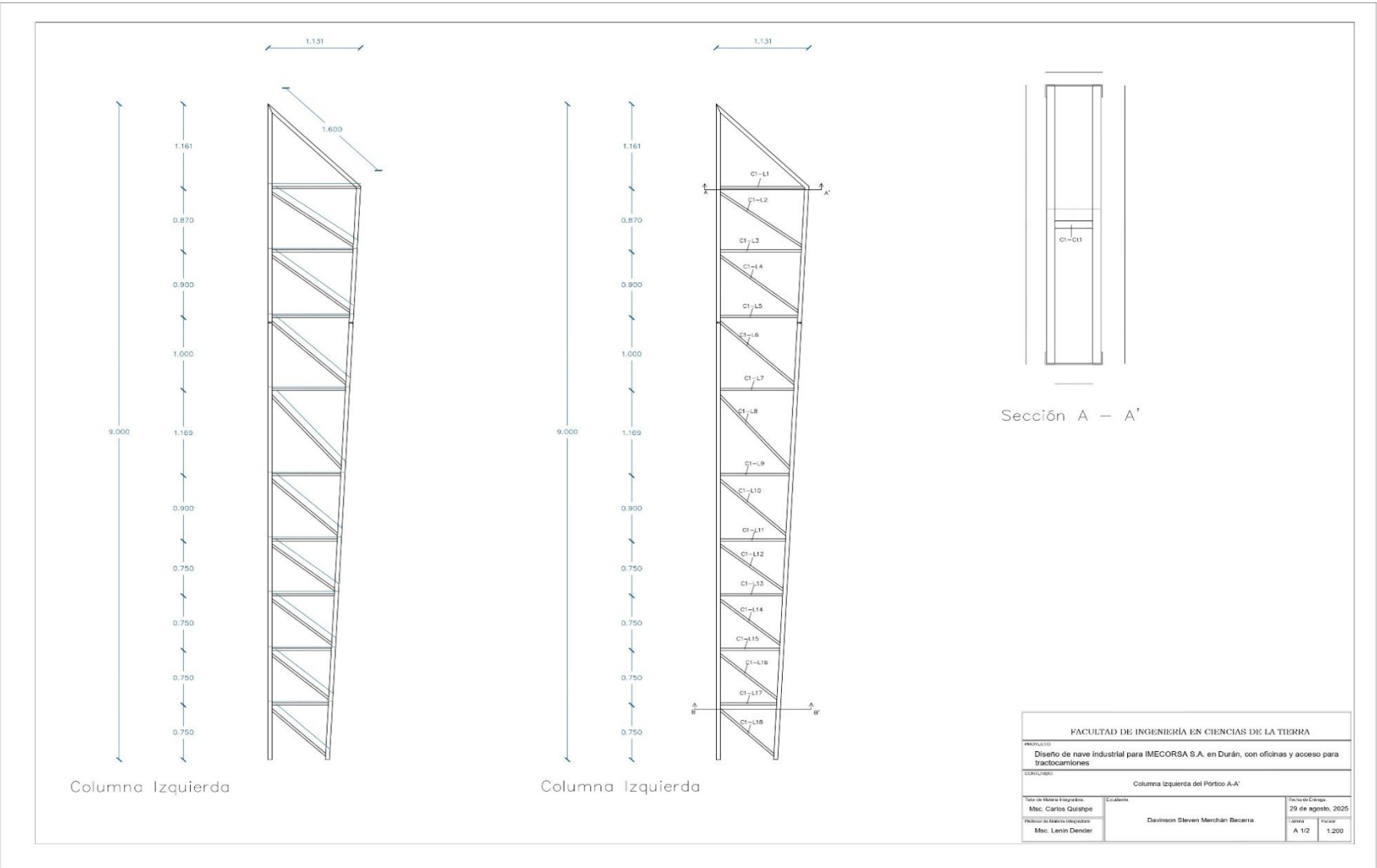


Vista Lateral Nave Industrial

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO:			
Diseño de nave industrial para IMECORSA S.A. en Durán, con oficinas y acceso para tractocamiones			
CONTENIDO:			
Vista Frontal, Vista Lateral y Vista en Planta			
Autor del Material Inicial:		Fecha de Presentación:	
Msc. Carlos Quishpe		29 de agosto, 2025	
Profesor de Materia Inicial:		Lema:	
Msc. Lenin Dander		A 1/1	
		Escala:	
		1:200	

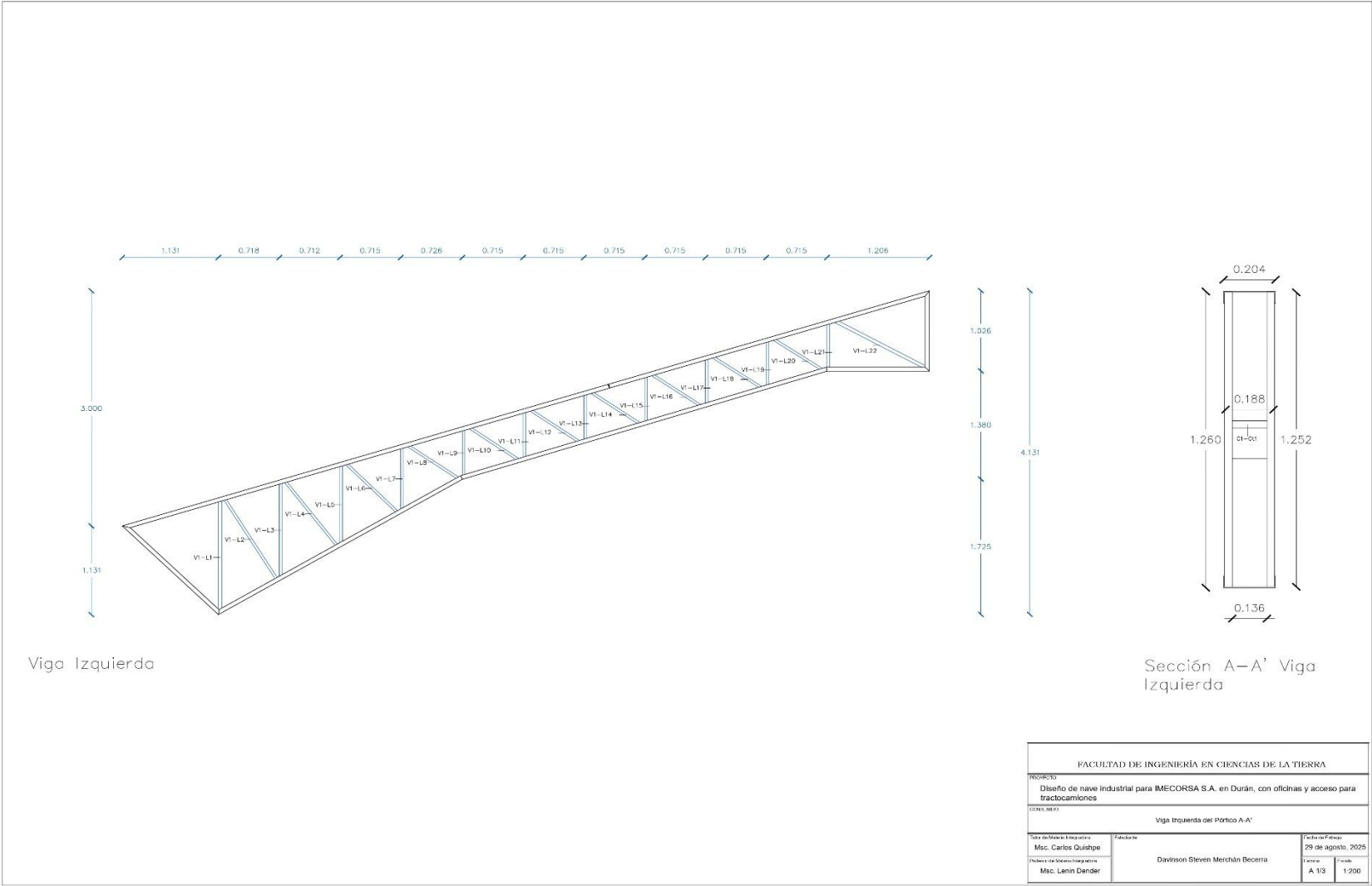
Plano 2

Plano Estructural 1



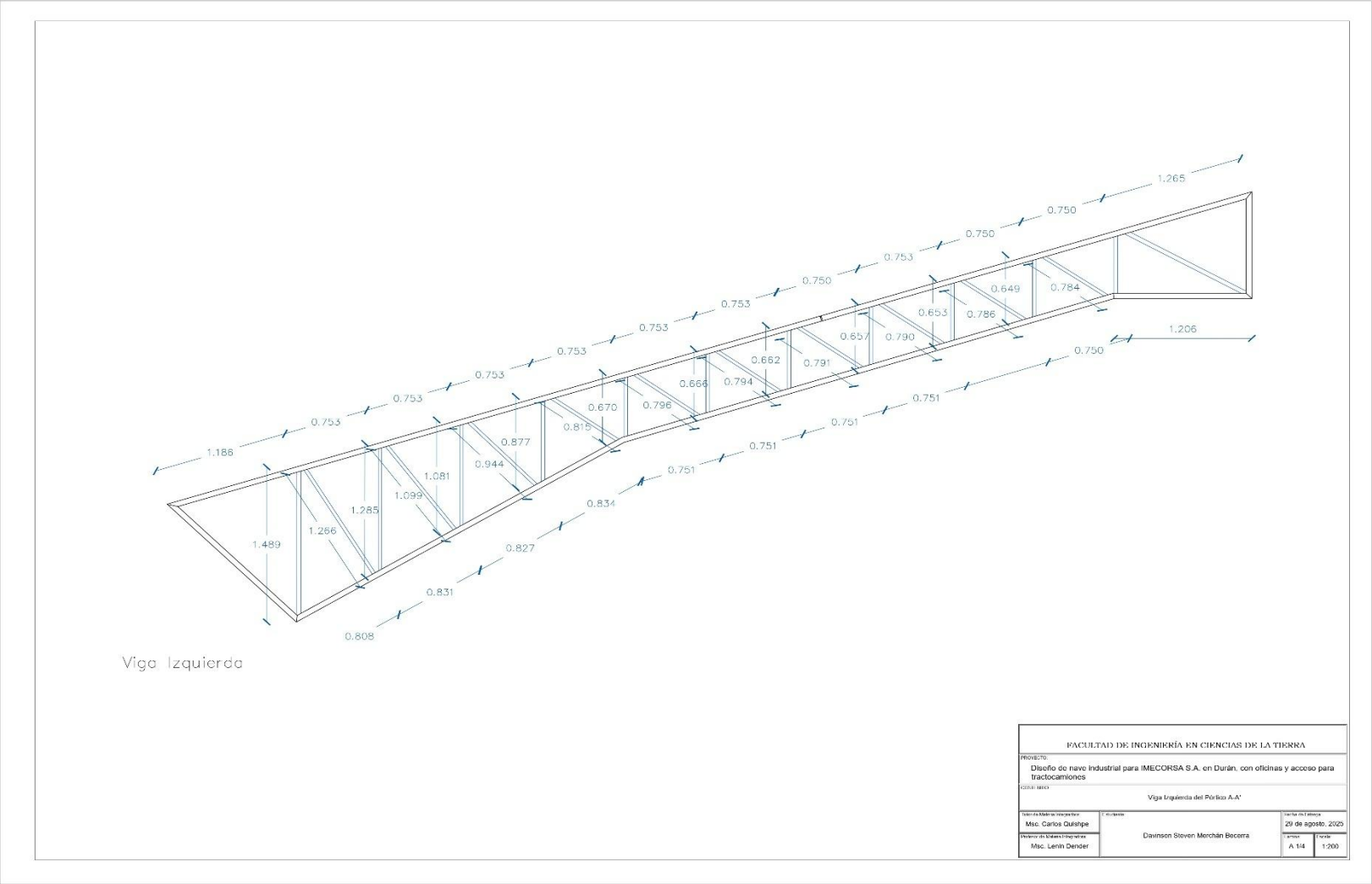
Plano 3

Plano Estructural 2



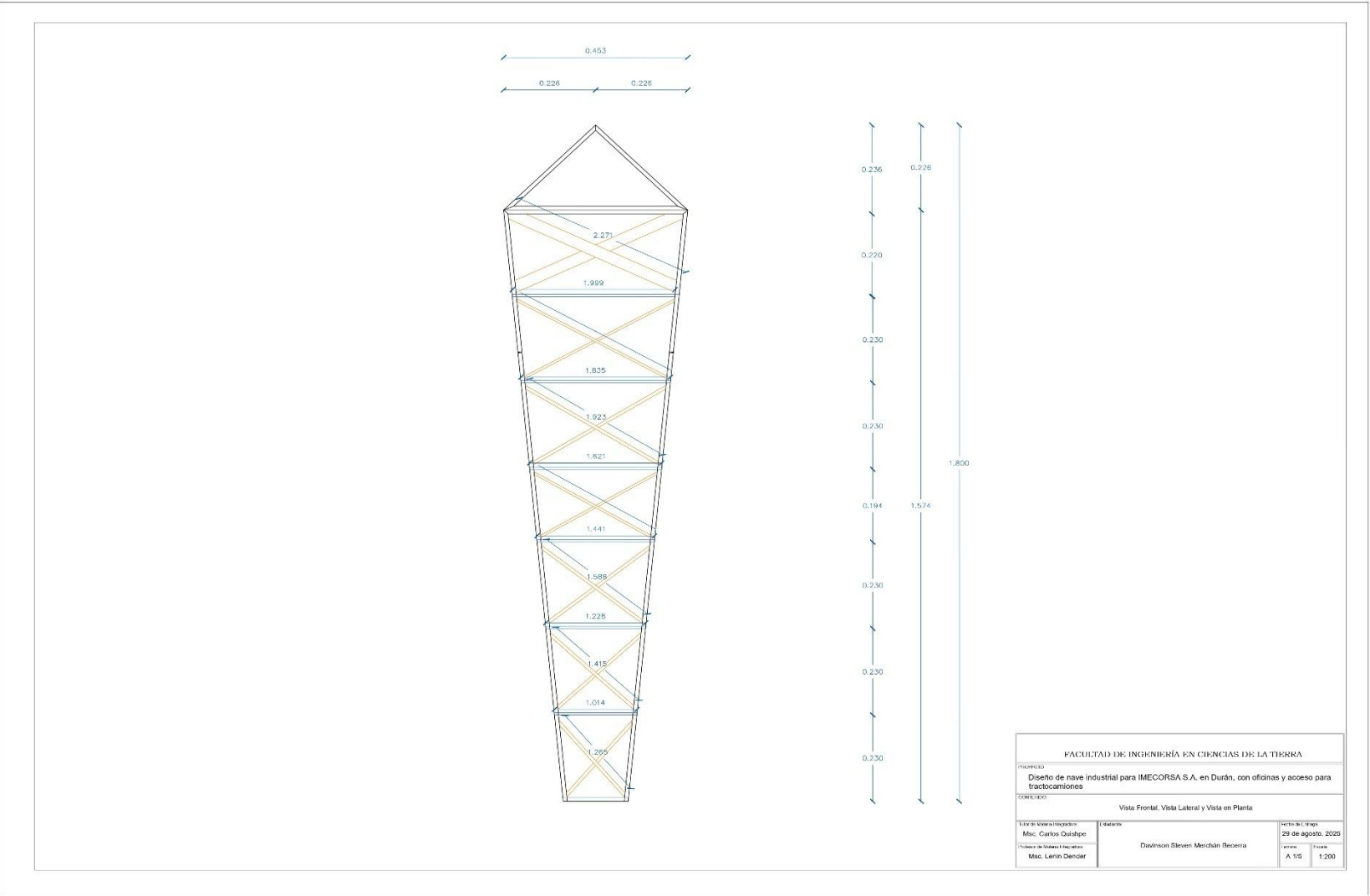
Plano 4

Plano Estructural 3



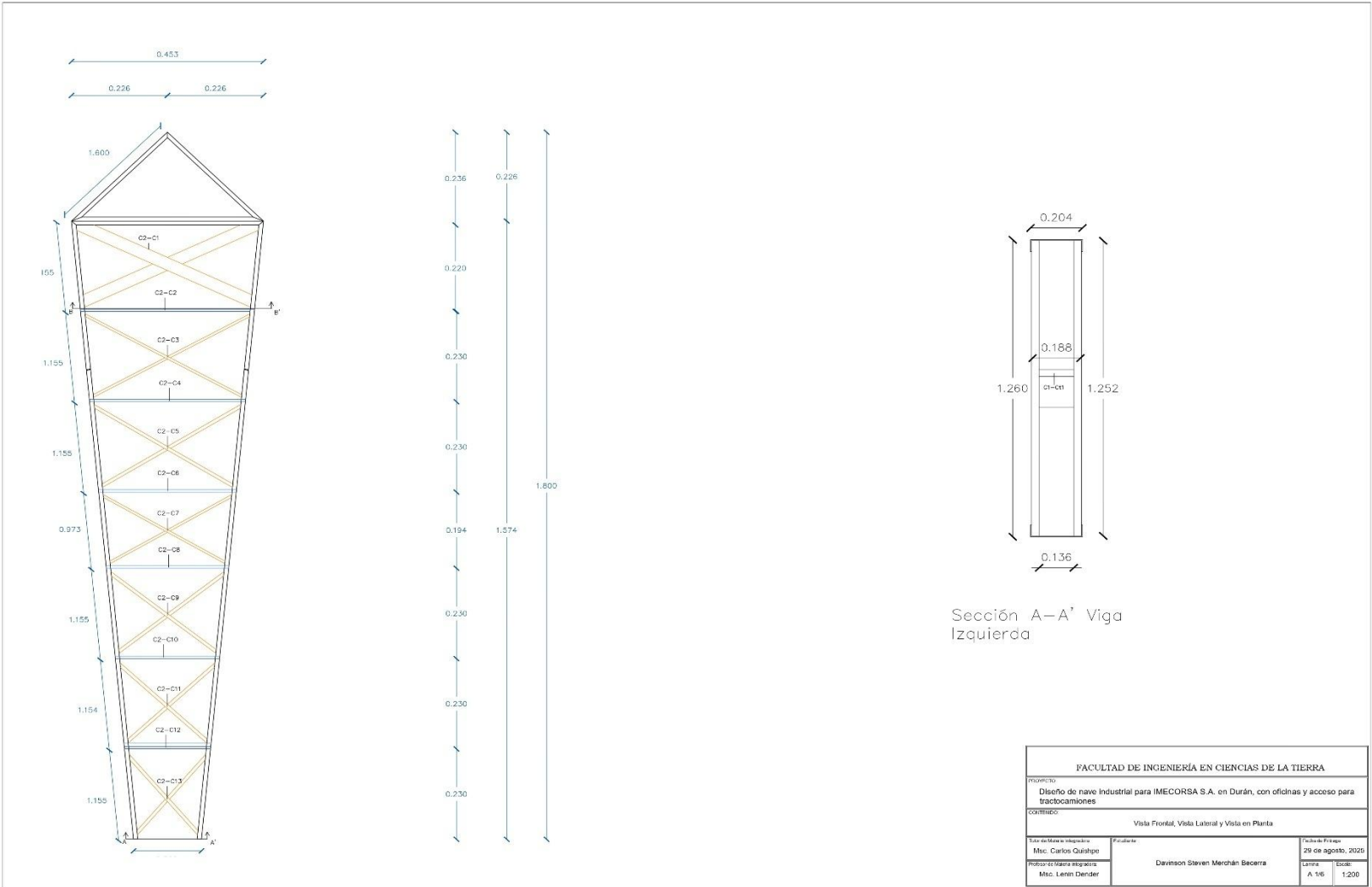
Plano 5

Plano Estructural 4



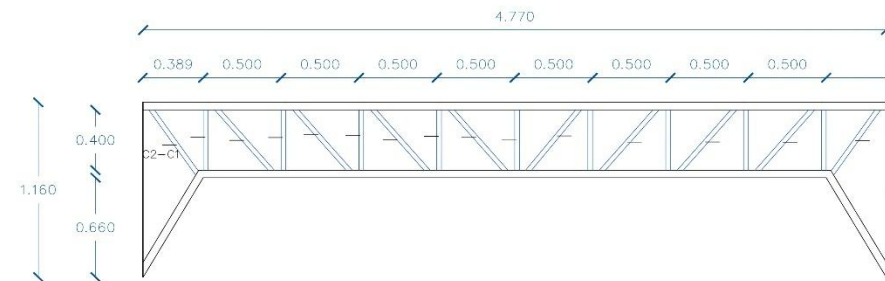
Plano 6

Plano Estructural 5

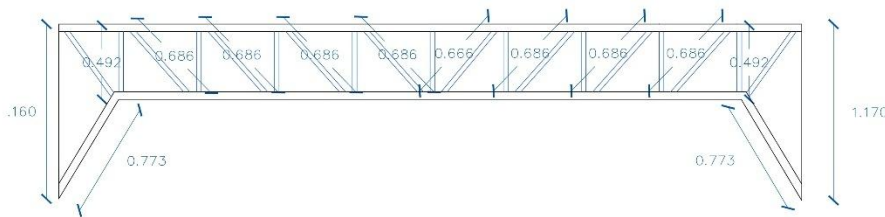


Plano 7

Plano Estructural 6



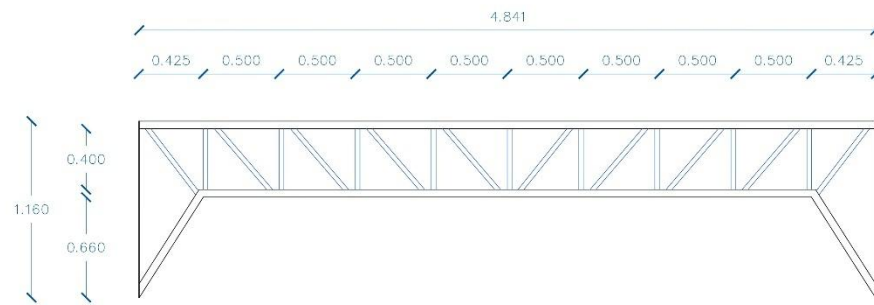
Viga de amarre esquinera 1-1'



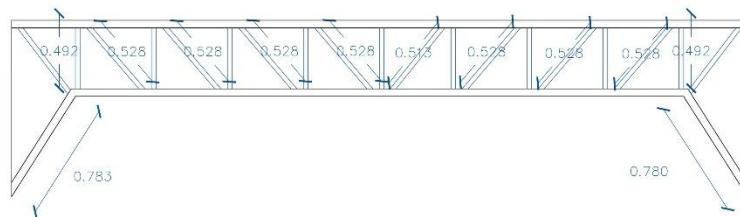
Viga de amarre esquinera 1-1'

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO			
Diseño de nave industrial para MECORSA S.A. en Durán, con oficinas y acceso para tractocamiones			
DETALLE			
Viga de amarre esquinera 1-1'			
Elaboró:		Revisó:	
Msc. Carlos Quispe		Ing. Erick	
Msc. Lenin Dander		Ing. A. 117	
Fecha:		Escala:	
29 de agosto, 2023		1:200	

Plano Estructural 7



Viga de amarre intermedia 1-1'

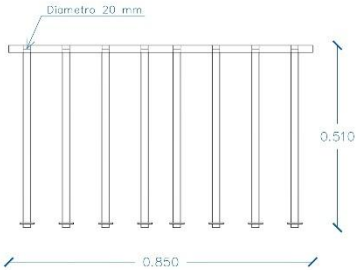


Viga de amarre intermedia 1-1'

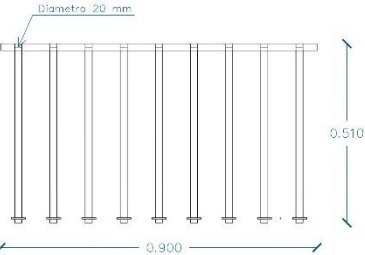
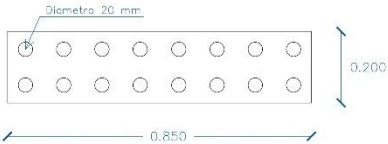
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO			
Diseño de nave industrial para IMECORSA S.A. en Durán, con oficinas y acceso para tractocamiones			
CONSEJO			
Viga de amarre intermedia 1-1'			
Elaboró: Mónica Espinoza Msc. Carlos Quispe	Revisó:	Davinson Steven Merián Becerra	Fecha de Entrega 29 de agosto, 2025
Revisó: Mónica Espinoza Msc. Lenin Dender			Aprobó: _____ A: 1/8 1/200

Plano 9

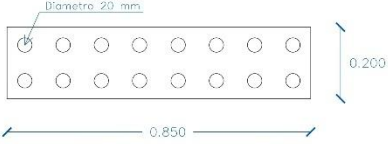
Plano Estructural 7



Placa Base Izquierda



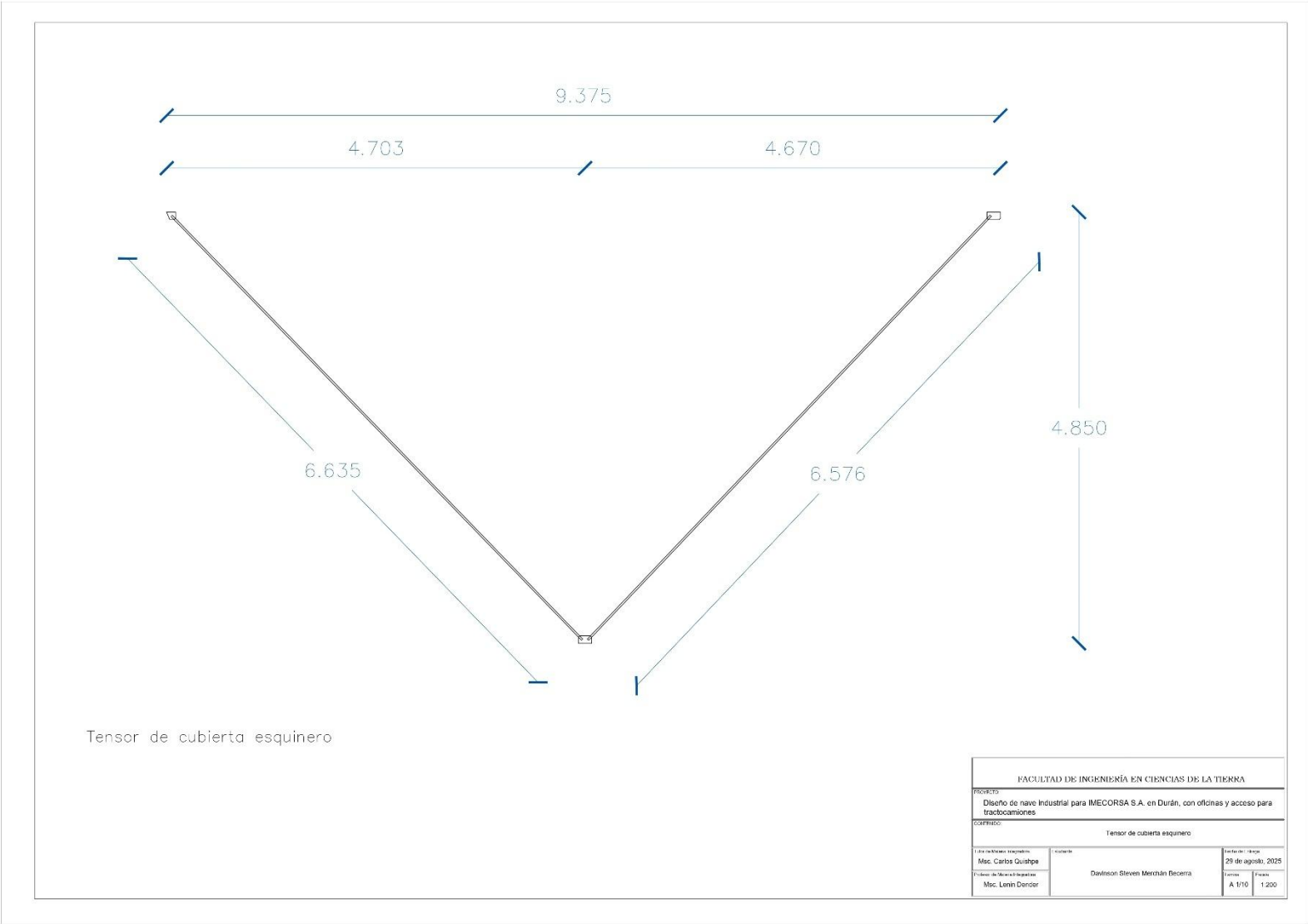
Placa Base Central



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
TÍTULO			
Diseño de nave industrial para IMECORSA S.A. en Durán, con oficinas y acceso para tractocamiones			
OBJETO			
Placa Base de columna izquierda y de columna central			
AUTOR	FECHA	FECHA DE IMPRIMIR	
		29 de agosto, 2023	
REVISOR	AUTOR	LÍNEA	ESCALA
Msc. Carlos Quiroga	Davison Steven Merchán Becerra	A 10	1:200
Msc. Lenin Denner			

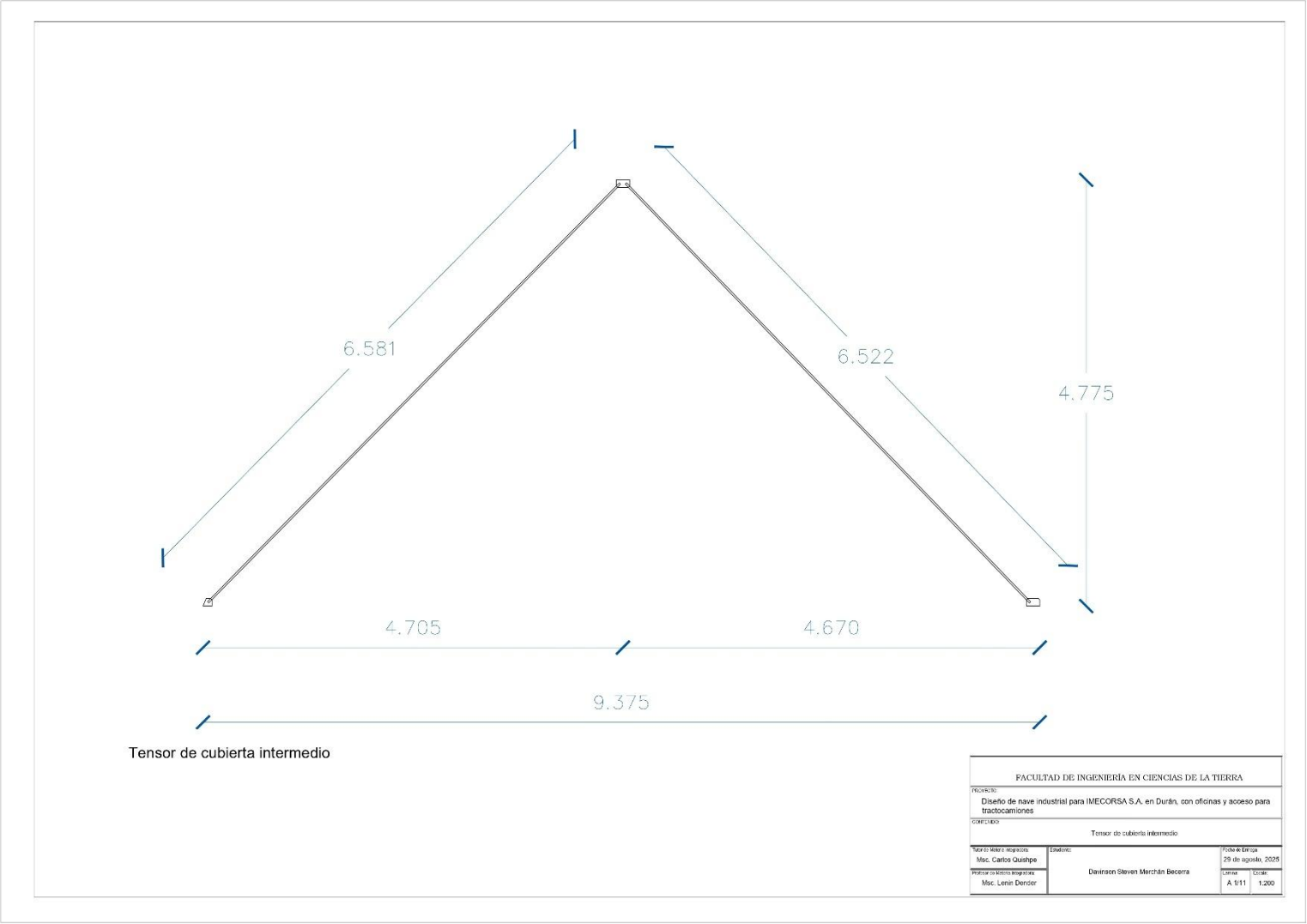
Plano 10

Plano Estructural



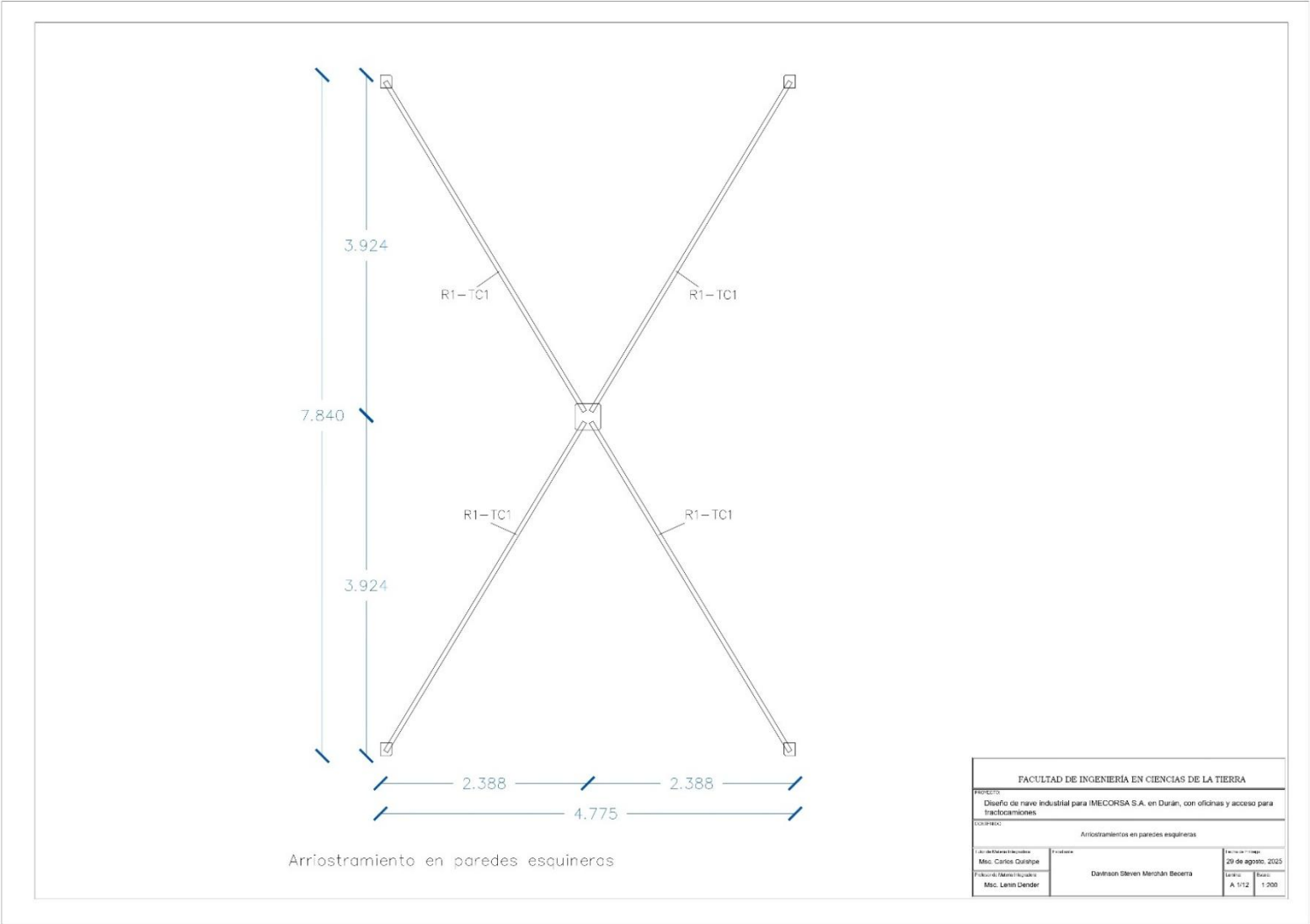
Plano 11

Plano Estructural 10



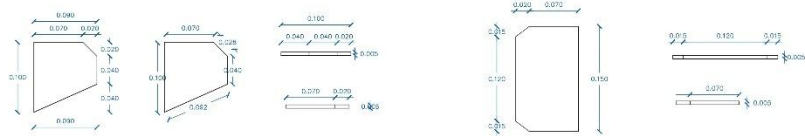
Plano 12

Plano Estructural 11



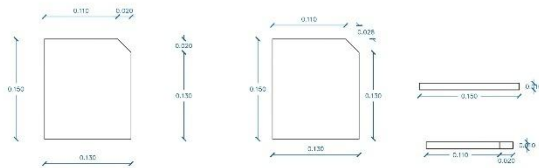
Plano 13

Plano Estructural 12

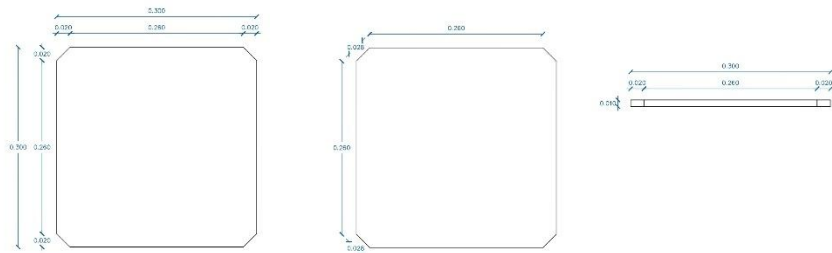


Placa esquinera de tensor de cubierta

Placa de unión de tensores de cubierta



Placa esquinera de arriostramiento



Placa Central de Arriostramiento

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
TÍTULO			
Diseño de nave industrial para IMECORSA S.A. en Durán, con oficinas y acceso para tractocamiones			
OBJETO			
Placas de tensores y de arriostramiento			
Trabajo de Ingeniería	Proyecto	Fecha de entrega	
Msc. Carlos Guzmán		29 de agosto, 2025	
Trabajo de Ingeniería	Proyecto	Lugar	
Msc. Lenin Dondor	Davidson Steven Merchán Becerra	A 1713 1.200	

Figura 36

Sistema SUCS

Tabla 4.2 Sistema unificado de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz núm. 75)

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 Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW
		Menos de 5% finos ^a	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	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 pasa a través del tamiz núm. 200	Límites limo y arcillas Límite líquido menor que 50	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW
		Menos de 5% finos ^b	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP
	Límites limo y arcillas Límite líquido 50 o más	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 altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico	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
		Orgánico	Límite líquido: secado < 0.75 ; vea la figura 4.2; zona OL	OL
			Límite líquido: no secado	
			Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CH
			Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH
Orgánico	Límite líquido: secado < 0.75 ; vea la figura 4.2; zona OH	OH		
	Límite líquido: no secado			

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

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

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

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

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

Nota. Tomado de Principles of geotechnical engineering [Fotografía] Braja, 2020

Figura 37

Gráfica de plasticidad

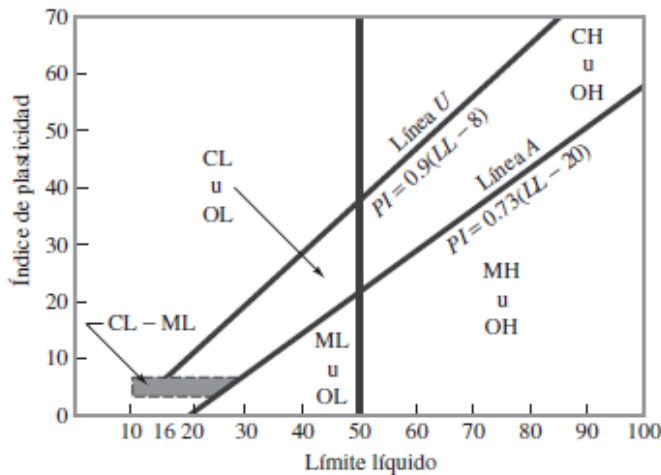


Figura 4.2 Gráfica de plasticidad

Nota. Tomado de Principles of geotechnical engineering [Fotografía] Braja, 2020

Figura 38

Nombre de Grupos

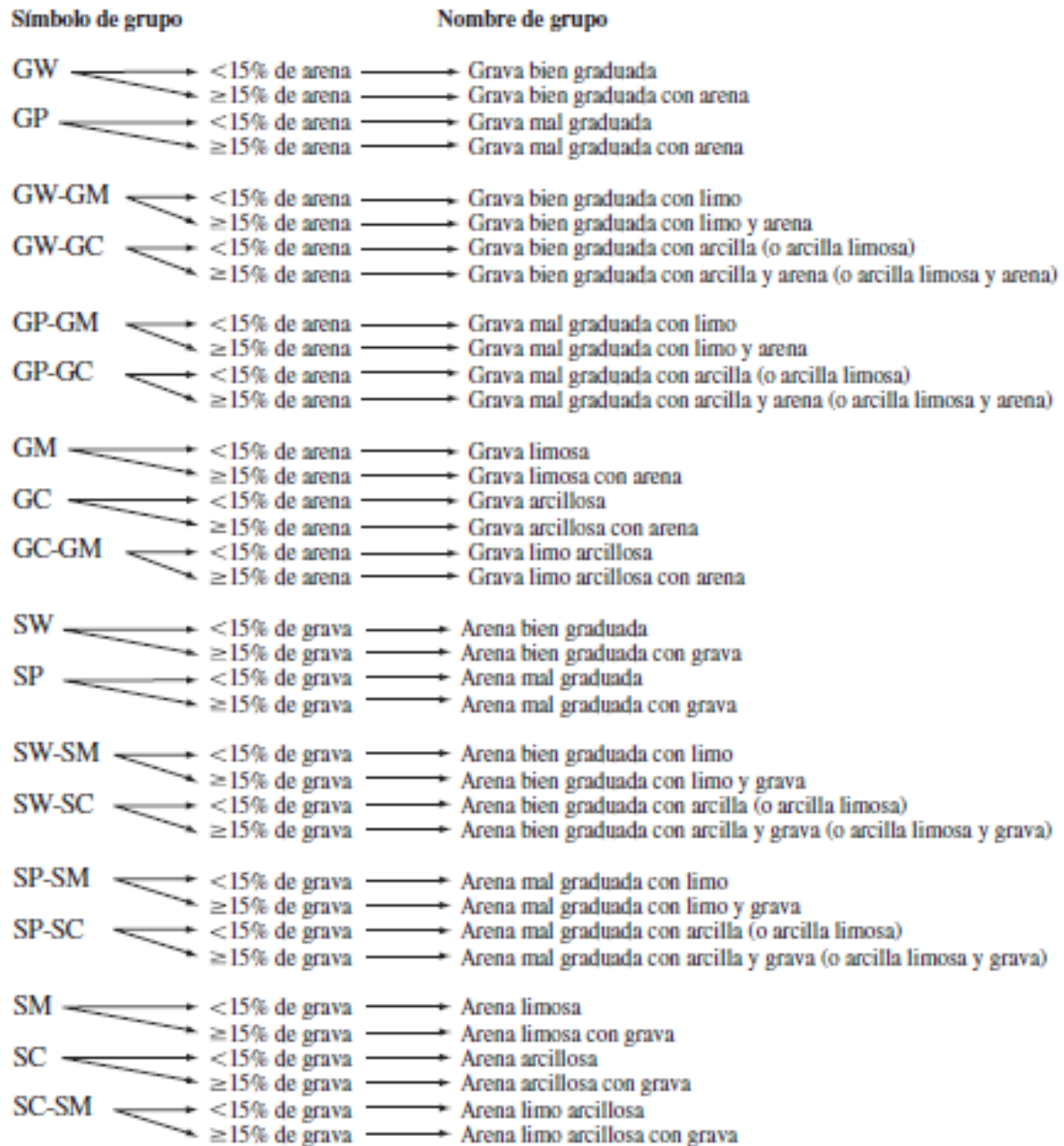


Figura 4.3 Diagrama de flujo para los nombres de los grupos de grava y arena del suelo (Reproducido con permiso del Libro Anual de Normas ASTM, 2010, copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428)

Nota. Tomado de Principles of geotechnical engineering [Fotografía] Braja, 2020

Figura 39

Diagrama de flujo de estratos finos

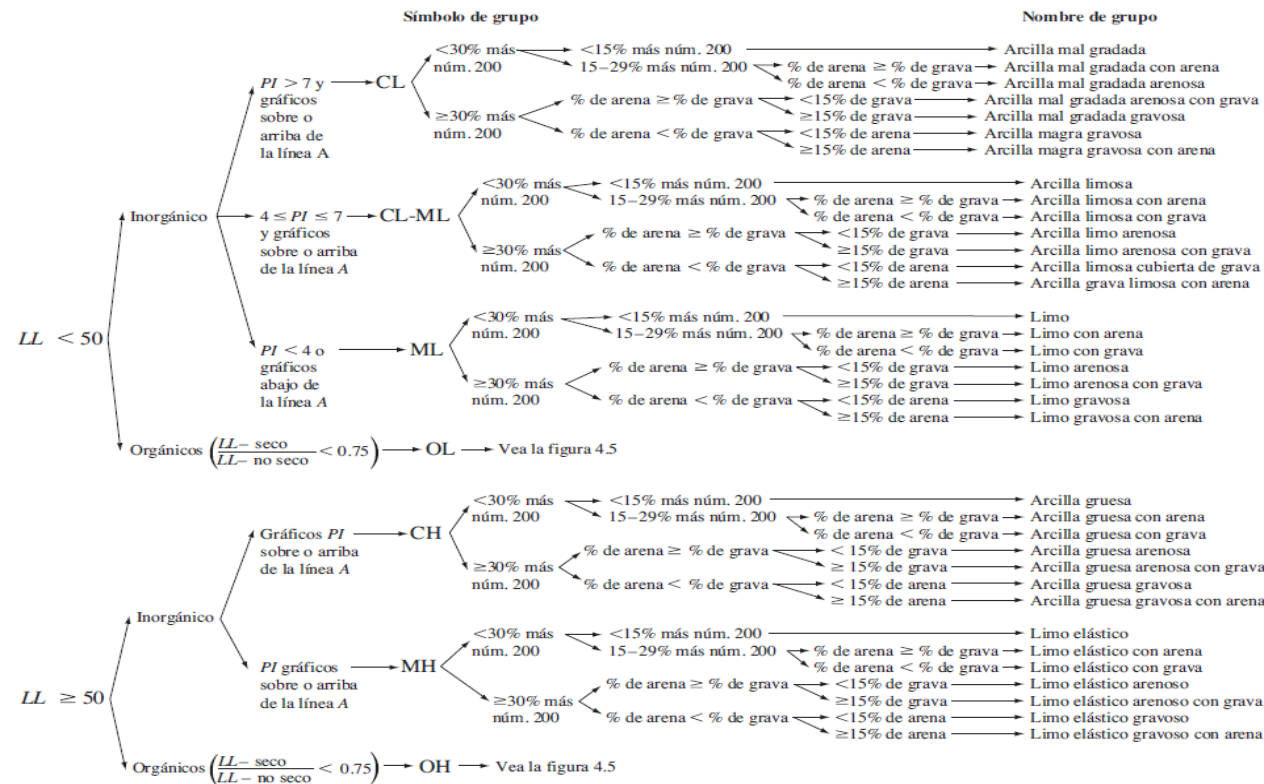


Figura 4.4 Diagrama de flujo de nombres de los grupos para limo inorgánico y suelos arcillosos (Reproducido con permiso del Libro Anual de Normas ASTM, 2010, copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428)

Nota. Tomado de Principles of geotechnical engineering [Fotografía] Braja, 2020

Figura 40

Prediseño 1

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad en Ciencias de la Tierra

Materia Integradora

Estudiante

Davinson Merchán

Dimensión de la Nave Industrial

De acuerdo a los requerimientos del cliente, la Nave Industrial tendrá una altura de 12 m en la parte de la cumbrera y 9 m de altura en la parte de la conexión de las columnas con la vigas que sostienen las cubiertas; un ancho de 38 m y profundidad de 120 m.

Los pórticos se encuentran separados a una distancia de 5 m. Esta propuesta va en base a las facilidades comerciales, principalmente con la obtención de correas.

$ln := 38 \text{ m}$ (Ancho de Nave Industrial)

$h := 12 \text{ m}$ Alto de Nave Industrial

$\alpha := 31.6\%$

$$\theta := \operatorname{atan}\left(\frac{3}{9.5}\right) = 17.526^\circ$$

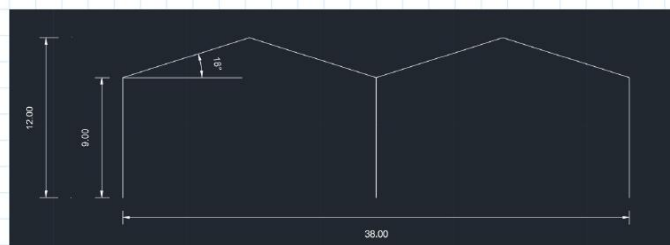


Figura 41

Prediseño 2

Cargas

Para la definición de cargas se debe tener en consideración las condiciones climáticas de la región Costa, en la cual su clima presencia de lluvias en la temporada de invierno

Carga Muerta (D): Esta carga es el resultado de la suma de las cargas de cubierta y peso de instalaciones eléctricas y mecánicas.

Carga Cubierta (W_c):

$$W_c := 3 \text{ psf}$$

$$W_c = 0.015 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

se toma en consideración a la Deck metal 18 gauge, se encuentra en la tabla Table C3.1-1a Minimum Design Dead Loads (psf) de la normativa ASCE 7-16

Corrugated asbestos-cement roofing	4
Deck, metal, 20 gauge	2.5
Deck, metal, 18 gauge	3
Decking, 2-in. wood (Douglas fir)	5

Carga Instalaciones (W_I):

$$W_I := 15 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$W_I = 0.015 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$D := W_c + W_I = 0.03 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

Valor de la Carga Muerta

Carga Viva (L): esta carga es el resultado de la suma entre las cargas de granizo, ceniza y de mantenimiento, pero debido a que el proyecto se realiza en la región Costa, solamente se considera la carga de Mantenimiento.

$$L := 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.071 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

Se obtiene de la tabla 9 de la NEC-CARGAS NO SÍSMICAS, es carga debido al mantenimiento

Sin embargo se tiene en consideración que en la sección 3.2.3 de la NEC-SE-CG 2015. se hace mención a la reducción de sobrecargas para cubiertas planas.

Figura 42

Prediseño 3

inclinadas y curvas, por lo que se tiene la siguiente ecuación, con sus respectivas tablas:

$L_r = L_o R_1 R_2$	
Dónde:	
L_r	Sobrecarga reducida de cubierta en proyección horizontal, en kN/m^2 ; $0.60 \leq L_r \leq 1$
L_o	Sobrecarga no reducida de cubierta en proyección horizontal, en kN/m^2
R_1 y R_2	Factores de reducción de conformidad con las Tabla 3 y Tabla 4

Condición	R_1
$A_T \leq 18.00 \text{ m}^2$	1
$18.00 \text{ m}^2 < A_T < 56.00 \text{ m}^2$	$1.2 - 0.011 A_T$
$A_T \geq 56.00 \text{ m}^2$	0.6

Tabla 3: factores de reducción R_1

Condición	R_2
$F \leq 33.33\%$	1
$33.33\% < F < 100\%$	$1.2 - 0.006 F$
$F \geq 100\%$	0.6

Tabla 4: factores de reducción R_2

Dónde:

- A_T es área tributaria soportada por el elemento.
- F es la pendiente de la cubierta

Se toma en cuenta que los pórticos son cada 5 m y las correas es cada 1.4 m

$$A_T := 5 \text{ m} \cdot 1.4 \text{ m} = 7 \text{ m}^2$$

$$R_1 := 1 \quad R_2 := 1$$

$$CL := L \cdot R_1 \cdot R_2 = 71.38 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Finalmente, encontramos el valor de carga que se usará debido a las combinaciones del método ASD..

$$C := D + L = 101.027 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$C_{\text{prediseño}} := \max(C) = 101.027 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

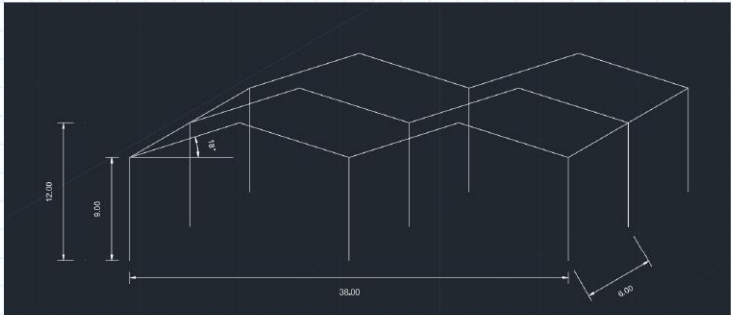
$$C_{\text{prediseño}} = 0.101 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

Figura 43

Prediseño 4

Predimensionamiento

Para el desarrollo del predimensionamiento se toma en consideración el ancho colaborante, que es la separación entre pórticos, y obtener los valores de carga lineal



$$a_{\text{colaborante}} := 5 \text{ m}$$

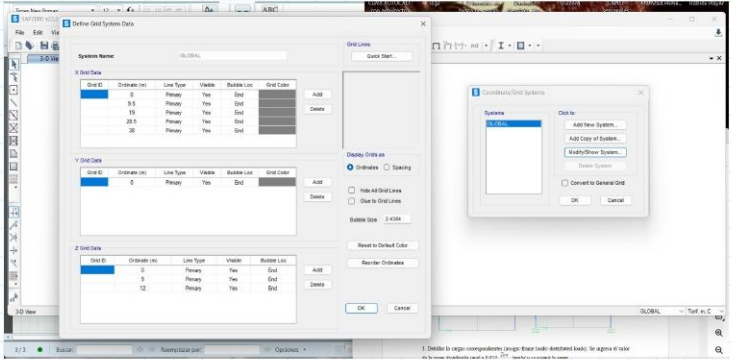
$$\text{carga}_{\text{distribuida}} := C_{\text{prediseño}} \cdot a_{\text{colaborante}} = 505.137 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

En ton/m es:

$$\text{carga}_{\text{distribuida}} = 0.505 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

Se procede a desarrollar los cálculos respectivos en el programa SAP 2000

- Se configura la grilla en el programa:



- Se asignan los respectivos elementos del pórtico

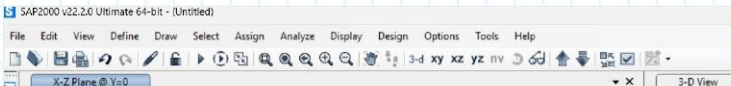
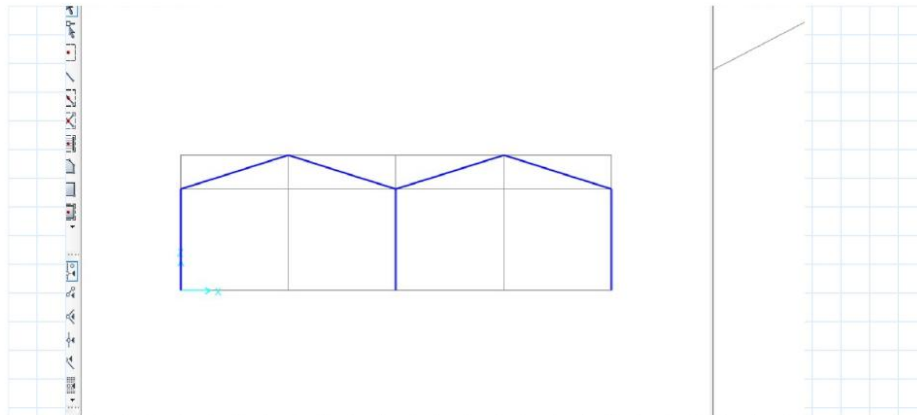
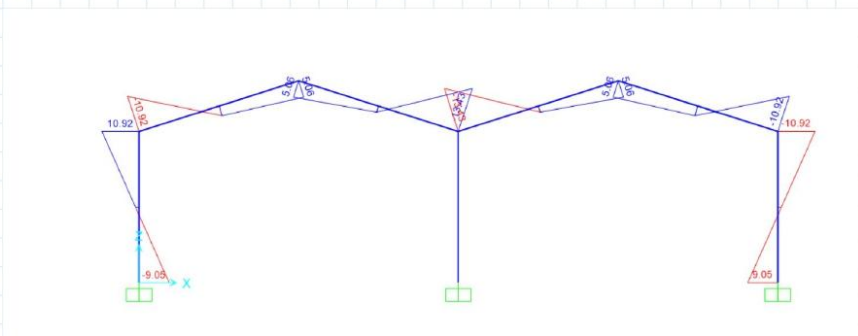


Figura 44

Prediseño 5



3. Colocamos el valor de carga lineal



4. Definimos la carga Muerta en Define>Load Patterns y en DEAD, modificamos el coeficiente de 1 lo pasamos a 0

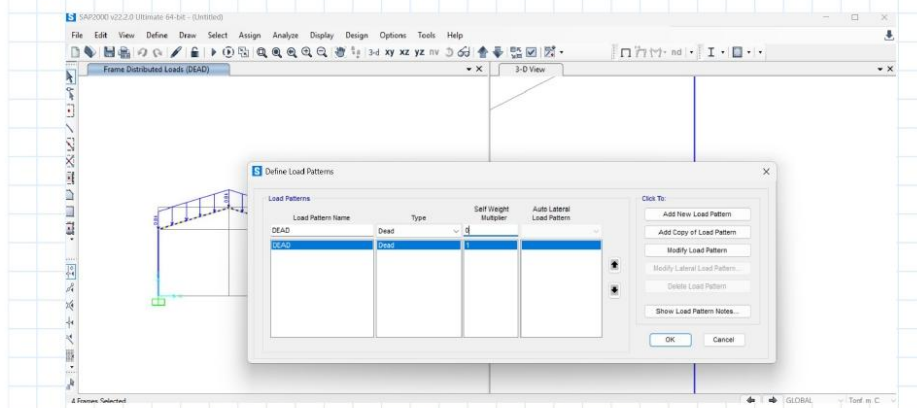
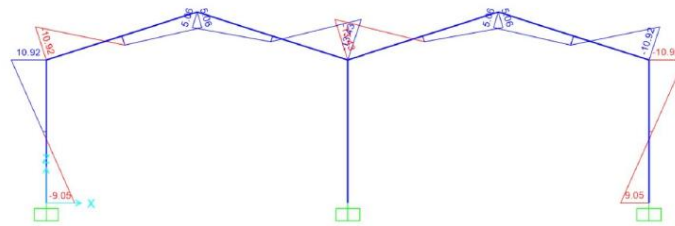


Figura 45

Prediseño 6

5. Se corre el programa



SELECCIÓN DE PERFIL "C" PARA LOS CORDONES

En base al punto donde se desarrolla mayor momento se escogerá el perfil a emplear para la Nave Industrial, en este caso se dará en la parte central superior de la misma, con este valor de momento se obtendrá primeramente un valor para la diagonal (d), ya que en esta distancia se dará tensión.

$$d := \frac{\left(\frac{ln}{2}\right)}{12} = 1.583 \text{ m}$$

$$d := \text{Round}(d, 0.4 \text{ m}) = 1.6 \text{ m}$$

- Fink (triangular) trusses are more commonly used for the roof of houses and can span a distance 8-20m.
- Trusses with N shaped diagonals can span a distance 15-30m.
- Trusses with N shaped diagonals and secondary members can span a distance 30-50m. We use secondary members in order to create loading points and reduce the buckling length of the diagonals under compression.
- There are trusses where their top and bottom chords are parallel to each other. In this case, the distance, H, between the chords should be $L/15$ to $L/10$.

$$M_{max} := 13.43 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Por medio de una regla de 3 obtendremos las separaciones de los cordones de la base de la columna y de la conexión que existen entre vigas

Base columna central

$$M_1 := M_{max} = 13.43 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad d = 1.6 \text{ m}$$

$$M_4 := 9.05 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$x := \frac{M_4 \cdot d \cdot \cos(45^\circ)}{M_1} = 0.762 \text{ m}$$

$$x_1 := \text{Round}(x, 0.2 \text{ m}) = 0.8 \text{ m}$$

Unión Viga-Viga cumbrera

Figura 46.

Prediseño 7

$M_1 = 13.43 \text{ tonnef} \cdot m$	$d = 1.6 \text{ m}$
$M_2 := 5.06 \text{ tonnef} \cdot m$	$x := \frac{M_2 \cdot d \cdot \sin(45^\circ)}{M_1} = 0.426 \text{ m}$
	$x_2 := \text{Round}(x, 0.45 \text{ m}) = 0.45 \text{ m}$
Unión Viga-columna lateral	
$M_2 = 5.06 \text{ tonnef} \cdot m$	$h_2 := \sqrt{x_2^2 + x_2^2} = 0.636 \text{ m}$
$M_3 := 10.92 \text{ tonnef} \cdot m$	$x := \frac{M_4 \cdot h_2}{M_2} = 1.138 \text{ m}$
	$x_3 := \text{Round}(x, 0.2 \text{ m}) = 1.2 \text{ m}$
Base	
$M_3 = 10.92 \text{ tonnef} \cdot m$	$h_3 := x_3 = 1.2 \text{ m}$
$M_4 = 9.05 \text{ tonnef} \cdot m$	$x := \frac{M_4 \cdot h_3 \cdot \cos(45^\circ)}{M_3} = 0.703 \text{ m}$
	$x_4 := \text{Round}(x, 0.375 \text{ m}) = 0.75 \text{ m}$
Debido a que este peralte del tramo de nuestra viga, es mayor, se opta por mantener una simetría con respecto a los peraltes de las uniones vigas-columnas de los extremos, por lo tanto d tiene una longitud de 0.84 m pero en este tramo se requerirá un mayor reforzamiento	
$d = 1.6 \text{ m}$	$M_1 = 13.43 \text{ tonnef} \cdot m$
$x_1 = 0.8 \text{ m}$	$M_2 = 5.06 \text{ tonnef} \cdot m$
$x_2 = 0.45 \text{ m}$	$M_3 = 10.92 \text{ tonnef} \cdot m$
$x_3 = 1.2 \text{ m}$	$M_4 = 9.05 \text{ tonnef} \cdot m$
$x_4 = 0.75 \text{ m}$	

Figura 47

Prediseño 8

Se debe considerar que a menor peralte, las fuerzas de compresión y de compresión aumentan, lo que es preferible, comprobar con la menor distancia obtenida en los peraltes, y a su vez, evaluar al momento menor, de preferencia que sea el que se encuentra en la cumbrera del pórtico, ya que puede dar un valor de área aceptable.

$$F := \frac{\min(M_1, M_2, M_3, M_4)}{\min(d, x_1, x_2, x_3, x_4)} = 11.244 \text{ tonnef}$$

Consideramos Perfiles C del material ASTM A-36, método ASD:

$$fy := 36 \text{ ksi}$$

$$fy = 2.531 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_t := 0.6 \cdot fy = 1.519 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2} \quad \text{tensión}$$

$$\sigma_c := 0.4 \cdot fy = 1.012 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2} \quad \text{compresión}$$

Entonces el área es obtenida:

$$A := \frac{F}{\sigma_t} = 7.404 \text{ cm}^2$$

De acuerdo al catalogo en DIPAC se escoge el perfil C 100x50x4

Prediseño 9

CAÑALES "U"

PROFAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

PERFILES ESTRUCTURALES
CAÑALES "U"

Especificaciones Generales

Norma:	BS EN 1202-2000
Perfil:	Perfiles soldados
Material:	Aluminio
Alcance normal:	60 mm
Alcance máximo:	120 mm
Interno:	Interno
Externo:	Externo
Acabado:	Acabado láminas laminadas
Clase:	Clase 1

PROFAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

CAÑALES "U"

DIMENSIONES				PERFOS		TIPOS		TIPOS			
A	B	h	h ₁	W	H	W	H	W	H		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
50	20	7.66	1.31	1.69	4.20	1.28	1.38	1.00	0.82	0.50	0.79
50	25	8.82	1.47	1.81	4.84	1.40	1.55	1.10	0.92	0.60	0.92
50	30	12.372	2.322	2.59	5.708	1.80	2.00	1.27	1.05	0.76	1.07
50	35	10.62	1.97	2.24	5.00	1.60	1.75	1.10	0.95	0.65	0.95
60	30	15.254	2.59	3.10	7.505	1.85	2.04	1.34	1.10	0.85	0.99
60	35	13.56	2.20	4.20	6.50	1.70	1.90	1.20	1.00	0.75	1.00
80	40	14.46	2.41	3.09	5.60	1.71	1.91	1.37	1.18	0.88	1.06
80	45	21.24	3.54	4.50	8.00	1.80	2.12	1.70	1.45	1.05	1.24
80	46	27.66	4.61	5.87	10.50	1.90	2.37	2.12	1.55	1.20	1.29
80	48	34.08	5.74	7.14	12.87	1.97	2.50	2.40	1.83	1.25	1.33
80	49	40.50	6.74	8.42	14.53	1.98	2.52	2.60	1.88	1.25	1.33
100	50	18.24	2.41	3.87	6.200	1.20	2.30	1.52	1.26	0.88	1.04
100	55	19.48	4.48	5.14	6.50	1.40	2.40	1.67	1.37	1.00	1.09
100	58	15.22	3.87	7.47	13.208	1.28	2.30	1.80	1.50	1.05	1.14
100	60	14.20	7.20	8.91	13.608	1.50	2.35	2.00	1.71	1.18	1.06
100	65	51.86	8.63	17.524	11.05	1.79	2.54	2.74	2.32	1.53	1.53
100	68	36.28	6.90	13.02	10.50	1.80	2.50	2.10	1.80	1.20	1.20
100	69	44.88	7.81	8.94	13.02	1.80	2.50	2.30	1.94	1.40	1.40
100	71	57.17	8.62	13.02	10.50	1.80	2.50	2.30	1.94	1.40	1.40
100	76	74.40	12.40	14.20	14.52	2.10	2.70	3.27	2.53	1.82	2.06
100	78	60.88	9.63	14.52	14.52	2.10	2.70	3.27	2.53	1.82	2.06
125	70	32.40	5.67	6.45	22.00	1.90	4.38	1.50	4.02	1.52	1.24
125	74	39.60	6.45	8.47	22.00	2.10	4.50	1.60	4.24	1.61	1.29
125	78	48.34	8.48	10.48	27.00	1.90	4.75	1.60	4.48	1.70	1.34
125	80	55.90	9.86	12.22	26.00	1.80	4.20	1.50	4.02	1.52	1.24
125	85	63.10	8.91	11.44	26.00	1.80	4.20	1.50	4.02	1.52	1.24
125	90	84.92	10.52	13.97	29.00	1.80	4.48	1.50	4.24	1.61	1.29
125	95	84.00	12.40	15.70	29.00	1.80	4.48	1.50	4.24	1.61	1.29
125	100	78.64	12.74	15.92	28.00	1.80	4.38	1.50	4.02	1.52	1.24
125	105	89.20	10.52	16.00	32.02	1.80	4.48	1.50	4.24	1.61	1.29
125	110	100.80	12.74	16.00	32.02	1.80	4.48	1.50	4.24	1.61	1.29
125	115	112.40	14.96	18.20	32.02	1.80	4.48	1.50	4.24	1.61	1.29
150	80	32.06	5.84	20.21	27.622	1.90	4.50	1.50	4.02	1.52	1.24
150	85	42.62	6.41	24.02	31.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	90	53.96	7.64	26.20	32.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	95	64.64	7.61	24.15	32.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	100	75.92	9.17	17.00	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	105	86.20	11.30	19.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	110	96.30	13.00	21.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	115	106.40	14.70	23.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	120	116.50	16.40	25.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	125	126.60	18.10	27.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	130	136.70	19.80	29.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	135	146.80	21.50	31.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	140	156.90	23.20	33.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	145	167.00	24.90	35.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	150	177.10	26.60	37.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	155	187.20	28.30	39.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	160	197.30	30.00	41.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	165	207.40	31.70	43.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	170	217.50	33.40	45.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	175	227.60	35.10	47.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	180	237.70	36.80	49.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	185	247.80	38.50	51.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	190	257.90	40.20	53.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	195	268.00	41.90	55.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	200	278.10	43.60	57.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	205	288.20	45.30	59.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	210	298.30	47.00	61.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	215	308.40	48.70	63.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	220	318.50	50.40	65.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	225	328.60	52.10	67.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	230	338.70	53.80	69.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	235	348.80	55.50	71.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	240	358.90	57.20	73.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	245	369.00	58.90	75.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	250	379.10	60.60	77.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	255	389.20	62.30	79.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	260	399.30	64.00	81.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	265	409.40	65.70	83.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	270	419.50	67.40	85.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	275	429.60	69.10	87.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	280	439.70	70.80	89.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	285	449.80	72.50	91.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	290	459.90	74.20	93.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	295	469.00	75.90	95.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	300	479.10	77.60	97.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	305	489.20	79.30	99.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	310	499.30	81.00	101.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	315	509.40	82.70	103.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	320	519.50	84.40	105.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	325	529.60	86.10	107.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	330	539.70	87.80	109.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	335	549.80	89.50	111.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	340	559.90	91.20	113.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	345	569.00	92.90	115.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	350	579.10	94.60	117.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	355	589.20	96.30	119.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	360	599.30	98.00	121.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	365	609.40	99.70	123.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	370	619.50	101.40	125.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	375	629.60	103.10	127.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	380	639.70	104.80	129.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	385	649.80	106.50	131.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	390	659.90	108.20	133.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	395	669.00	109.90	135.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	400	679.10	111.60	137.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	405	689.20	113.30	139.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	410	699.30	115.00	141.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	415	709.40	116.70	143.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	420	719.50	118.40	145.40	35.00	1.90	4.75	1.60	4.24	1.61	1.29
150	425	729.60	120.10								

Selección de perfil para celosías en viga y columna

Para las celosías de las vigas, se considera el diagrama de cortante, siendo:

$$V_1 := 4.26 \text{ tonnef}$$

Se procede al cálculo de la Fuerza que actúa en el elemento:

$$Fdv_1 := \frac{V_1}{\sin(77^\circ)} = 4.372 \text{ tonnef}$$

$$Fdv_2 := \frac{V_1}{\sin(72^\circ)} = 4.479 \text{ tonne}$$

$$Fdv_3 := \frac{V_1}{\sin(60^\circ)} = 4.919 \text{ tonnef}$$

$$Fdv_4 := \frac{V_1}{\sin(55^\circ)} = 5.2 \text{ tonnef}$$

$$Fdv_5 := \frac{V_1}{\sin(54^\circ)} = 5.266 \text{ tonnef}$$

Figura 49

Prediseño 10

$$Fdv_6 := \frac{V_1}{\sin(45^\circ)} = 6.025 \text{ tonnef}$$

El ángulo de las celosías será variado ya que se considera respetar el criterio de mantener las celosías verticales en la misma posición en la que se encuentran las correas de la cubierta, para que las cargas reposen en dichas posiciones d

$$Fdv_T := \max(Fdv_1, Fdv_2, Fdv_3, Fdv_4, Fdv_5, Fdv_6) = 6.025 \text{ tonnef}$$

$$A_{c1} := \frac{Fdv_T}{2 \cdot 0.6 \cdot fy} = 1.984 \text{ cm}^2$$

En vigas:

- Para las celosías en viga, se necesitan 2 perfiles L30x30x4.

En columna:

Las celosías son colocadas a ángulos de 56°

$$V_c := 2.22 \text{ tonnef}$$

$$Fdc_1 := \frac{V_c}{\cos(31^\circ)} = 2.59 \text{ tonnef}$$

$$Fdc_2 := \frac{V_c}{\cos(57^\circ)} = 4.076 \text{ tonnef}$$

$$A_d := \frac{\max(Fdc_1, Fdc_2)}{2 \cdot 0.6 \cdot fy} = 1.342 \text{ cm}^2$$

Se escoge el perfil L30x30x4 para las celosías que serán colocadas en las columnas

Prediseño 11

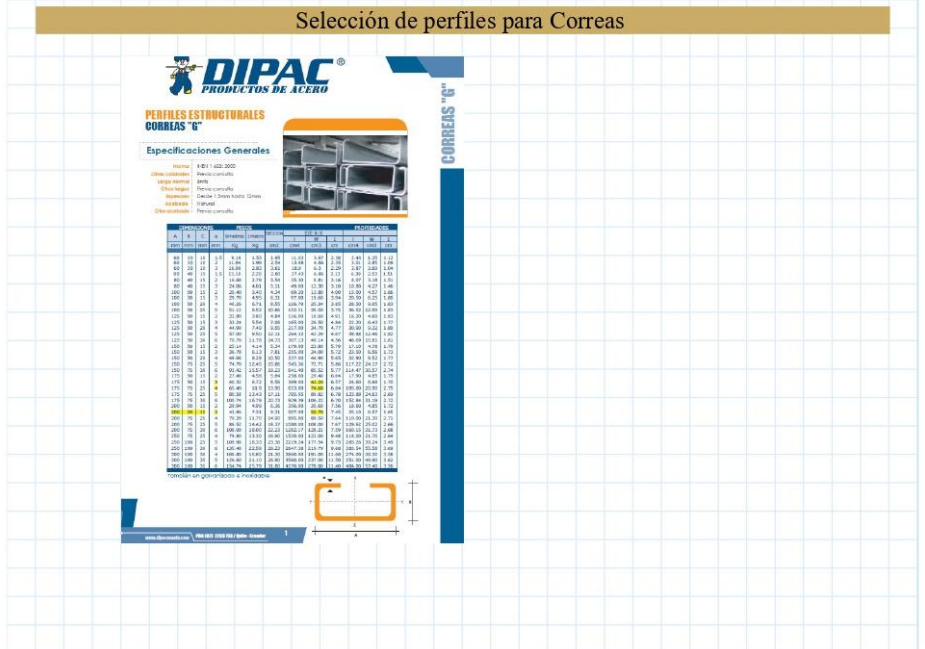


Figura 51

Prediseño 12

Dimensiones

$$\text{Peso} := 3.38 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad l1 := 1.5 \text{ m} \quad \text{separación de correas}$$
$$L_{\text{marc}} := 5 \text{ m}$$
$$W_{\text{longitudinal}} := C_{\text{prediseño}} \cdot l1 = 0.152 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$
$$M_1 := \frac{W_{\text{longitudinal}} \cdot (L_{\text{marc}})^2}{8} = 0.474 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$
$$M_2 := \frac{W_{\text{longitudinal}} \cdot (L_{\text{marc}})^2}{32} = 0.118 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$
$$\theta = 17.526 \text{ deg} \quad \text{ángulo de inclinación}$$
$$Mx := M_1 \cdot \cos(\theta) = 0.452 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad My := M_2 \cdot \sin(\theta) = 0.036 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$
$$\sigma_t := 0.6 \cdot fy = (1.519 \cdot 10^3) \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad Sx := \frac{Mx}{\sigma_t} = 29.736 \text{ cm}^3 \quad Sy := \frac{My}{\sigma_t} = 2.348 \text{ cm}^3$$

Se considera la correa G150x50x20x4

$$Sx_{\text{correa}} := 44.90 \text{ cm}^3 \quad Sy_{\text{correa}} := 9.52 \text{ cm}^3$$
$$\frac{Mx}{Sx_{\text{correa}}} + \frac{My}{Sy_{\text{correa}}} = (1.38 \cdot 10^3) \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$
$$\text{Result} := \text{if} \left(\sigma_t \geq \frac{Mx}{Sx_{\text{correa}}} + \frac{My}{Sy_{\text{correa}}}, \text{"OK"}, \text{"NO OK"} \right) = \text{"OK"}$$

El perfil para las correas, será un Perfil G150x50x20x4

Figura 52

Prediseño 13

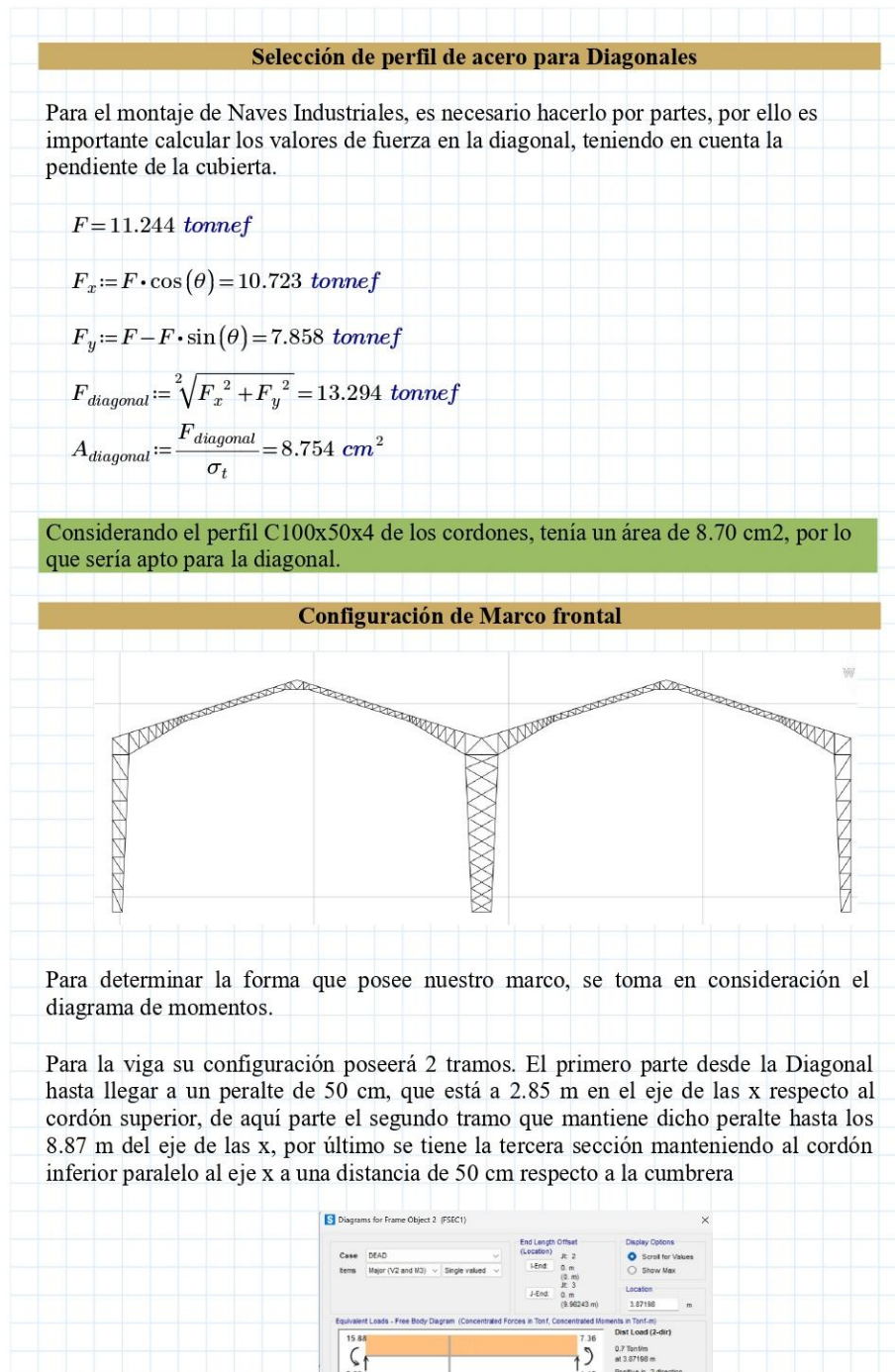
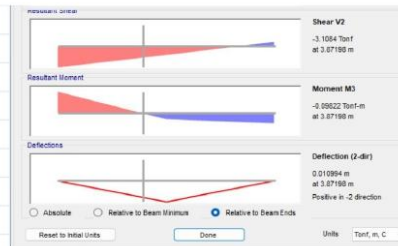


Figura 53

Prediseño 14



Análisis de Prediseño en SAP2000

Determinación de Distancia entre espalda de ángulos dobles

Para esto se considera que:

$$a_{\text{cordón}} := 0.150 \text{ m}$$

$$b_v := 0.04 \text{ m}$$

$$a_{2\text{ángulo}} := 2 \cdot b_v = 0.08 \text{ m}$$

$$h_v := 0.04 \text{ m}$$

$$e_c := 0.005 \text{ m}$$

$$e_v := 0.003 \text{ m}$$

$$Ah := (b_v - e_v) \cdot e_v = (1.11 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$Av := h_v \cdot e_v = (1.2 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$At_v := Av + Ah = (2.31 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$xv_{\text{barra}} := \frac{\left(\frac{b_v - e_v}{2} \cdot Ah\right) + \left(\left(b_v - \frac{e_v}{2}\right) \cdot Av\right)}{At_v} = 0.029 \text{ m}$$

$$bb_v := a_{\text{cordón}} - 2 \cdot e_c - 4 \cdot xv_{\text{barra}} = 0.024 \text{ m}$$

Figura 54

Prediseño 15

Valores de cargas lineales para correas marcos	
Carga Muerta	
$P0 := D \cdot \left(\frac{1.1314 - 0.15}{2} + 0.15 \right)$	$m = 0.019 \frac{1}{m} \cdot tonne f$
$P1 := D \cdot \left(\frac{1.5}{2} + \frac{1.1314 - 0.15}{2} \right)$	$m = 0.037 \frac{1}{m} \cdot tonne f$
$P2 := D \cdot (1.5)$	$m = 0.044 \frac{1}{m} \cdot tonne f$
$P5 := D \cdot \left(\frac{1.5}{2} + \frac{1.216 - 0.2}{2} \right)$	$m = 0.037 \frac{1}{m} \cdot tonne f$
$P3 := D \cdot \left(\frac{1.216 - 0.2}{2} + 0.2 \right)$	$m = 0.021 \frac{1}{m} \cdot tonne f$
$P0 := L \cdot \left(\frac{1.1314 - 0.15}{2} + 0.15 \right)$	$m = 0.046 \frac{1}{m} \cdot tonne f$
$P1 := L \cdot \left(\frac{1.5}{2} + \frac{1.1314 - 0.15}{2} \right)$	$m = 0.089 \frac{1}{m} \cdot tonne f$
$P2 := L \cdot (1.5)$	$m = 0.107 \frac{1}{m} \cdot tonne f$
$P5 := L \cdot \left(\frac{1.5}{2} + \frac{1.216 - 0.2}{2} \right)$	$m = 0.09 \frac{1}{m} \cdot tonne f$
$P3 := L \cdot \left(\frac{1.216 - 0.2}{2} + 0.2 \right)$	$m = 0.051 \frac{1}{m} \cdot tonne f$

Cronograma

Actividad	Inicio	Fin	Duración (día)	Dependencia	Inicio (fecha)	Duración (días)
Preliminares						
Preparación - Trazado y replanteo	01-oct-25	07-oct-25	7		01-oct-25	7
Preparación - Nivelación y limpieza de terreno	08-oct-25	14-oct-25	7	Preparación - Trazado y replanteo	08-oct-25	7
Cimentación						
Cimentación - Excavación de zapatas y vigas	15-oct-25	28-oct-25	14	Preparación - Nivelación y limpieza de terreno	15-oct-25	14
Cimentación - Replanteo	29-oct-25	04-nov-25	7	Cimentación - Excavación de zapatas y vigas	29-oct-25	7
Cimentación - Encofrado de zapatas y vigas	05-nov-25	14-nov-25	10	Cimentación - Replanteo	05-nov-25	10
Cimentación - Colocación de malla electrosoldada	15-nov-25	21-nov-25	7	Cimentación - Encofrado de zapatas y vigas	15-nov-25	7
Cimentación - Colocación de varillas de anclaje	22-nov-25	26-nov-25	5	Cimentación - Colocación de malla electrosoldada	22-nov-25	5
Cimentación - Colocación de concreto (fundición zapatas y vigas)	27-nov-25	06-dic-25	10	Cimentación - Colocación de varillas de anclaje	27-nov-25	10
Cimentación - Construcción de muros de acceso	07-dic-25	16-dic-25	10	Cimentación - Colocación de concreto (fundición zapatas)	07-dic-25	10
Cimentación - Contrapiso de nivelación	17-dic-25	28-dic-25	12	Cimentación - Construcción de muros de acceso	17-dic-25	12
Estructura de acero						
Estructura (Taller) - Corte y preparación de perfiles	15-oct-25	28-oct-25	14	Preparación - Nivelación y limpieza de terreno	15-oct-25	14
Estructura (Taller) - Ensamblaje y armado de pórticos	29-oct-25	17-nov-25	20	Estructura (Taller) - Corte y preparación de perfiles	29-oct-25	20
Estructura (Taller) - Soldadura en taller	18-nov-25	17-dic-25	30	Estructura (Taller) - Ensamblaje y armado de pórticos	18-nov-25	30
Estructura (Taller) - Limpieza y control dimensional	18-dic-25	27-dic-25	10	Estructura (Taller) - Soldadura en taller	18-dic-25	10
Estructura (Taller) - Pintura/galvanizado	28-dic-25	10-ene-26	14	Estructura (Taller) - Limpieza y control dimensional	28-dic-25	14
Estructura (Obra) - Transporte de estructuras	11-ene-26	20-ene-26	10	Estructura (Taller) - Pintura/galvanizado	11-ene-26	10
Estructura (Obra) - Montaje de columnas	04-ene-26	17-ene-26	14	Cimentación - Colocación de concreto (fundición zapatas)	04-ene-26	14
Estructura (Obra) - Montaje de vigas y pórticos	18-ene-26	06-feb-26	20	Estructura (Obra) - Montaje de columnas	18-ene-26	20
Estructura (Obra) - Alineación y nivelación	07-feb-26	13-feb-26	7	Estructura (Obra) - Montaje de vigas y pórticos	07-feb-26	7
Estructura (Obra) - Soldadura en obra	14-feb-26	05-mar-26	20	Estructura (Obra) - Alineación y nivelación	14-feb-26	20
Estructura (Obra) - Colocación de arriostramientos	06-mar-26	15-mar-26	10	Estructura (Obra) - Soldadura en obra	06-mar-26	10
Colocación de mampostería	07-feb-26	18-feb-26	12	Estructura (Obra) - Montaje de vigas y pórticos	07-feb-26	12
Instalación de paneles para pared	19-feb-26	10-mar-26	20	Colocación de correas metálicas	19-feb-26	20
Instalación de cerramientos laterales	11-mar-26	30-mar-26	20	Instalación de cubierta metálica	11-mar-26	20
Construcción muro acceso principal	31-mar-26	09-abr-26	10	Instalación de cerramientos laterales	31-mar-26	10
Instalaciones						
Instalaciones - Eléctricas	10-abr-26	24-abr-26	15	Construcción muro acceso principal	10-abr-26	15
Instalaciones - Mecánicas / sanitarias	25-abr-26	06-may-26	12	Instalaciones - Eléctricas	25-abr-26	12
Acabados						
Acabados - Pintura final y señalética	07-may-26	13-may-26	7	Instalaciones - Mecánicas / sanitarias	07-may-26	7
Acabados - Limpieza general	14-may-26	18-may-26	5	Acabados - Pintura final y señalética	14-may-26	5
Acabados - Inspección final	19-may-26	23-may-26	5	Acabados - Limpieza general	19-may-26	5
Acabados - Pruebas y entrega	24-may-26	28-may-26	5	Acabados - Inspección final	24-may-26	5
Entrega final	14-may-26	14-may-26	1	Fin de Acabados - Pintura final y señalética	14-may-26	1

Cronograma Nave Industrial IMECORSA

