



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE ACERO PARA UNA BODEGA DE
PRODUCTOS INDUSTRIALES EN LA PARROQUIA ALBERTO SPENCER,
CANTÓN SANTA ELENA

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

AUTOR: DIEGO XAVIER CRUZ TORRES
TUTOR: ING. HÉCTOR ABEL CAMPOVERDE PÉREZ

GUAYAQUIL-ECUADOR

2024


**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, DIEGO XAVIER CRUZ TORRES con documento de identificación N°
0955397161 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 07 de febrero del año 2024

Atentamente,



DIEGO XAVIER CRUZ TORRES

0955397161

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, DIEGO XAVIER CRUZ TORRES con documento de identificación No.0955397161, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del PROYECTO TÉCNICO: DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE ACERO PARA UNA BODEGA DE PRODUCTOS INDUSTRIALES EN LA PARROQUIA ALBERTO SPENCER, CANTÓN SANTA ELENA, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07 de febrero del año 2024

Atentamente,



DIEGO XAVIER CRUZ TORRES

0955397161

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, HÉCTOR ABEL CAMPOVERDE PÉREZ con documento de identificación N° 0930702444, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE ACERO PARA UNA BODEGA DE PRODUCTOS INDUSTRIALES EN LA PARROQUIA ALBERTO SPENCER, CANTÓN SANTA ELENA, realizado por DIEGO XAVIER CRUZ TORRES con documento de identificación N° 0955397161, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción PROYECTO TÉCNICO que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07 de febrero del año 2024

Atentamente,



ING. HÉCTOR ABEL CAMPOVERDE PÉREZ

0930702444

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios y todas las personas que contribuyeron de manera significativa en la realización de este proyecto de titulación.

A mi director de tesis, ING. HÉCTOR ABEL CAMPOVERDE PÉREZ, por su orientación, paciencia y sabios consejos a lo largo de este proceso. Su apoyo y guía fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo académico.

Agradezco también a mi madre JAQUELINE TORRES SÁNCHEZ, a mi padre WALTER CRUZ TORRES y a mi hermano WALTER CRUZ TORRES por su amor incondicional, apoyo emocional y comprensión durante este período. Sus palabras de aliento fueron mi motor en los momentos de dificultad.

A mis amigos y compañeros de clase, quienes estuvieron presentes con su colaboración, comprensión y aliento en cada paso de esta travesía académica.

Finalmente, agradezco a todas las personas e instituciones que, directa o indirectamente, contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

Este logro no habría sido posible sin el respaldo, la inspiración y el apoyo brindado por cada uno de ustedes. Gracias por ser parte fundamental en este importante capítulo de mi formación académica

¡A todos, mi más sincero agradecimiento!

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada con amor y gratitud a Dios y a mi familia, cuyo apoyo inquebrantable y amor incondicional han sido la fuerza impulsora detrás de este logro.

A mis padres por ser mi fuente constante de inspiración, por su paciencia, aliento y comprensión en cada paso de este camino académico. Su presencia ha sido mi mayor motivación para alcanzar mis metas.

A mi familia, por su constante respaldo, por haber sido mi sostén emocional y por creer en mí en los momentos más desafiantes. Vuestra presencia ha sido mi mayor fortaleza.

A quienes estuvieron a mi lado brindando ánimo, consejos y momentos de distracción necesarios para mantener el equilibrio durante este proceso.

A todos aquellos que, de una u otra forma, han contribuido a mi formación académica y a la culminación de este proyecto, mi más sincero agradecimiento.

Este proyecto es un testimonio de vuestra confianza en mí y del apoyo constante que siempre me han brindado.

RESUMEN

Esta iniciativa se centra en el diseño estructural de una construcción metálica a través del programa de diseño SAP 2000. Se prevé la creación del diseño conforme a las directrices establecidas por los estándares ANSI/AISC 360 y la NEC-15, dado que en una zona de la cabecera cantonal de Santa Elena se exige una infraestructura metálica destinada al resguardo de artículos industriales.

En la selección del material para el diseño de este galpón, se ha optado por emplear acero A36 con un límite de fluencia de 2530 kg/cm². Este acero se destaca por ser una elección altamente adecuada en el ámbito de diseños estructurales, ofreciendo propiedades mecánicas y de resistencia sobresalientes. Además, su elección está respaldada por su amplia disponibilidad en el mercado de aceros local en Ecuador, facilitando la adquisición y suministro de materiales de manera eficiente.

Al optar por perfiles cuadrados en el diseño de nuestro galpón metálico, estamos asegurándonos de una estructura sólida y estable. Estos perfiles distribuyen la carga de manera uniforme, brindando resistencia a torsiones y flexiones, factores clave para enfrentar diversas situaciones.

Además, su versatilidad permite su uso en vigas, columnas y otros elementos del galpón, asegurando no solo soluciones robustas sino también una estética armoniosa. Esta elección no solo potencia la fortaleza de la estructura, sino que también contribuye a la eficiencia en costos al minimizar desperdicios.

Es relevante subrayar que SAP 2000 desempeñó un papel crucial en el diseño definitivo de los perfiles. A pesar de que en la fase de cálculos preliminares obtuvimos datos que orientaron la construcción del galpón para resistir diversas cargas, se evidenciaron limitaciones en la capacidad de los perfiles para tolerar deformaciones. Ante esta situación, se implementó un proceso de sobredimensionamiento, ajustando tanto el área transversal como el espesor de los perfiles. Este enfoque se llevó a cabo con el propósito de mejorar el comportamiento estructural y fortalecer la capacidad de resistencia del galpón frente a las cargas aplicadas, garantizando así un rendimiento más efectivo.

ABSTRACT

This initiative focuses on the structural design of a metal construction through the SAP 2000 design program. The creation of the design is expected in accordance with the guidelines established by the ANSI/AISC 360 and NEC-15 standards, given that in an area in the cantonal capital of Santa Elena, a metal infrastructure is required for the protection of industrial items.

When selecting the material for the design of this shed, it was decided to use A36 steel with a yield limit of 2530 kg/cm². This steel stands out for being a highly suitable choice in the field of structural designs, offering outstanding mechanical and resistance properties. Furthermore, your choice is supported by its wide availability in the local steel market in Ecuador, facilitating the acquisition and supply of materials efficiently.

By opting for square profiles in the design of our metal shed, we are ensuring a solid and stable structure. These profiles distribute the load evenly, providing resistance to twisting and bending, key factors to face various situations.

Furthermore, its versatility allows it to be used in beams, columns and other elements of the shed, ensuring not only robust solutions but also harmonious aesthetics. This choice not only enhances the strength of the structure, but also contributes to cost efficiency by minimizing waste.

It is important to emphasize that SAP 2000 played a crucial role in the final design of the profiles. Although in the preliminary calculations phase we obtained data that guided the construction of the shed to resist various loads, limitations were evident in the profiles' ability to tolerate deformations. Given this situation, an oversizing process was implemented, adjusting both the cross-sectional area and the thickness of the profiles. This approach was carried out with the purpose of improving the structural behavior and strengthening the resistance capacity of the shed against the applied loads, thus guaranteeing more effective performance.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	1
DEDICATORIA	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
CAPITULO I.....	9
1) Prólogo	9
1.1) Antecedentes	10
1.2) Ubicación del proyecto.....	11
1.3) Objetivos	12
1.3.1) Objetivo general	12
1.3.2) Objetivos Específicos	12
1.4) Planteamiento del problema.....	13
1.5) delimitación.....	14
1.6) Justificación	15
CAPITULO II.....	16
1) Marco Teórico	16
2.1) Introducción a las estructuras metálicas	16
2.2) Ventajas de las Estructuras de Acero	18
2.2.1) Alta Resistencia y Durabilidad:.....	18
2.2.2) Versatilidad en el Diseño:.....	18
2.2.3) Eficiencia Constructiva:	18
2.2.4) Peso Ligero y Menor Carga en Fundaciones:.....	18
2.2.5) Sostenibilidad y Reciclabilidad:.....	18
2.2.6) Resistencia al Fuego:.....	19
2.2.7) Mantenimiento Reducido:.....	19
2.2.8) Efectividad Económica a Largo Plazo:	19
2.2.9) Calidad Controlada en la Producción:.....	19
2.2.10) Amplio Rango de Aplicaciones:	19
2.3) desventajas de las estructuras metálicas.....	20
2.3.1) Costo Inicial Elevado:.....	20
2.3.2) Corrosión y Protección Anticorrosiva:	20
2.3.3) Conductividad Térmica:	20
2.3.4) Dificultad en Reparaciones Locales:	20
2.3.5) Peso Relativo:	21
2.3.6) Impacto Ambiental en la Producción:	21
2.3.7) Susceptibilidad a la Fatiga:	21

2.3.8) Sonido de Impacto:	21
2.3.9) Soldabilidad Limitada en Ambientes Fríos:	21
2.3.10) Estética Limitada en Ciertos Contextos:	21
2.4) SAP 2000	22
2.4.1) Interfaz de Usuario: Diversidad en la Presentación	22
2.4.2) Modelado Eficiente con SAP2000	23
2.4.3) Sistema de Cuadrícula Personalizable en SAP2000.....	23
2.4.4) Generación Automática de Mallas	23
2.4.5) Perspectivas y Representaciones (Views and Elevations).....	24
2.4.6) Modificación Dinámica de Información:	24
3) Marco Metodológico	25
3.1) Tipo de investigación	25
3.2.) Pasos a seguir para el diseño de un galpón	25
3.2.1) Establecimiento de la superficie de instalación.	25
3.2.2) Estimación de Pórtico Metálico	27
3.2.4) Estimación de Cargas (D, L)	27
3.2.5) Momentos y Tensiones en (SAP2000).....	28
3.2.6) Calculo de correas.....	28
3.2.7)) Modelo de Cercha.....	29
3.2.8) Análisis de Cargas.....	29
3.2.7)) Modelo de Cercha.....	30
3.2.8) Carga de Aire.	30
3.2.9) Representación de la Correa en SAP 2000.	30
3.2.10) Análisis y Diseño Estructural en SAP 2000.	30
4) Desarrollo	31
4.1) Datos de la estructura metálica	31
4.2) Pórtico Metálico	31
4.3) Pre-Diseño de Cercha	32
4.4) Carga de viento	33
4.5) Consideraciones de carga	41
CAPITULO V	62
5.1) Cronograma	62
5.2) Presupuesto.....	62
CAPITULO VI	63
6.1) Conclusiones	63
6.2) Recomendaciones	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS	69

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Vista frontal del terreno (google maps).....	11
Ilustración 2 Ubicación del Galpón en Santa Elena.(google maps)	11
Ilustración 3 Estructura metálica para uso industrial. (grupoxivama.com.mx, 2024).....	16
Ilustración 4 Área tributaria para cada pórtico (Cruz, 2023).....	26
Ilustración 5 Área del sitio (Cruz, 2023)	26
Ilustración 6 Área tributaria para cada pórtico (Cruz, 2023).....	27
Ilustración 7 Ilustración 6: Dimensiones del pórtico (Cruz, 2023)	31
Ilustración 8 Dimensiones para el Área Tributaria del Pórtico	35
Ilustración 9 Diseño preliminar del portico	35
Ilustración 10 diseño frontal del pórtico en robot	46
Ilustración 11 diagrama de momentos dados por sap2000.....	47
Ilustración 12 pórtico completo en sap2000	54
Ilustración 13 fijación de empotramientos en las columnas	55
Ilustración 14 termino de los demás pórticos y correas del galpón	56
Ilustración 15 definición de materiales en sap2000	57
Ilustración 16 incorporación de las secciones estructurales	58
Ilustración 17 incorporación de carga muerta	59
Ilustración 18 incorporación de carga viva	59
Ilustración 19 Evaluación de modos de vibración.....	57
Ilustración 20 Diagrama de análisis estructural (carga muerta)	59
Ilustración 21 Diagrama de análisis estructural (combinación 1).....	62
Ilustración 22 Diagrama de análisis estructural (combinación 2)	63
Ilustración 23 Diagrama de análisis estructural (combinación 3)	63
ANEXO 1: Predimensionamiento del galpón en sap2000.....	68
ANEXO 2: Diseño del galpón en sap2000.....	68
ANEXO 3: Diseño del galpón en sap2000 (vista normal y vista extruida).....	69
ANEXO 4: Diseño del techo del galpón en sap2000 (vista normal y vista extruida)....	69
ANEXO 5: Diseño de cimentación del galpón en sap2000 (vista normal y vista extruida)	70
ANEXO 6: Diseño de arriostramientos laterales del galpón en sap2000.....	71
ANEXO 7: vista frontal del galpón en AutoCAD	71

ANEXO 8: Vista superior del galpón en AutoCAD.....	72
ANEXO 9: Vista lateral del galpón en AutoCAD	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coeficiente de corrección σ	33
Tabla 2 de entorno / altura.....	35
Tabla 3 : Coeficiente de determinación del factor de forma Cf	36
Tabla 4 tabla de cuadrados estructurales	45
Tabla 5 tabla de perfiles cuadrados menor	47
Tabla 6 5 tabla de perfiles cuadrados menor	48
Tabla 7 tabla de espesores de aluminio	49

CAPITULO I

1) Prólogo

Este proyecto se apoya en el diseño estructural mediante el programa informático SAP 2000 al emplearse en el diseño de almacenes metálicos con techos livianos, donde también evaluaremos cada aspecto vinculado al diseño de construcciones metálicas.

Uno de los puntos de interés en este proyecto es incrementar mi entendimiento en la exploración de las estructuras metálicas, un campo de estudio altamente cautivador.

Se expondrán los beneficios e inconvenientes que posee el acero, los elementos a tener en cuenta al momento de realizar el diseño de estas estructuras superiores como son los almacenes metálicos.

Los depósitos o instalaciones industriales fabricadas en acero son construcciones consideradas como superiores a las cuales se les puede asignar distintos propósitos, ya que se ajustan a nuevos establecimientos y modificaciones en términos generales.

1.1) Antecedentes

Basados en la necesidad de la cabecera cantonal de Santa Elena respecto a almacenes industriales, se vio la oportunidad de la construcción de una nave industrial en un terreno de 418 m² ubicado en el centro de la ciudad.

Esto ayudaría a la población debido a que permitiría que las empresas tengan una mayor oportunidad de trabajo en el sector ya que ayudaría de forma significativa a la logística y entrega de productos provenientes de otras regiones del Ecuador agilizando de mejor manera sus respectivas entregas.

Las bodegas metálicas o igualmente conocidas como naves industriales son edificaciones compuestas por armazones de acero destinadas a albergar la producción y/o labores que se efectúan en su interior. Usualmente este tipo de estructuras se planifican para aberturas amplias con el fin de agilizar la producción y las actividades llevadas a cabo dentro de ellas. Estos depósitos metálicos o complejos industriales son ampliamente empleados gracias a la comodidad laboral que posibilitan y a su rápida instalación. Al realizar el diseño, es esencial considerar meticulosamente cada aspecto que influya en este tipo de estructura superior.

1.2) Ubicación del proyecto

El sitio se encuentra ubicado por el km 2 vía Santa Elena– Salinas, 1322 Av. Eleodoro Solorzano (frente a la gasolinera Primax Coechan)



Ilustración 2 Ubicación del Galpón en Santa Elena.(google maps)



Ilustración 1 Vista frontal del terreno (google maps)

1.3) Objetivos

1.3.1) Objetivo general

Diseñar una nave industrial metálica destinada al almacenamiento de productos industriales basándonos en la normativa ANSI/AISC y NEC para de esta forma obtener un estructura segura y eficiente, cumpliendo normativas, considerando materiales, cargas y condiciones, para garantizar su perfecto funcionamiento.

1.3.2) Objetivos Específicos

- Seleccionar adecuadamente los materiales metálicos a utilizar en la estructura del galpón, teniendo en cuenta factores como resistencia y durabilidad
- Cuantificar las cargas de diseño que actuarán sobre el galpón, incluyendo cargas muertas (peso propio de la estructura), cargas vivas (productos almacenados, equipo de manipulación, etc.) Y cargas climáticas tal como es el viento
- Presentar los planos definitivos de la nave industrial para su posterior armado en obra

1.4) Planteamiento del problema

En SANTA ELENA existen alrededor de 39 681 habitantes. Y por fin la falta de instalaciones de almacenamiento que ha habido en esta ciudad puede generar desafíos logísticos y comerciales, y establecer un galpón de almacenamiento puede ser una solución para abordar estas necesidades. Esto puede beneficiar tanto a las empresas locales como a la comunidad en general al mejorar la disponibilidad de productos y el funcionamiento eficiente de la cadena de suministro además de que se presentan problemas comunes que implican el no tener un galpón o bodega de almacenamiento:

- **Gestión del inventario:** La falta de un espacio adecuado para almacenar productos puede dificultar la gestión del inventario de las empresas. Un galpón proporciona un lugar seguro y organizado para mantener los productos en buen estado.
- **Demora en la distribución:** Sin un lugar cercano para almacenar productos, las empresas pueden enfrentar retrasos en la distribución a tiendas minoristas y otros puntos de venta. Esto puede llevar a la insatisfacción de los clientes y pérdida de ventas.
- **Reducción de costos de transporte:** Al no tener que transportar productos desde ubicaciones distantes, se pueden reducir los costos de transporte. Esto es especialmente importante si la ciudad carece de infraestructura de transporte adecuada.
- **Gestión de la temporada alta:** Durante períodos de alta demanda, como días festivos o temporadas de vacaciones, tener un galpón local puede ayudar a las empresas a mantener un suministro constante de productos y evitar agotamientos de inventario.

1.5) delimitación

Esta propuesta implica el análisis y diseño de una estructura de metal, la cual será modelada en el software estructural SAP 2000, considerando las regulaciones ANSI/AISC 360 y la NEC-15, iniciativa que se llevará a cabo en el municipio Santa Elena en la provincia de Santa Elena.

El diseño de la estructura empieza con una fase previa llamada pre-dimensionamiento de la estructura metálica, donde se examinan las cargas que la superestructura podría resistir (carga activa, carga inerte, carga de aire), con los momentos y esfuerzos derivados de este análisis se comienza a definir los distintos tipos de perfiles que podrían emplearse para el almacén.

Una vez establecido el pre-dimensionamiento, se inicia la modelización de la estructura metálica en el Programa SAP 2000, donde se establecen las dimensiones y características de los perfiles a utilizar en la superestructura aplicando los criterios aprendidos y las regulaciones establecidas para este proyecto, si el diseño no cumple, se asignan características diferentes a los perfiles metálicos, una vez con el diseño definido, se elaboran los planos del almacén (detalle estructural).

^

1.6) Justificación

El diseño de un galpón o almacén para el almacenamiento de productos o mercadería importada en una ciudad donde estos son muy escasos puede ser necesario por varias razones:

- Un almacén proporciona un espacio seguro y organizado para almacenar mercadería importada mientras se gestiona su distribución y venta. Esto permite un control más efectivo del inventario y reducir el riesgo de pérdidas o daños a los productos.
- Después de la importación, los productos pueden pasar por procesos de aduanas y trámites legales que pueden llevar tiempo. Un almacén cercano al puerto o punto de entrada facilita la gestión de estos procesos y evita que los productos se acumulen en áreas no adecuadas.
- Si la mercadería importada debe ser distribuida a tiendas minoristas, mayoristas u otros clientes en la ciudad o la región, tener un almacén local agiliza el proceso de entrega. Esto reduce los tiempos de transporte y los costos asociados.
- Algunas mercancías importadas pueden requerir un almacenamiento temporal antes de ser distribuidas o procesadas. Un galpón proporciona un lugar adecuado para mantener los productos mientras se determina su destino final.
- En algunos casos, las regulaciones locales o nacionales pueden requerir que ciertos productos importados se almacenen en instalaciones específicas para garantizar la seguridad y la calidad. Tener un galpón local permite cumplir con estas regulaciones.
- Al tener un almacén en la ciudad, se pueden reducir los costos de transporte, ya que no es necesario llevar los productos a largas distancias desde el punto de entrada hasta su destino final. Esto puede traducirse en ahorros significativos.

CAPITULO II

1) Marco Teórico

2.1) Introducción a las estructuras metálicas

Las estructuras metálicas han desempeñado un papel fundamental en la evolución de la ingeniería y la arquitectura, destacándose por su resistencia, versatilidad y eficiencia en la construcción de una amplia variedad de edificaciones. Estas estructuras se caracterizan por el uso de materiales metálicos, como acero y aluminio, que ofrecen una combinación única de resistencia estructural y maleabilidad en el diseño.

A lo largo de la historia, las estructuras metálicas han sido fundamentales en la creación de rascacielos, puentes, almacenes industriales y una variedad de estructuras arquitectónicas icónicas. La capacidad de los metales para soportar cargas pesadas y resistir tensiones y deformaciones las convierte en una elección preferida en proyectos que requieren soluciones estructurales robustas y duraderas. (Arcux, 2024)



Ilustración 3 Estructura metálica para uso industrial. (grupoxivama.com.mx, 2024)

las estructuras metálicas no solo han superado los desafíos geográficos y climáticos del país, sino que también han contribuido de manera significativa a su crecimiento económico y desarrollo infraestructural. Desde la majestuosidad de los puentes que cruzan los ríos caudalosos de la Amazonía hasta los complejos industriales que potencian la productividad en las zonas urbanas, Ecuador ha abrazado las estructuras metálicas como instrumentos fundamentales para la materialización de su visión arquitectónica y de ingeniería.

La resistencia inherente del acero y otros metales ha permitido la construcción de edificaciones que desafían las inclemencias del tiempo y los eventos sísmicos que caracterizan la región. Este enfoque resiliente se ha vuelto fundamental para garantizar la seguridad y la estabilidad de las construcciones en un entorno sísmico activo. (calaminon, 2024)

Además, la innovación en los procesos de diseño y construcción ha llevado a la creación de estructuras metálicas que no solo cumplen con estándares de seguridad excepcionales, sino que también destacan por su estética contemporánea. Desde los rascacielos que perfilan el horizonte de las ciudades hasta las modernas instalaciones industriales que impulsan la productividad, las estructuras metálicas en Ecuador son una expresión tangible de la unión entre la tradición y la tecnología avanzada.

Este tipo de configuraciones, al estar formado por la amalgama de hierro, carbono y diversos elementos, dan lugar a un conjunto de propiedades particulares. De esta manera, las estructuras de acero exhiben sus pros y contras (Cruz, 2024)

2.2) Ventajas de las Estructuras de Acero

Las estructuras de acero destacan por una serie de ventajas que han contribuido a su prominencia en la construcción de edificaciones en todo el mundo. Al considerar estas ventajas, se revela por qué el acero es una elección preferida en una amplia gama de aplicaciones arquitectónicas e industriales. (Aceromundo, 2024)

2.2.1) Alta Resistencia y Durabilidad:

El acero exhibe una resistencia excepcional, permitiendo que las estructuras soporten cargas pesadas y mantengan su integridad estructural a lo largo del tiempo. Esta durabilidad se traduce en edificaciones capaces de resistir tensiones extremas y condiciones climáticas adversas. (ferrostar, 2023)

2.2.2) Versatilidad en el Diseño:

La maleabilidad del acero ofrece una flexibilidad significativa en el diseño arquitectónico. Puede ser moldeado en diversas formas y tamaños, permitiendo la creación de estructuras tanto simples como complejas. La versatilidad del acero facilita la realización de diseños innovadores y contemporáneos. (havitsteelstructure, 2024)

2.2.3) Eficiencia Constructiva:

La fabricación de componentes de acero en entornos controlados mejora la eficiencia en el proceso constructivo. Además, el montaje rápido de las estructuras de acero en el sitio reduce significativamente los plazos de construcción en comparación con otros materiales. (Aceromundo, 2024)

2.2.4) Peso Ligero y Menor Carga en Fundaciones:

A pesar de su resistencia, el acero es un material relativamente liviano, lo que facilita el transporte y reduce la carga en las fundaciones. Esto es especialmente beneficioso en proyectos donde la capacidad de carga del suelo es un factor crítico.

2.2.5) Sostenibilidad y Reciclabilidad:

El acero es altamente reciclable, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. La capacidad de reciclar el acero sin perder calidad lo convierte en un material ecológico, reduciendo la necesidad de recursos naturales y minimizando los residuos.

(.grupohierrosalfonso, 2014)

2.2.6) Resistencia al Fuego:

A diferencia de algunos materiales de construcción, el acero conserva su integridad estructural a altas temperaturas. Esto confiere a las estructuras de acero una resistencia significativa al fuego, proporcionando más tiempo para evacuación y respuesta en caso de incendios. (concreacero, 2019)

2.2.7) Mantenimiento Reducido:

Las estructuras de acero tienden a requerir menos mantenimiento a lo largo de su vida útil. La resistencia a la corrosión del acero, cuando se trata y se protege adecuadamente, minimiza los costos y la necesidad de intervenciones periódicas. (Reyes, 2019)

2.2.8) Efectividad Económica a Largo Plazo:

Aunque el costo inicial puede ser mayor en comparación con algunos materiales, la rapidez en la construcción, la durabilidad a largo plazo y los bajos costos de mantenimiento pueden hacer que las estructuras de acero sean económicamente ventajosas en el curso del tiempo. (Aceromundo, 2024)

2.2.9) Calidad Controlada en la Producción:

La fabricación de componentes de acero en instalaciones controladas garantiza altos estándares de calidad. Esto se traduce en una mayor confiabilidad y consistencia en las propiedades del material utilizado en la construcción.

2.2.10) Amplio Rango de Aplicaciones:

Las estructuras de acero encuentran aplicación en diversas áreas, desde edificaciones comerciales y residenciales hasta puentes, rascacielos e instalaciones industriales. Su versatilidad y capacidad para adaptarse a diferentes necesidades las convierten en una opción versátil. (Aceromundo, 2024)

2.3) desventajas de las estructuras metálicas

Aunque las estructuras de acero ofrecen numerosas ventajas, es crucial considerar las desventajas inherentes a este material en el proceso de diseño y construcción. A continuación, se detallan de manera más extensa algunas de las desventajas asociadas a las estructuras de acero: (Aceromundo, 2024)

2.3.1) Costo Inicial Elevado:

El costo inicial de las estructuras de acero suele ser significativamente más alto que el de otros materiales de construcción. Este aspecto puede ser una consideración importante, especialmente en proyectos con presupuestos ajustados.

2.3.2) Corrosión y Protección Anticorrosiva:

Aunque el acero es resistente a la corrosión, la exposición a entornos agresivos, como zonas costeras, puede acelerar este proceso. Se requieren medidas de protección anticorrosiva, como recubrimientos y pinturas, para preservar la integridad estructural. (pintuco, 2024)

2.3.3) Conductividad Térmica:

El acero tiene una alta conductividad térmica, lo que significa que puede transferir calor fácilmente. Esto puede resultar en pérdida de energía y puede requerir aislamiento adicional para mantener la eficiencia energética en las edificaciones. (wikipedia, 2023)

2.3.4) Dificultad en Reparaciones Locales:

Las reparaciones localizadas en estructuras de acero pueden ser complejas y costosas. Cortar y soldar secciones específicas puede requerir habilidades especializadas y tecnología avanzada.

2.3.5) Peso Relativo:

Aunque el acero es más liviano que algunos materiales, aún tiene un peso considerable. En estructuras que requieren ligereza, como puentes colgantes, puede ser necesario considerar la carga adicional. (.wikipedia, 2020)

2.3.6) Impacto Ambiental en la Producción:

La fabricación de acero implica emisiones significativas de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. A pesar de los avances en prácticas más sostenibles, el impacto ambiental sigue siendo una preocupación.

2.3.7) Susceptibilidad a la Fatiga:

Las estructuras de acero pueden ser susceptibles a la fatiga bajo cargas cíclicas repetitivas. Esto es especialmente crítico en puentes y estructuras sometidas a movimientos constantes o vibraciones. (ingemecanica.com, 2024)

2.3.8) Sonido de Impacto:

El acero puede transmitir el sonido más eficientemente que algunos otros materiales. En edificaciones donde se busca controlar la transmisión del ruido, esto puede ser una consideración importante.

2.3.9) Soldabilidad Limitada en Ambientes Fríos:

En condiciones extremadamente frías, la soldabilidad del acero puede verse afectada, lo que puede ser un desafío en regiones con climas invernales severos.

2.3.10) Estética Limitada en Ciertos Contextos:

Aunque la versatilidad del acero en el diseño es una ventaja, en algunos contextos arquitectónicos más tradicionales o históricos, la estética del acero puede no ser la opción preferida. (Aceromundo, 2024)

2.4) SAP 2000

SAP2000 es un programa de elementos finitos con una interfaz gráfica 3D orientada a objetos. Está diseñado para realizar de manera integrada la modelación, análisis y dimensionamiento de una amplia gama de problemas de ingeniería estructural.

Conocido por su flexibilidad en el análisis de diferentes tipos de estructuras, su capacidad de cálculo y la confiabilidad de sus resultados, SAP2000 es una herramienta de trabajo diario para muchos ingenieros. Su versatilidad en el modelado de estructuras permite su utilización en el dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y cualquier otra infraestructura que requiera análisis y dimensionamiento. (csiespana, 2024)

SAP2000 es ampliamente reconocido por su potencia de cálculo y la confiabilidad de sus resultados. Además, se destaca por su capacidad de adaptarse a diversos tipos de estructuras, lo que lo convierte en una herramienta versátil para el dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y cualquier otro tipo de infraestructura que requiera análisis y dimensionamiento.

Una de las ventajas adicionales de SAP2000 es su capacidad para generar automáticamente cargas sísmicas, de viento y de vehículos. Esto facilita el proceso de dimensionamiento y permite la verificación automática de estructuras de hormigón armado, perfiles metálicos, aluminio y conformados en frío, cumpliendo con normativas de diferentes países, como las europeas, americanas, canadienses, turcas, indias, chinas, entre otras. (SHOP, 2024)

2.4.1) Interfaz de Usuario: Diversidad en la Presentación

SAP2000 ofrece a sus usuarios una interfaz única que facilita la realización integrada de modelado, análisis, dimensionamiento y generación de informes de cálculo. La flexibilidad de la interfaz de SAP2000 permite la personalización y definición de diseños para ventanas y barras de herramientas, adaptándose a las preferencias individuales de cada usuario. Esto garantiza una experiencia de trabajo más eficiente y cómoda, diseñada según las necesidades específicas de

cada proyecto y usuario. (SHOP, 2024)

2.4.2) Modelado Eficiente con SAP2000

SAP2000 simplifica el proceso de inicio de proyectos al ofrecer una variedad de plantillas que permiten a los usuarios crear modelos rápidamente. Estas plantillas, que abarcan diferentes tipos de estructuras, son paramétricas y proporcionan una base sólida para comenzar el proyecto. Entre las opciones disponibles se incluyen plantillas para vigas simples, celosías en 2D y 3D, pórticos en 2D y 3D, así como estructuras como silos, embalses, escaleras, presas y tubos. Estas plantillas predefinidas ahorran tiempo al ofrecer una estructura inicial sobre la cual los usuarios pueden construir y personalizar según sus (Tavera, 2023)

2.4.3) Sistema de Cuadrícula Personalizable en SAP2000

En SAP2000, la definición de cuadrículas se realiza a través de un sistema de referencia cartesiano, cilíndrico o genérico. Este enfoque brinda a los usuarios la flexibilidad necesaria para adaptar las cuadrículas según las características específicas de su modelo. Además, SAP2000 posibilita la creación de un número ilimitado de cuadrículas en el modelo. Estas cuadrículas pueden ser giradas en cualquier dirección deseada o colocadas en cualquier punto de origen, otorgando una libertad excepcional para ajustar y posicionar las cuadrículas según los requisitos del proyecto. La capacidad de personalización de las cuadrículas en SAP2000 permite un modelado preciso y adaptable a las necesidades específicas de cada estructura. (espaciobim, 2015)

2.4.4) Generación Automática de Mallas

SAP2000 ofrece diversas alternativas para la creación automática de mallas de cálculo. Simplemente selecciona un objeto y elige el generador de mallas deseado.

2.4.5) Perspectivas y Representaciones (Views and Elevations)

Las perspectivas de las plantas y alzados se generan de manera automática para cada cuadrícula, lo que simplifica la exploración eficiente del modelo y proporciona una representación clara de la estructura desde distintos ángulos. Además de las vistas automáticas, los usuarios también tienen la posibilidad de confeccionar sus propias perspectivas y cortes personalizados mediante la función "Developed Elevation". Esto les permite definir y visualizar secciones específicas de la estructura según sus necesidades y requisitos. La capacidad de crear perspectivas y cortes personalizados otorga una mayor flexibilidad y control sobre la presentación visual del modelo, facilitando así el análisis y la comprensión de la estructura. (Representaciones, 2016)

2.4.6) Modificación Dinámica de Información:

Esta funcionalidad posibilita la edición de datos del modelo mediante tablas de Microsoft Excel y Microsoft Access. La exportación e importación sencilla de estas tablas en SAP2000 simplifica significativamente la aplicación de modificaciones en el modelo. (AntonioAparicio, 2014)

CAPITULO III

3) Marco Metodológico

En el análisis de este proyecto, se emplean los enfoques de investigación inductivos y deductivos, los cuales son aplicados en la concepción y obtención de los resultados previstos en este proyecto.

3.1) Tipo de investigación

Esta indagación adopta una naturaleza exploratoria y de campo. Exploratoria, debido a que se llevó a cabo mediante la revisión y estudio de tesis, libros, revistas en formato digital, sitios web, entre otras fuentes de información, que se consideraron necesarias e importantes para la realización de esta investigación, con el propósito de utilizarla como referencia y ofrecer soluciones a posibles problemas dentro del ámbito del diseño de galpones metálicos. De campo, ya que en el transcurso de esta investigación se llevaron a cabo visitas técnicas tanto al emplazamiento del proyecto como a varios proyectos similares.

3.2.) Pasos a seguir para el diseño de un galpón

3.2.1) Establecimiento de la superficie de instalación.

Se llevará a cabo la determinación de la superficie de instalación con el propósito de establecer la separación idónea entre cada pórtico, como una fase inicial del dimensionamiento. Teniendo en cuenta que la extensión total del terreno abarca 15.5x27m, se prevé que el diseño del galpón será de dimensiones 10x24m.

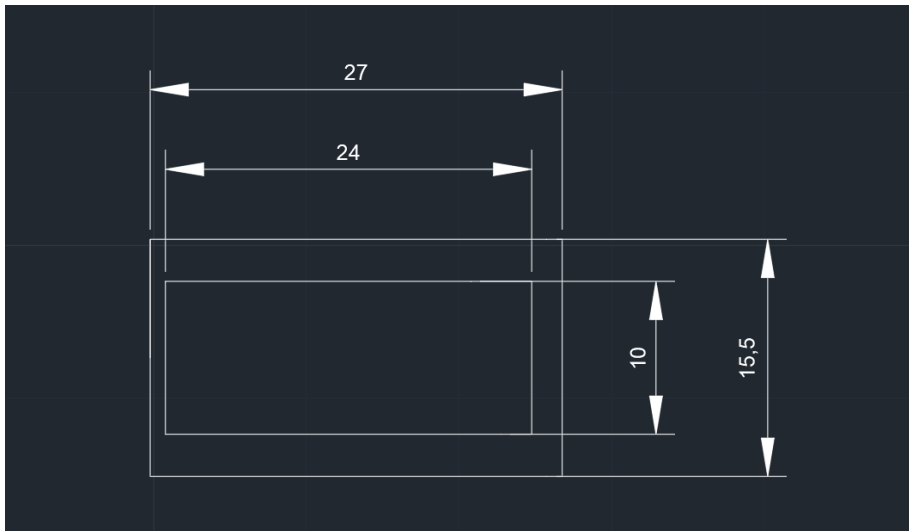


Ilustración 5 Área del sitio (Cruz, 2023)

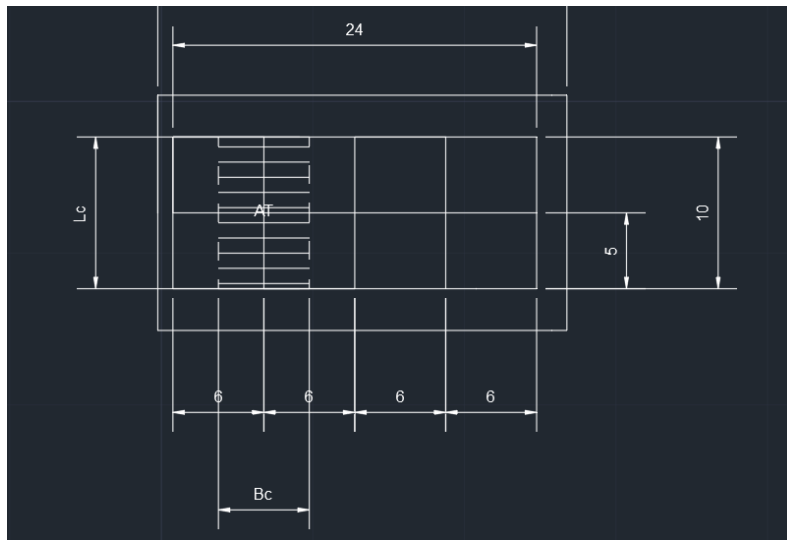


Ilustración 4 Área tributaria para cada pórtico (Cruz, 2023)

Se determina que cada pórtico se ubicará a intervalos de 4 m a lo largo de la superficie de instalación, permitiendo de esta manera delimitar la región tributaria de cada pórtico, tal como se representa en la ilustración subsecuente.

Dónde: $AT = Bc \times Lc$

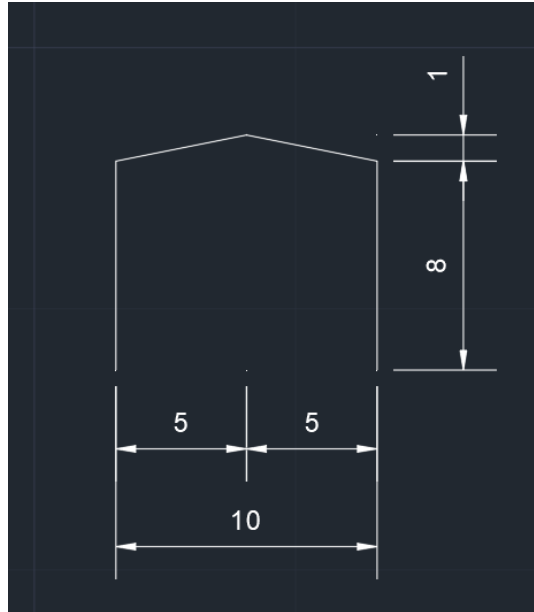
$AT =$ Área tributaria

$Bc =$ Ancho Colaborante

$Lc =$ Longitud de pórtico

3.2.2) Estimación de Pórtico Metálico

En concordancia con las regulaciones y principios de pre-dimensionamiento, se define la configuración geométrica del pórtico asignando una inclinación del 15% de la longitud dividida por 2 para la cubierta metálica.



*Ilustración 6 Área tributaria para cada pórtico
(Cruz, 2023)*

3.2.4) Estimación de Cargas (D, L)

En el proceso de pre-dimensionamiento, la evaluación de las cargas correspondientes desempeña un papel crucial para lograr un diseño estructural sólido. En el caso de la carga muerta (D), por consideraciones propias derivadas de determinadas instalaciones en la cubierta, se adopta una carga (D) de 10 kg/m². Para la carga viva (L), conforme a la normativa NEC-15, se especifica una carga viva (L) de 70 kg/m² para cubiertas metálicas.

Una vez definidas la carga muerta (D) y la carga viva (L), se procede a calcular la carga mayorada (U) y el peso resistente (W).

$$U = 1.2 * D + 1.6 * L$$

$$W = \frac{AT \times U}{L}$$

3.2.5) Momentos y Tensiones en (SAP2000).

Con base en la carga resistente (W) aplicada sobre el pórtico, se utiliza el software Sap2000 para determinar los momentos y tensiones presentes en el pórtico establecido.

A través de la aplicación de las fórmulas requeridas, se efectúa la elección de los perfiles apropiados para la cercha metálica en cuestión.

$$A = \frac{P}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$d = \frac{M}{P}$$

$$M = P * d$$

Donde:

P = Fuerza

M = Momento

p = Fuerza

d = Distancia

σ = Esfuerzo

A = Area

3.2.6) Calculo de correas

Para la determinación de las correas según criterios internos, se opta por fijar cada correa a una distancia de 1.50m, llevando a cabo el cálculo del área colaborativa correspondiente a cada correa.

$$\text{Donde: } Ac = Lc * Bc$$

$Lc =$ Longitud de correa

$Bc =$ Ancho colaborante

$Ac =$ Area colaborante

A través de la carga en vivo (L) de 70 kg/m² multiplicada por el área colaborativa (Ac), se calcula el peso (W) ejercido sobre cada correa. Posteriormente, se llevará a cabo, mediante las fórmulas especificadas, la determinación del módulo de sección que servirá para definir las características de las cintas a partir de las tablas de novacero.

$$M = \frac{W * L^2}{10}$$

$$\frac{M}{\sigma} = \frac{I}{C}$$

$$S = \frac{M}{\sigma}$$

3.2.7)) Modelo de Cercha.

En esta etapa, planteamos el diseño del tipo de cercha que conformará nuestro pórtico; dicha cercha será elaborada en el programa AutoCAD y posteriormente importada al software SAP2000

3.2.8) Análisis de Cargas.

Se llevará a cabo el análisis respectivo de la carga en vivo (L) y la carga muerta (D) sobre las correas centrales y las correas en los bordes.

- Carga viva en las correas centrales
- Carga viva en las correas en los bordes
- Carga muerta en las correas centrales
- Carga muerta en las correas en los bordes

3.2.7)) Modelo de Cercha.

En esta etapa, planteamos el diseño del tipo de cercha que conformará nuestro pórtico; dicha cercha será elaborada en el programa AutoCAD y posteriormente importada al software SAP2000

3.2.8) Carga de Aire.

La carga de aire representa uno de los factores cruciales que inciden en la estructura, a menudo pasando desapercibida. La NEC 15 - Cargas No Sísmicas destaca la importancia de la carga de aire y exige su debida consideración.

3.2.9) Representación de la Correa en SAP 2000.

Una vez que los parámetros de prediseño se han definido de la manera más precisa posible, se procede a la representación gráfica de la correa del galpón utilizando el programa SAP2000.

3.2.10) Análisis y Diseño Estructural en SAP 2000.

Después de completar la representación de la correa en el programa SAP 2000, se lleva a cabo un análisis exhaustivo aplicando los criterios necesarios según la NEC-15 y el AISC360. De acuerdo con los resultados obtenidos del programa, se determina el diseño completo de la correa, garantizando el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos por las normativas mencionadas anteriormente.

CAPITULO IV

4) Desarrollo

4.1) Datos de la estructura metálica

- Área = $10\text{m} \times 24\text{m} = 240\text{m}^2$
- Luz: $L = 10\text{m}$
- Claro: $C = 6\text{m}$
- Altura: $h = 8\text{ m}$
- Altura total = 9 m
- Número de pórticos = 5
- Inclinación de la cubierta = 20% ; $L/2 = 0,20 * 5 = 1$
- Separación entre Cerchas (S) = 6 m
- Separación entre correas = 1.02 m

4.2) Pórtico Metálico

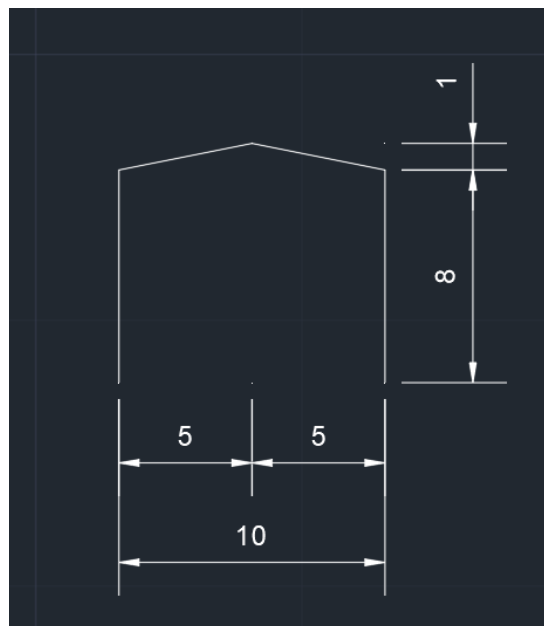


Ilustración 7 Ilustración 6: Dimensiones del pórtico (Cruz, 2023)

4.4) Carga de viento

Velocidad máxima instantánea del viento

La velocidad de diseño para viento hasta 10 m de altura será la adecuada a la velocidad máxima para la zona de ubicación de la edificación, pero no será menor a 21m/s (75 km/h). (VALENCIA, 2014)

Velocidad corregida del viento

$$V_b = V * \sigma$$

Donde:

V_b es la velocidad corregida del viento en m/s

V es la velocidad instantánea máxima del viento en m/s, registrada a 10 m de altura sobre el terreno

σ es el Coeficiente de corrección

Tabla 1 Coeficiente de corrección σ

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Fuente: (NEC-SE-CG-Cargas-No-Sísmicas)

Usaremos 21 m/s dado que nuestra estructura no supera los 10m y nuestro coeficiente de corrección será de 0.90 dado que nuestro sitio de construcción es de categoría B

$$V_b = V * \sigma$$

$$V_b = 21 \text{ m/s} * 0.90$$

$$V_b = 18.9 \text{ m/s}$$

Cálculo de la presión del viento

Se considera que la acción del viento actúa como presión sobre los elementos de fachada. Para determinar la resistencia del elemento frente al empuje del viento, se establece una presión de cálculo P, cuyo valor se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} * p * V_b^2 * C_e * C_r$$

Donde:

P es la Presión de cálculo expresada en Pa (N/m²)

p es la Densidad del aire expresada en Kg/m³ (En general, se puede adoptar 1,25 Kg/m³)

C_e es el Coeficiente de entorno/altura

C_r es el Coeficiente de forma

Dado que en la NEC no se muestra como sacar el C_e procederemos a usar los datos que nos otorga la tabla ASCE 7-16

Tabla 2 de entorno / altura

Height above Ground Level, z		Exposure		
ft	m	B	C	D
0-15	0-4.6	0.57 (0.70) ^a	0.85	1.03
20	6.1	0.62 (0.70) ^a	0.90	1.08
25	7.6	0.66 (0.70) ^a	0.94	1.12
30	9.1	0.70	0.98	1.16
40	12.2	0.76	1.04	1.22
50	15.2	0.81	1.09	1.27
60	18.0	0.85	1.13	1.31
70	21.3	0.89	1.17	1.34
80	24.4	0.93	1.21	1.38
90	27.4	0.96	1.24	1.40
100	30.5	0.99	1.26	1.43
120	36.6	1.04	1.31	1.48
140	42.7	1.09	1.36	1.52
160	48.8	1.13	1.39	1.55
180	54.9	1.17	1.43	1.58
200	61.0	1.20	1.46	1.61
250	76.2	1.28	1.53	1.68
300	91.4	1.35	1.59	1.73
350	106.7	1.41	1.64	1.78
400	121.9	1.47	1.69	1.82
450	137.2	1.52	1.73	1.86
500	152.4	1.56	1.77	1.89

Fuente: (Norma ASCE 7-16)

Dado que la altura total de nuestro galpón es de 9 metros procederemos a usar el coeficiente C_e de 0.70

Y para hallar el C_r que es el Coeficiente de forma usamos la siguiente tabla

Tabla 3 : Coeficiente de determinación del factor de forma Cf

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

Fuente: (NEC-SE-CG-Cargas-No-Sísmicas)

Cálculo de la presión del viento para columnas

$$P = \frac{1}{2} * p * V_b^2 * C_e * C_r$$

$$P = \frac{1}{2} * 1,25 \text{ Kg/m}^3 * 18.9 \text{ m/s}^2 * 0.70 * 0.8$$

$$P = 125.02 \text{ N/m}^2$$

$$P = 12,748 \text{ Kg/m}^2$$

Carga de viento en columnas centrales

Área colaborante: $h * Ac$

Donde:

h es la altura de la columna

Ac es la distancia que existe entre la mitad de una sección a otra

Área colaborante: $8 \text{ m} * 6 \text{ m}$

Área colaborante: 48 m^2

Carga de viento = $P * Ac$

Carga de viento = $12,748 \text{ Kg/m}^2 * 48 \text{ m}^2$

Carga de viento = 611.904 Kg (carga puntual)

Carga distribuida = Carga de viento / h

Carga distribuida = $611.904 \text{ Kg} / 8 \text{ m}$

Carga distribuida = 76.48 Kg/m

Carga de viento en columnas de borde

Área colaborante: $h * Ac$

Donde:

h es la altura de la columna

Ac es la distancia que existe entre la mitad de una sección a su borde

Área colaborante: $8 \text{ m} * 3 \text{ m}$

Área colaborante: 24 m^2

Carga de viento = $P * Ac$

Carga de viento = $12,748 \text{ Kg/m}^2 * 24 \text{ m}^2$

Carga de viento = 305.952 Kg (carga puntual)

Carga distribuida = Carga de viento / h

Carga distribuida = 305.952 Kg / 8 m

Carga distribuida = 38.24 Kg/m

Cálculo de la presión del viento para vigas (barlovento)

En este caso usaremos un C_r de 0.3 basandonos en la tabla 3 que nos indica que coeficiente debemos usar en caso de superficies inclinadas a 15° o menos dado que nuestra inclinación es de 11°

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_r$$

$$P = \frac{1}{2} * 1,25 \text{ Kg/m}^3 * 18.9 \text{ m/s} * 0.70 * 0.3$$

$$P = 46.88 \text{ N/m}^2$$

$$P = 4.78 \text{ Kg/m}^2$$

Carga de viento en vigas centrales

Área colaborante: $h * A_c$

Donde:

h es la altura de la viga

A_c es la distancia que existe entre la mitad de una sección a otra

Área colaborante: $5.10 \text{ m} * 6 \text{ m}$

Área colaborante: 30.60 m^2

Carga de viento = $P * A_c$

Carga de viento = $4.78 \text{ Kg/m}^2 * 30.60 \text{ m}^2$

Carga de viento = 146.268 Kg (carga puntual)

Carga distribuida = Carga de viento / h

Carga distribuida = $146.268 \text{ Kg} / 5.10 \text{ m}$

Carga distribuida = 28.68 Kg / m

Carga de viento en vigas de borde

Área colaborante: $h * A_c$

Donde:

h es la altura de la viga

A_c es la distancia que existe entre la mitad de una sección a su borde

Área colaborante: $5.10 \text{ m} * 3 \text{ m}$

Área colaborante: 15.3 m^2

Carga de viento = $P * A_c$

Carga de viento = $4.78 \text{ Kg/m}^2 * 15.3 \text{ m}^2$

Carga de viento = 73.134 Kg (carga puntual)

Carga distribuida = Carga de viento / h

Carga distribuida = $73.134 \text{ Kg} / 5.10 \text{ m}$

Carga distribuida = 14.34 Kg/m

Cálculo de la presión del viento para vigas (sotavento)

En este caso usaremos un C_r de 0.6 basandonos en la tabla 3 que nos indica que coeficiente debemos usar en caso de superficies inclinadas a 15° o menos dado que nuestra inclinación es de 11°

$$P = \frac{1}{2} * p * V_b^2 * C_e * C_r$$

$$P = \frac{1}{2} * 1,25 \text{ Kg/m}^3 * 18.9 \text{ m/s}^2 * 0.70 * 0.6$$

$$P = 93.76 \text{ N/m}^2$$

$$P = 9.56 \text{ Kg/m}^2$$

Carga de viento en vigas centrales

$$\text{Área colaborante: } h * A_c$$

Donde:

h es la altura de la viga

A_c es la distancia que existe entre la mitad de una sección a otra

$$\text{Área colaborante: } 5.10 \text{ m} * 6 \text{ m}$$

$$\text{Área colaborante: } 30.60 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga de viento} = P * A_c$$

$$\text{Carga de viento} = 9.56 \text{ Kg/m}^2 * 30.60 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga de viento} = 292.536 \text{ Kg (carga puntual)}$$

$$\text{Carga distribuida} = \text{Carga de viento} / h$$

$$\text{Carga distribuida} = 292.536 \text{ Kg} / 5.10 \text{ m}$$

$$\text{Carga distribuida} = 57.36 \text{ Kg} / \text{m}$$

Carga de viento en vigas de borde

$$\text{Área colaborante: } h * A_c$$

Donde:

h es la altura de la viga

A_c es la distancia que existe entre la mitad de una sección a su borde

$$\text{Área colaborante: } 5.10 \text{ m} * 3 \text{ m}$$

$$\text{Área colaborante: } 15.3 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga de viento} = P * A_c$$

$$\text{Carga de viento} = 9.56 \text{ Kg/m}^2 * 15.3 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga de viento} = 146.268 \text{ Kg (carga puntual)}$$

Carga distribuida = Carga de viento / h

Carga distribuida = 146.268 Kg / 5.10 m

Carga distribuida = 28.68 Kg/m

4.5) Consideraciones de carga

Para el diseño de nuestra estructura, es imperativo considerar las cargas presentes en el sitio. El almacén ha sido concebido para la cabecera cantonal de Santa Elena, en Ecuador. En este entorno, no se registran fenómenos como nieve o ceniza. No obstante, es esencial tener en cuenta la carga de mantenimiento asociada al acceso para limpiar la cubierta del galpón.

Asimismo, es necesario contemplar las luminarias que serán instaladas en el almacén, el sistema de ventilación que se implementará y la carga muerta del material de la cubierta seleccionado. Todos los datos provienen de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), y es fundamental recordar que se está evaluando el pórtico más cargado, siendo en este caso los pórticos centrales.

Tipos de carga:

Sobrecarga de cubierta = 70 Kg/m^2

Carga de luminarias = 12 Kg/m^2

Carga de ventilación = 5 Kg/m^2

Carga de cubierta = 20 Kg/m^2

Carga total aproximada = 107 Kg/m^2

Hasta el momento, contamos con una carga estimada excluyendo el peso del pórtico, el cual puede ser incluido o no en los cálculos, según se prefiera. En este escenario, optaremos por tener en cuenta el peso propio, siguiendo las directrices de la normativa que nos sugiere emplear la siguiente ecuación para su determinación.

Carga total incluido el peso = carga sin peso + 5% carga sin peso

Carga total incluido el peso = $107 \text{ Kg/m}^2 + 5.35 \text{ Kg/m}^2$

Carga total = 112.35 Kg/m^2

Carga total aproximada = 115 Kg/m^2

Carga total aproximada = 0.115 Ton/m^2

Hasta este momento, se dispone de una carga global aproximada expresada en toneladas por metro cuadrado. Para llevar a cabo los cálculos en el programa SAP2000, se ingresará la carga por metro lineal correspondiente a los pórticos más cargados, que, como se mencionó anteriormente, son los centrales.

Como se detalló anteriormente, se utilizarán perfiles de 6 metros en el diseño. Por lo tanto, el ancho tributario para los pórticos centrales es de 3 metros, el cual es soportado por el pórtico.

Carga por metro lineal = carga por metro cuadrado * ancho tributario

Carga por metro lineal = $0.115 \text{ Ton/m}^2 * 6 \text{ m}$

Carga por metro lineal = 0.69 Ton/m

Selección de materiales y consideraciones de seguridad.

Se empleará el acero A36, que posee una resistencia a la fluencia de 36 ksi. No obstante, no se utilizará la resistencia máxima inherente a estos materiales; en su lugar, se aplicará un factor de seguridad para garantizar la confiabilidad de los cálculos. El factor de seguridad seleccionado es de 0,6.

$$f_y = 36 \text{ ksi} = 2.54 \text{ Ton/cm}^2$$

$$f_y = 36 \text{ ksi} * 0.6$$

$$f_y = 21,6 \text{ ksi}$$

La mayor parte de los cálculos se realizarán en el sistema MKS, por lo tanto, al convertir los valores, el resultado se presenta de la siguiente forma.

$$\sigma = \frac{21600 \text{ lb}}{\text{in}^2} * \frac{1 \text{ kgf}}{2,2 \text{ lb}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kgf}} * \frac{1 \text{ in}^2}{2,54^2 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 1,523 \text{ Ton/cm}^2$$

Como ya teníamos establecida nuestra carga por metro lineal procedemos a colocarla dentro de nuestro presdiseño en el sap2000

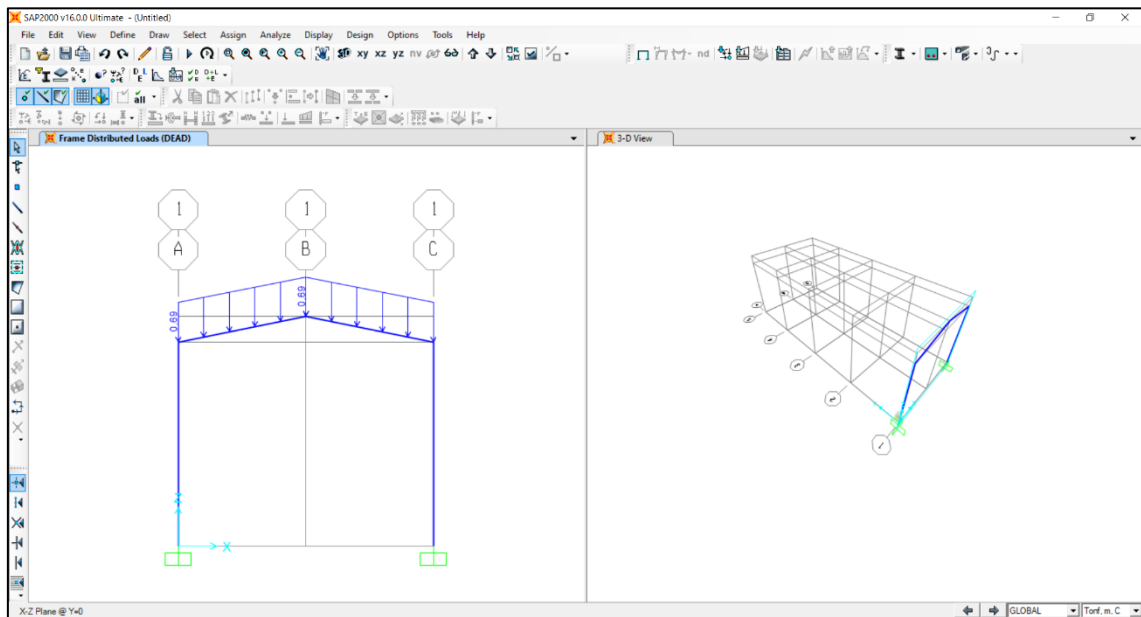


Ilustración 10 diseño frontal del pórtico en robot

Una vez realizado eso procedemos a poner a correr el diagrama de momentos del pórtico más cargado con la herramienta “RUN”

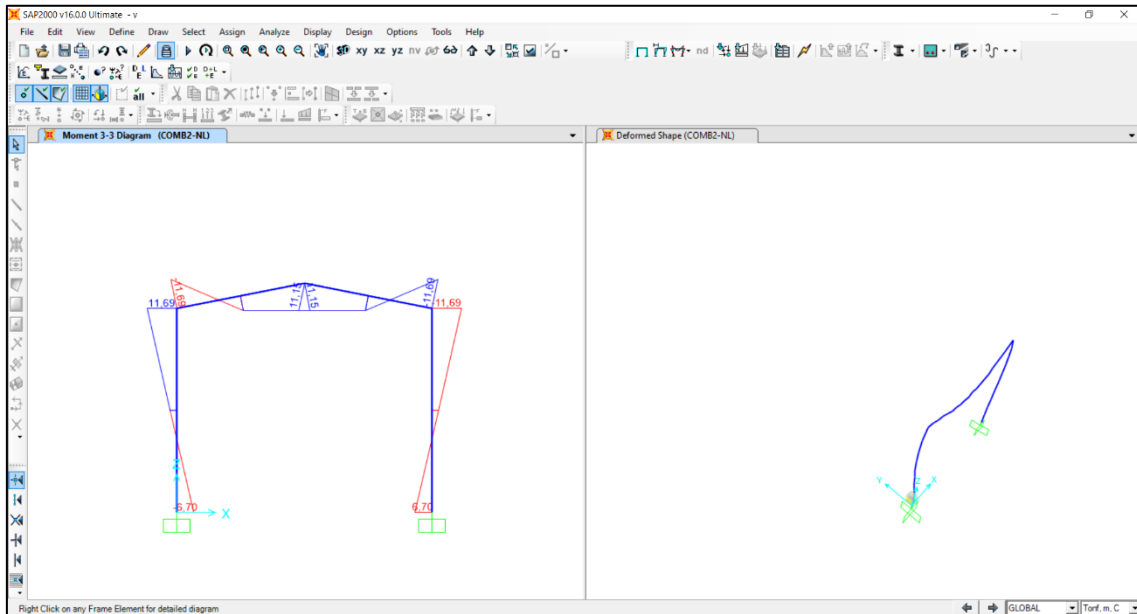


Ilustración 11 diagrama de momentos dados por sap2000

Del diagrama de momentos obtenido se determina el momento máximo, que en este caso es: *Momento maximo: 11.69 ton * m*

Y Para determinar el valor del cortante máximo, el cual será usado para cálculos siguientes usamos la misma herramienta, dadno que la cortante maxima se produce en la cercha la cual es: *Cortante maximo: 9,41 ton*

Para la preselección de los canales a usar en las columnas, se usará la ecuación del esfuerzo: $A = \frac{F}{\sigma}$

Es sabido que el momento se define como el resultado de multiplicar la fuerza por la longitud del brazo. usualmente dicha separación entre columna y columna será de 1 metro, pero en este caso la columna al plantearse como un tubo cuadrado se seguirá usando 1 metro como medida. Por lo tanto:

$$F = \frac{M}{d}$$

$$F = \frac{11.69 \text{ ton} * m}{1 m}$$

$$F = 11.69 \text{ ton}$$

Dado esta formula tenemos que:

$$A = \frac{11.69 \text{ ton}}{1,523 \text{ Ton/cm}^2}$$

$$A = 7.74 \text{ cm}^2$$

Con base en esta superficie, podemos determinar las dimensiones de los canales; Sin embargo, es crucial elegir una estructura que sea práctica. Por lo tanto, se debe evitar seleccionar una sección con un espesor superior a 6 mm. (.importaceros, 2024)

Se examina el catálogo de Importaceros-Ecuador para identificar una sección que cumpla con el área requerida. En este caso, se opta por trabajar con un tubo cuadrado grande estructural y seleccionamos el primero disponible de 15x15x3 en función de su área.

Tabla 4 tabla de cuadrados estructurales

CUADRADOS GRANDES DIMENSIONES							Propiedades		
Lado A	Lado A	Espesor (e)	Largo	Peso		Área	I	W	i
mm	mm	mm	m	kg / m	kg / 6m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
150	150	3,0	6	13,67	82,02	17,41	622,73	83,03	5,98
150	150	3,0	12	13,67	164,04	17,41	622,73	83,03	5,98
150	150	4,0	6	18,01	108,06	22,95	807,82	107,71	5,93
150	150	4,0	12	18,01	216,12	22,95	807,82	107,71	5,93
150	150	5,0	6	22,26	133,56	28,36	982,12	130,95	5,89
150	150	6,0	6	26,40	158,40	33,63	1145,91	152,79	5,84
150	150	6,0	12	26,40	316,8	33,63	1145,91	152,79	5,84
200	200	3,0	6	18,38	110,28	23,41	1506,51	150,65	8,02
200	200	4,0	6	24,29	145,74	30,95	1968,13	196,81	7,97
200	200	5,0	6	30,11	180,66	38,36	2410,09	241,01	7,93

Preselección de los perfiles de los ángulos.

La estructura de refuerzo estará compuesta por perfiles cuadrados también. Para la estimación preliminar de estos perfiles, se empleará el cortante máximo, el cual ya ha sido identificado en la imagen 19. Los refuerzos inclinados experimentarán una carga adicional debido al ángulo de inclinación, y por medidas de seguridad, el diseño se realiza considerando el escenario más desfavorable.

Cortante máximo encontrado: 9.41 Toneladas

Dado este contexto, el perfil inclinados enfrentarán el cortante máximo en la dirección horizontal. Se hace necesario determinar el componente inclinado, que representa la verdadera fuerza que actúa sobre los canales inclinados. Considerando que es frecuente que el ángulo entre estas dos fuerzas sea de 45°.

Y mediante razones trigonometricas sacamos la siguiente formula:

$$\text{Cos}(45) = \frac{V \text{ max}}{f}$$

$$f = \frac{9,41 \text{ ton}}{\text{Cos}(45)}$$

$$f = 13.30 \text{ ton}$$

Con este resultado volvemos a usar la formula de esfuerzo para obtener el area minima que debemos cumplir

$$A = \frac{13.30 \text{ ton}}{1,523 \text{ Ton/cm}^2}$$

$$A = 8.73 \text{ cm}^2$$

Con esta superficie, podemos determinar las dimensiones de los ángulos, pero es crucial elegir una estructura que sea práctica. Por lo tanto, se debe evitar seleccionar una sección que tenga un espesor superior a 6 mm.

En este caso usaremos la parte externa sera cuadrada mientras que la parte interna sera rectangular por tema de costos, dicho esto este sera el primer perfil optado:
(importaceros, 2024)

Tabla 5 tabla de perfiles cuadrados menor

75	2,50	7,09	5,56	61,40	16,37	2,94
	3,00	8,41	6,60	71,65	19,11	2,92
	4,00	10,95	8,59	90,29	24,08	2,87
90	1,80	6,27	4,92	80,71	17,94	3,59
	2,00	6,94	5,45	88,87	19,75	3,58
	2,50	8,59	6,74	108,57	24,13	3,56
	3,00	10,21	8,01	127,32	28,29	3,53
	4,00	13,35	10,48	162,02	36,01	3,48
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
	3,00	11,41	8,96	177,08	35,42	3,94
	4,00	14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
	5,00	18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80

Como vemos usaremos un perfil de 10x10x3

Para la parte interna optaremos por un perfil rectangular por tema de costo aunque si cumple con todos los datos que nos arroja el SAP2000, es este caso sera de 100x50x4.

Tabla 6 5 tabla de perfiles cuadrados menor

50	90	2,00	5,34	4,19	57,88	12,86	3,29	23,37	9,35	2,09
		2,50	6,59	5,17	70,28	15,62	3,27	28,25	11,30	2,07
		3,00	7,81	6,13	81,88	18,20	3,24	32,77	13,11	2,05
		4,00	10,15	7,97	102,81	22,85	3,18	40,81	16,32	2,01
50	100	1,50	4,35	3,42	57,77	11,55	3,64	19,89	7,96	2,14
		1,80	5,19	4,07	68,22	13,64	3,63	23,41	9,37	2,12
		2,00	5,74	4,50	74,99	15,00	3,62	25,68	10,27	2,12
		2,50	7,09	5,56	91,22	18,24	3,59	31,07	12,43	2,09
		3,00	8,41	6,60	106,49	21,30	3,56	36,09	14,44	2,07
		4,00	10,95	8,59	134,24	26,85	3,50	45,05	18,02	2,03
50	150	1,80	6,99	5,48	188,33	25,11	5,19	33,87	13,55	2,20
		2,00	7,74	6,07	207,54	27,67	5,18	37,21	14,88	2,19
		2,50	9,59	7,53	254,09	33,88	5,15	45,19	18,08	2,17
		3,00	11,41	8,96	298,58	39,81	5,12	52,68	21,07	2,15

Pre selección de la cubierta

En esta situación, únicamente debemos tener en cuenta la carga de mantenimiento, que implica que una persona suba al techo para limpiar o llevar a cabo algún tipo de mantenimiento. También debemos considerar la carga viva del techo que se colocará sobre las correas, así como cualquier instalación adicional que pueda escapar de nuestros cálculos.

$$Carga = \text{Mantenimiento} + \text{carga del techo} + \text{instalacion}$$

Cabe recalcar que como todavia no conocemos la carga del techo pero se especifico que seria de aluminio procederemos a buscar su carga en la siguiet tabla, tomando en cuenta que se quiere un espesor un poco mayor de 1mm

Tabla 7 tabla de espesores de aluminio

ESPESOR	DIMENSIONES		PESO
mm	ancho	largo	kg.
	mm	mm	
0.70	1220	2440	5.61
0.70	1000	2000	3.78
0.90	1220	2440	7.22
0.90	1000	2000	4.86
1.00	1220	2440	8.02
1.00	1000	2000	5.40
1.20	1220	2440	9.62
1.20	1000	2000	6.48
1.50	1220	2440	12.03
1.50	1000	2000	8.10
2.00	1220	2440	16.04
2.00	1000	2000	10.80
2.50	1220	2440	20.05
2.50	1000	2000	13.50
3.00	1220	2440	24.06
3.00	1000	2000	16.20

En este caso usaremos el espesor de 1.20 mm por lo cual su peso sera de 6.48 kg/m^2

$$\text{Carga} = 70 \text{ kg/m}^2 + 6.48 \text{ kg/m}^2 + 7 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga} = 83.48 \text{ kg/m}^2$$

De manera similar a lo efectuado en la sección de consideraciones de carga, se agregará el peso correspondiente al 5% de la carga. (metalhierro, 2021)

$$\text{Carga total} = 83.48 \text{ kg/m}^2 + 5\% (83)$$

$$\text{Carga} = 87.65 \text{ kg/m}^2$$

Con el fin de obtener una carga distribuida de manera lineal, se multiplicará por el ancho tributario entre las correas. Para este cálculo, se ha tomado en cuenta una distancia de 1 metro, que es una medida aceptable para la separación entre cada correa.

$$\text{Carga lineal} = 87.65 \text{ kg/m}^2 * 1\text{m}$$

$$Carga\ lineal = 87.65\ kg/m$$

Después de calcular la carga lineal sobre las correas o largueros, se determina el momento máximo que se generará entre ellas. No es necesario recurrir al SAP2000, ya que las correas se consideran simplemente apoyadas y se cuenta con la expresión para determinar el momento máximo.

$$M_{max} = \frac{w * l^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{87.65 * 6^2}{8}$$

$$M_{max} = 0.39\ ton * m$$

$$M_{max} = 39\ ton * cm$$

Para calcular las dimensiones de las correas, se puede aplicar la fórmula de la flexión. No obstante, surge un inconveniente dado que las correas no estarán rectas, ya que en la parte superior presentan un ángulo, el cual fue calculado junto con los ángulos mencionados anteriormente. Considerando este ángulo, es posible calcular el módulo de sección S como parte del proceso de predimensionamiento.

$$Sx = \frac{Mx}{fy}$$

$$Sx = \frac{39\ Cos(11)}{2,54}$$

$$Sx = 15.07\ cm^3$$

$$Sy = \frac{My}{fy}$$

$$Sy = \frac{39\ Sen(11)}{2,54}$$

$$S_y = 2.93 \text{ cm}^3$$

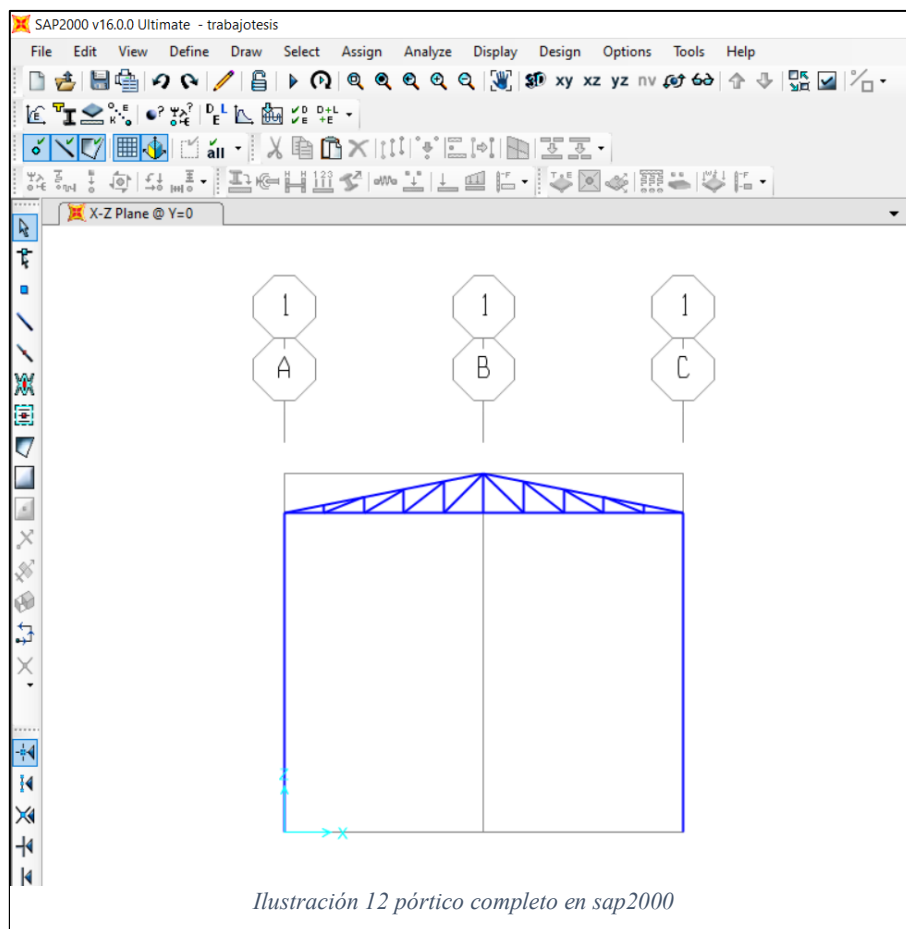
Con los valores del módulo de sección se puede ir al catálogo y verificar la sección que más se ajusta a lo solicitado. Esta vez el módulo debe estar un poco por debajo del que obtuvimos. (habitatyvivienda.gob.ec, 2014)

Resumen de secciones escogidas en el predimensionamiento

- Correas: tipo rectangular 100x50x3
- Columnas: tipo cuadrada 150x150x4
- Cerchado: tipo cuadrada 100x100x3

Método de diseño en SAP2000

Después de generar el diseño del almacén en Autocad, es necesario importarlo a



SAP2000, donde procederemos a cargar la representación frontal del almacén.

Concluyendo esta sección, se llevará a cabo la fijación de las columnas, conforme al diseño establecido. En este proceso, se inicia seleccionando los puntos inferiores de las columnas en SAP2000.

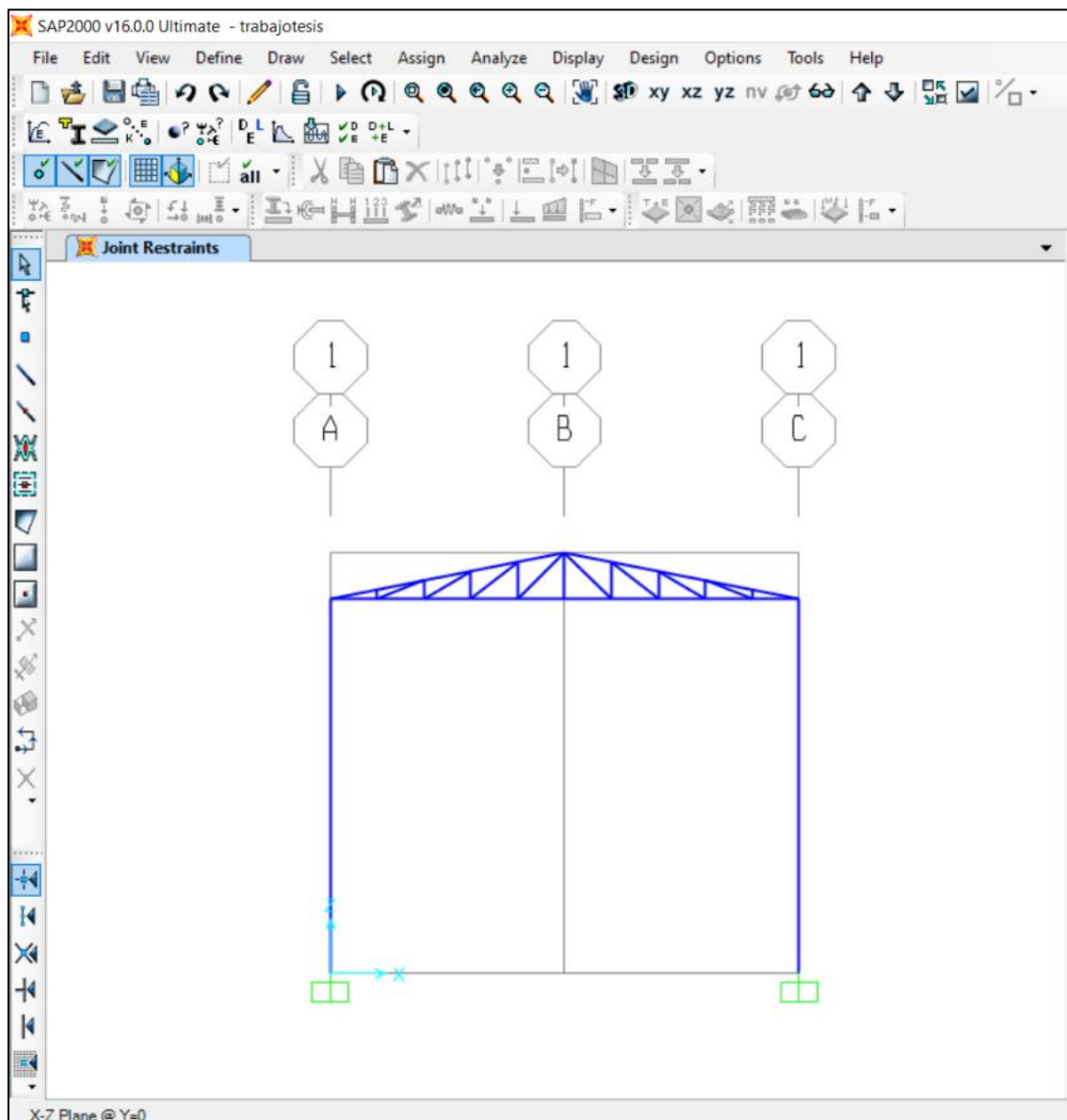


Ilustración 13 fijación de empotramientos en las columnas

Concluimos la primera fase del diseño mediante el comando "replicar" para agilizar la creación de los pórticos restantes y añadimos las correas, elementos clave para reforzar la estabilidad de la estructura. Este enfoque optimiza el proceso y garantiza una distribución eficiente de cargas.

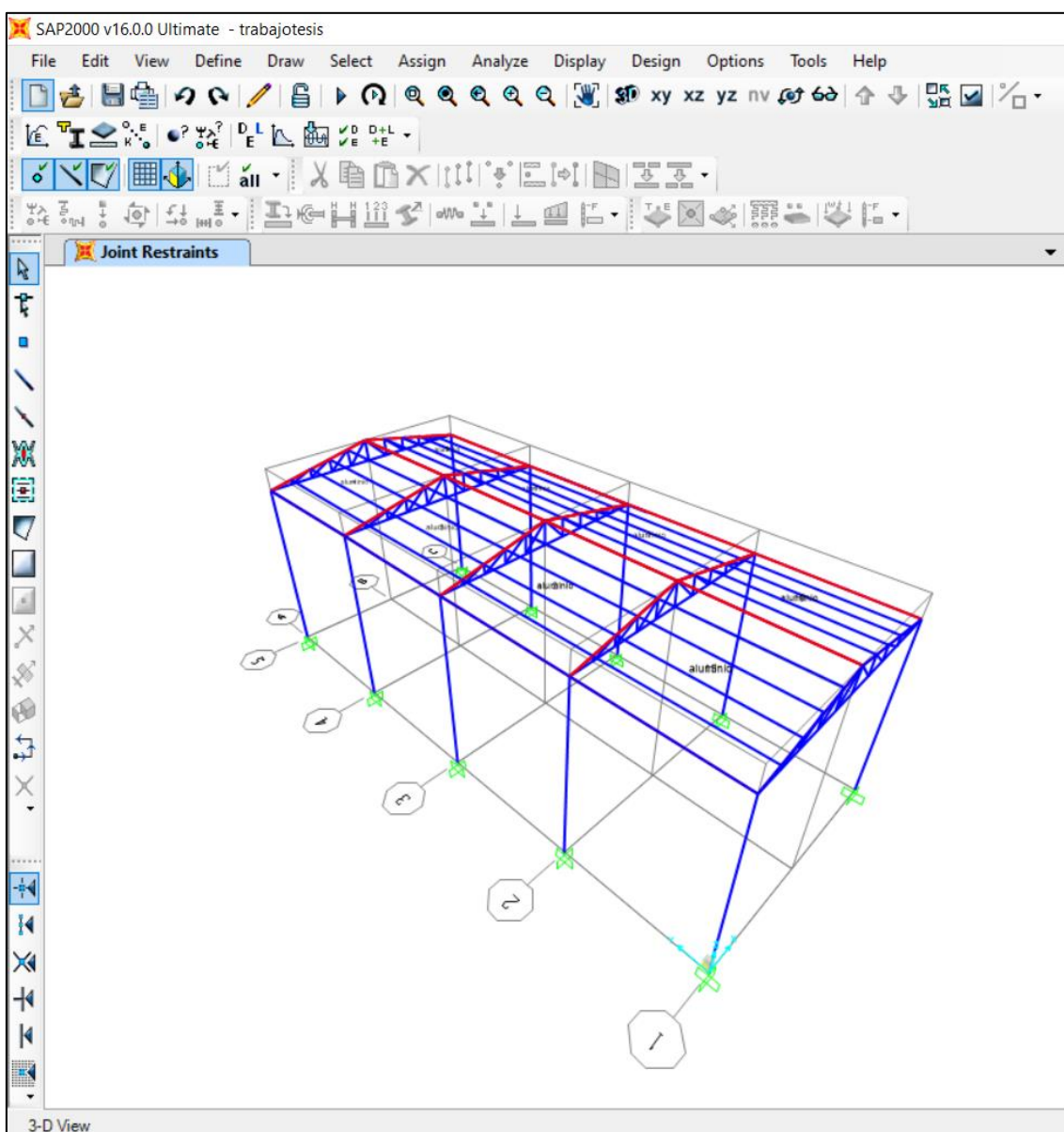


Ilustración 14 termino de los demás pórticos y correas del galpón

Concluido el diseño, nos adentramos en la fase de definición de materiales. En este contexto, hemos decidido emplear acero A36 para todos los perfiles estructurales debido a su robustez y a la adecuada relación costo-beneficio que ofrece. En cuanto al revestimiento del techo, hemos seleccionado el aluminio, valorando su ligereza y resistencia a la corrosión. Estas elecciones materializan una combinación equilibrada entre eficiencia técnica y consideraciones económicas, asegurando un diseño que cumple con los estándares de rendimiento y sostenibilidad establecidos para el proyecto.

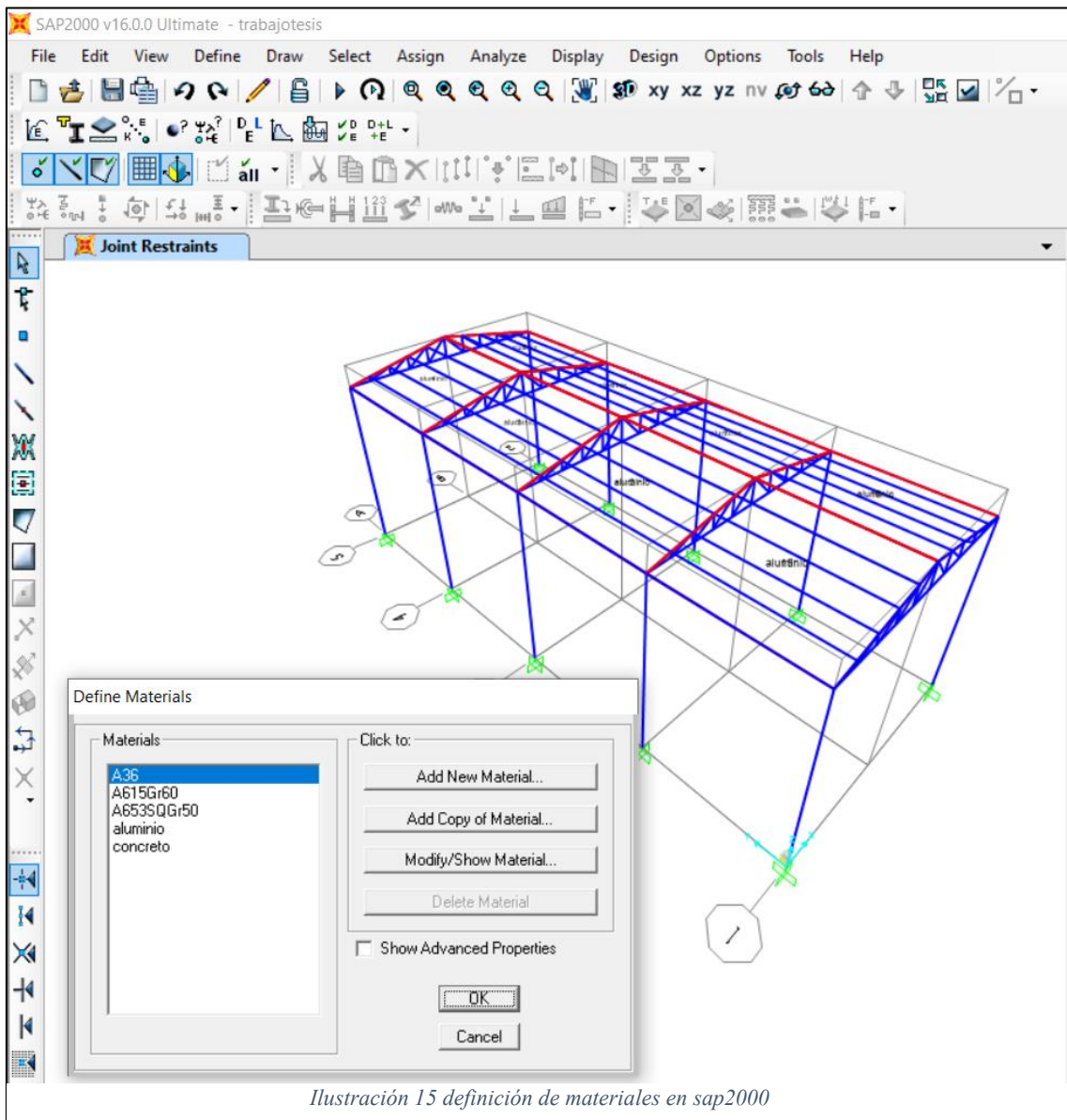


Ilustración 15 definición de materiales en sap2000

En este paso, incorporamos las secciones estructurales previamente calculadas durante el predimensionamiento al diseño. Estas secciones, seleccionadas por su resistencia y eficiencia, se integran cuidadosamente para asegurar una adaptación precisa a las necesidades del proyecto.

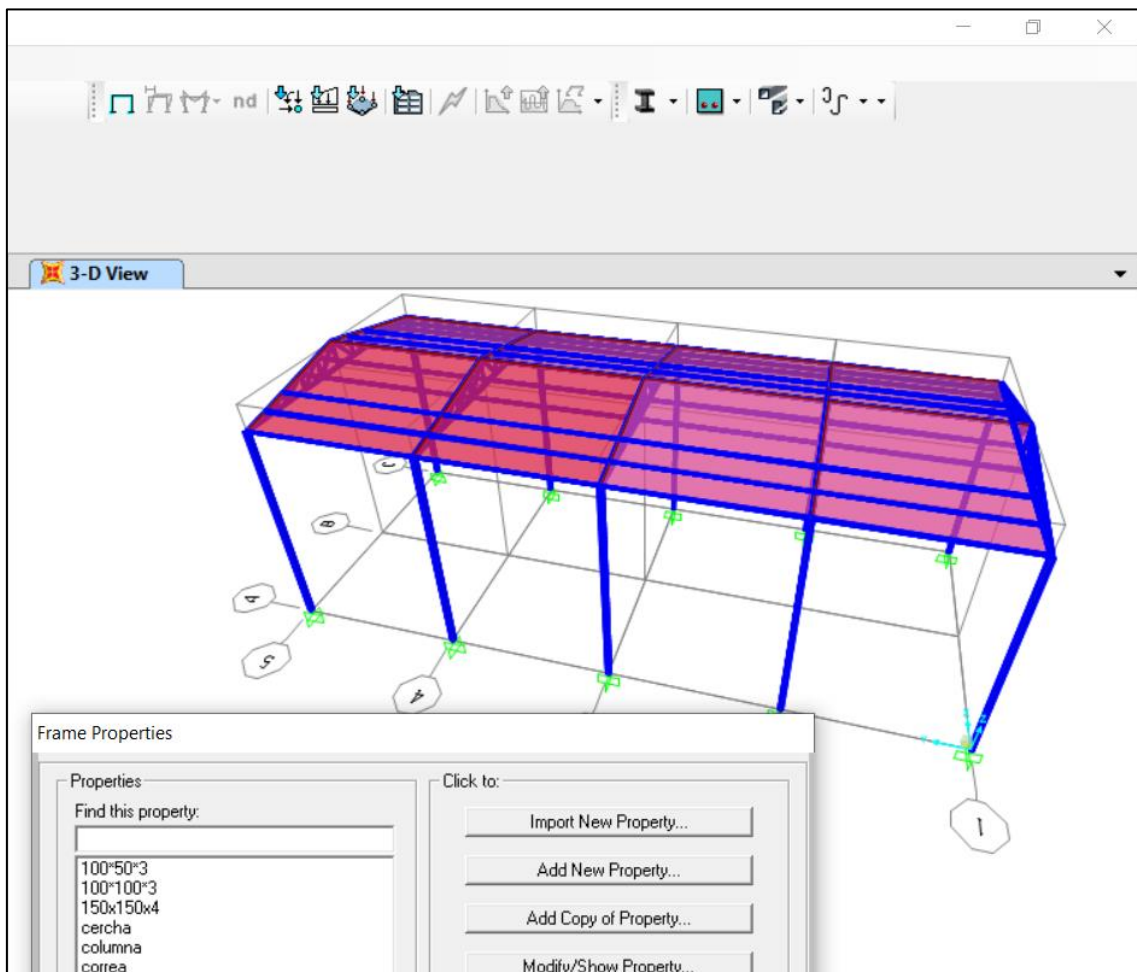


Ilustración 16 incorporación de las secciones estructurales

Imposición de las cargas en las correas.

En esta fase, se lleva a cabo la carga del almacén con la carga viva y muerta. La carga viva previamente calculada ronda los 150 Kg/m, mientras que la carga muerta de la cubierta, establecida según normativas, se asigna en 60 Kg/m. Estos valores se aplican directamente sobre las correas, las cuales están diseñadas para soportar y distribuir estas cargas, actuando como elementos fundamentales de resistencia.

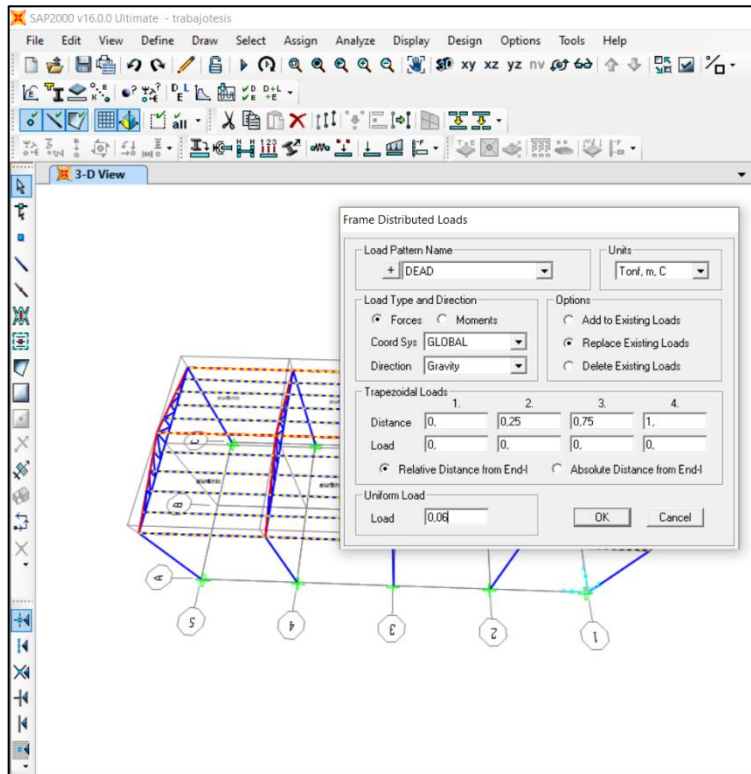


Ilustración 17 incorporación de carga muerta

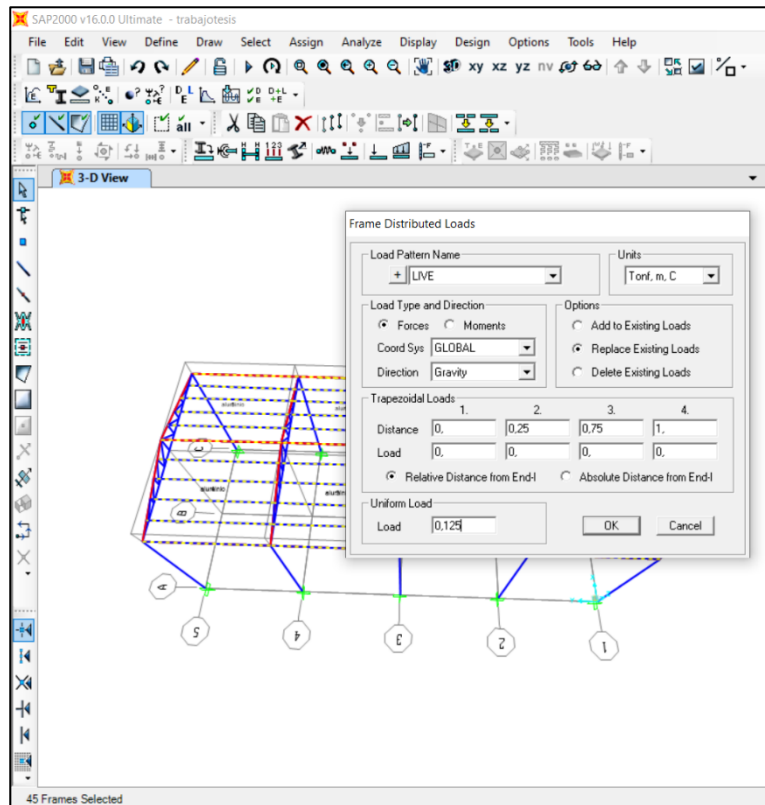


Ilustración 18 incorporación de carga muerta

Evaluación de Modos de Vibración.

Al analizar el primer modo de vibración, se observa que presenta un período de 1,74, el cual se revela significativamente mayor al nuestro. Este período, que supera nuestras expectativas, indica la necesidad de realizar ajustes y refinamientos en el diseño para lograr una respuesta vibracional más acorde con los parámetros establecidos.

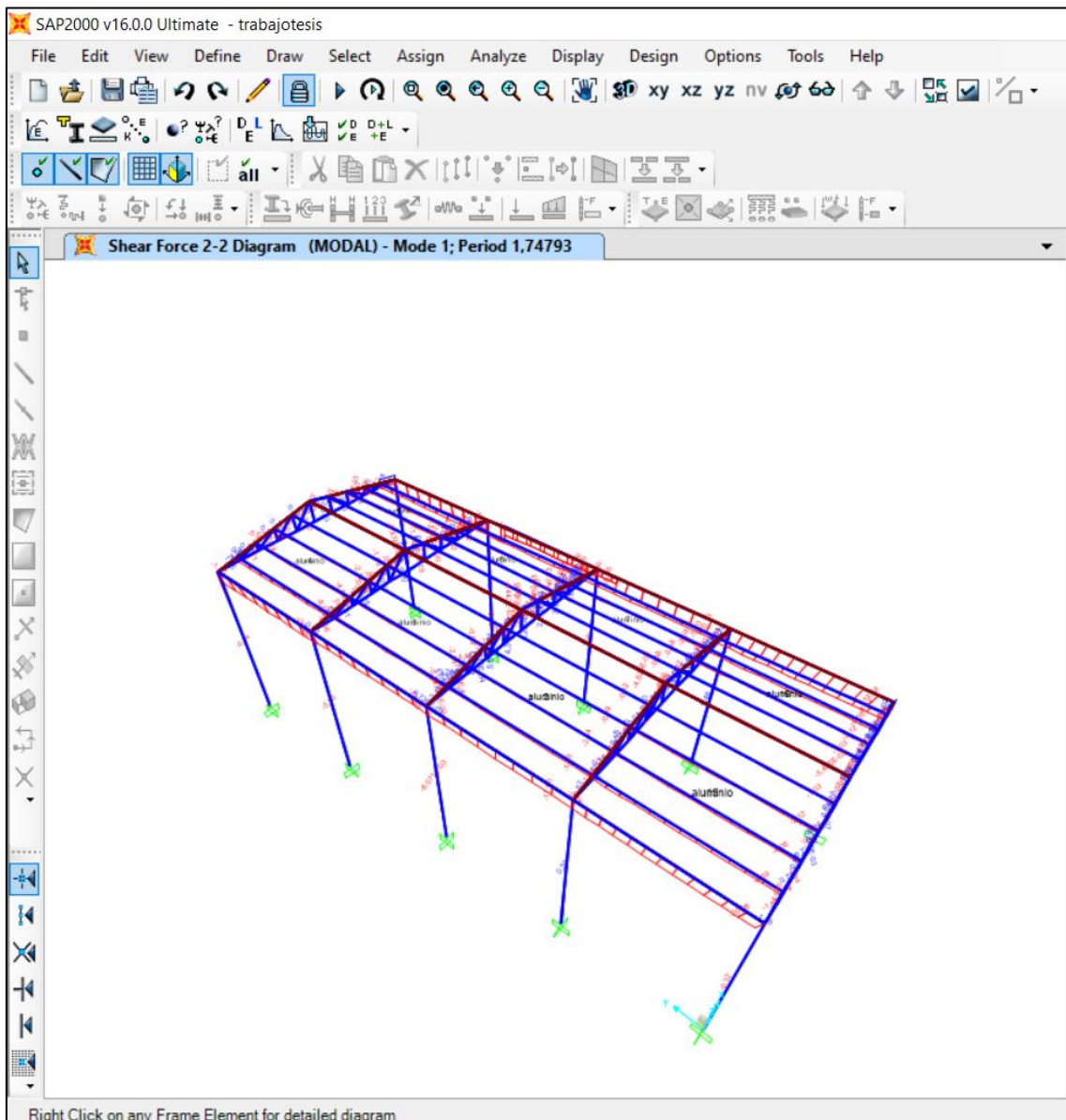


Ilustración 18 Evaluación de modos de vibración

En consecuencia, la acción a llevar a cabo consiste en incorporar elementos de rigidez con el fin de reducir el período y asegurar que nuestra estructura cumpla con las normativas sísmicas específicas. En cuanto al diámetro del tensor destinado a fortalecer la estructura, es imperativo tener en cuenta las siguientes condiciones para su selección:

$$\phi > \frac{5}{8} \text{ pulg}$$

$$\phi > 16 \text{ mm}$$

por lo consiguiente:

$$\phi > \frac{L}{500}$$

$$\phi > \frac{1000}{500}$$

$$\phi > 2 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se avanzará en la utilización de barras de refuerzo:

$$\phi > 20 \text{ mm}$$

Análisis de la estructura

Iniciamos el análisis de la estructura con el propósito de verificar que las secciones seleccionadas son apropiadas para soportar las cargas que se les han aplicado. Este proceso asegura la conformidad de la estructura con los requisitos de resistencia y estabilidad establecidos durante el diseño.

Previo al análisis de las combinaciones, efectuamos la verificación de la aplicación de la carga muerta, obteniendo resultados sobresalientes según la gráfica adjunta. Esta representación utiliza un sistema de colores que va desde el tono celeste, indicando niveles más bajos, hasta el rojo, que señala niveles más elevados y potencialmente peligrosos.

Este proceso nos brinda una visualización clara y detallada, facilitando la identificación de áreas críticas y asegurando la integridad estructural bajo las cargas aplicadas.

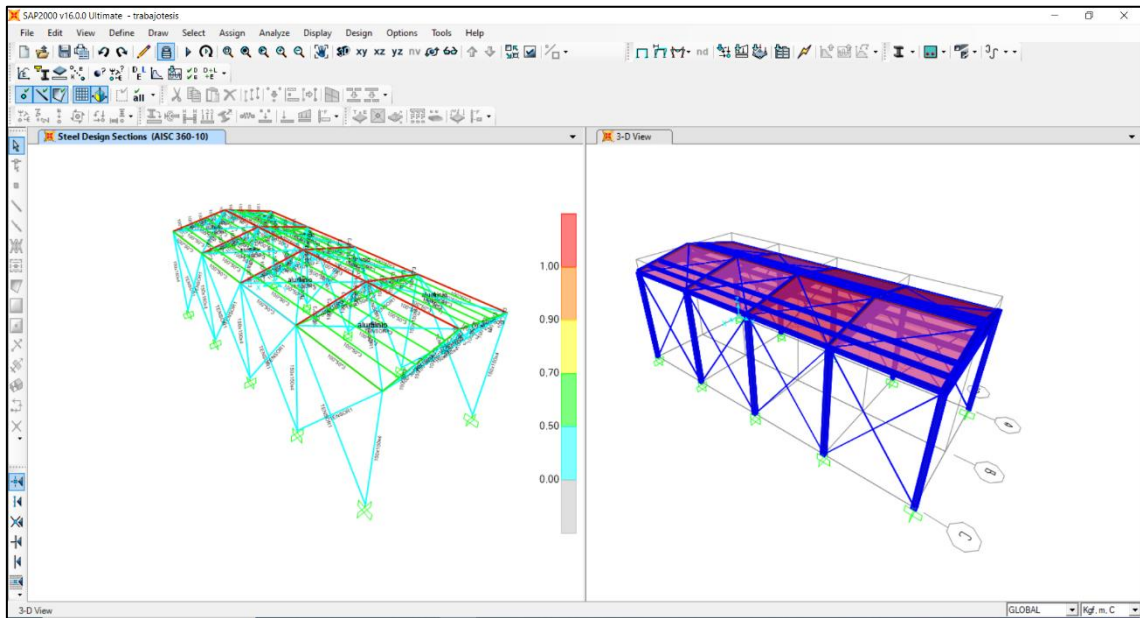


Ilustración 9 Diagrama de análisis estructural (carga muerta)

Diagrama de análisis estructural (combinación 1)

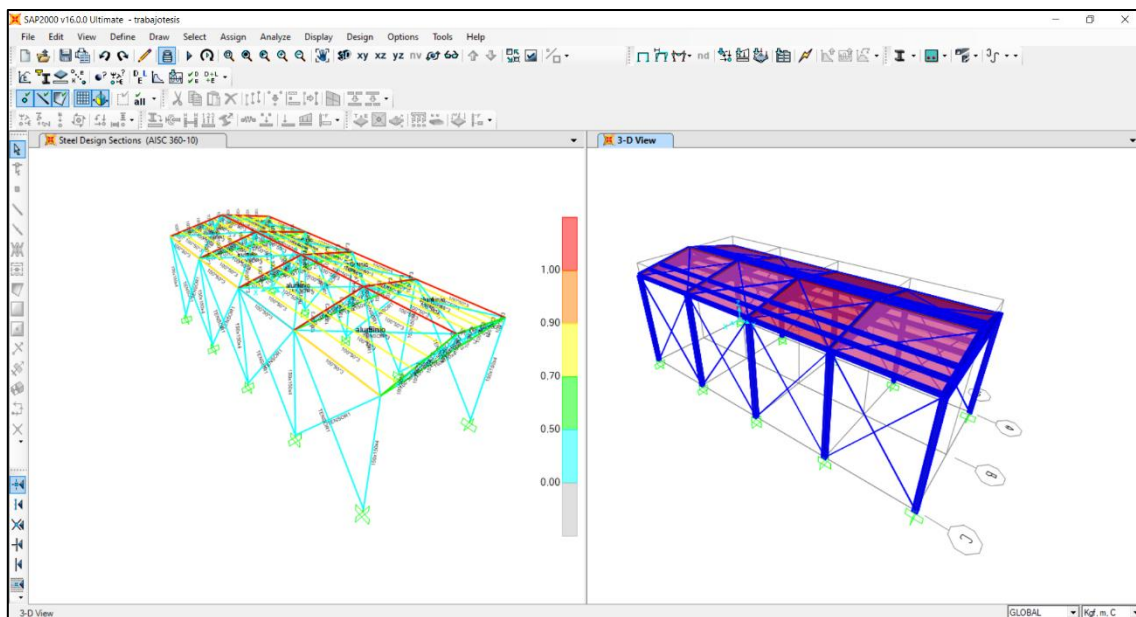


Ilustración 21 Diagrama de análisis estructural (combinación 1)

Diagrama de análisis estructural (combinación 2)

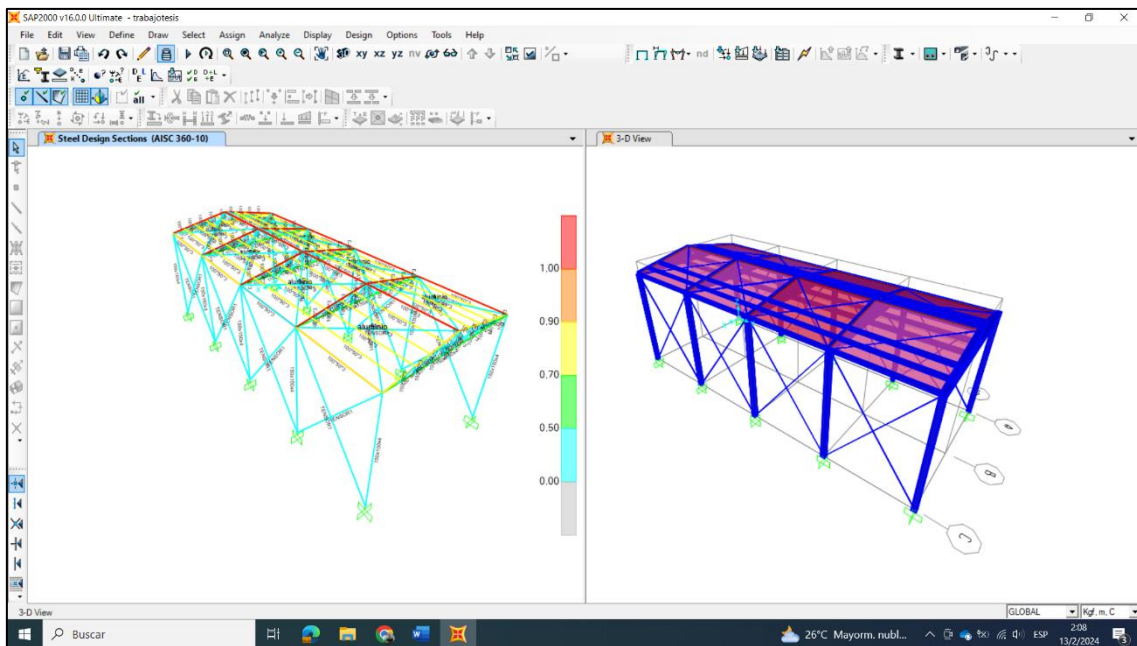


Ilustración 22 Diagrama de análisis estructural (combinación 2)

Diagrama de análisis estructural (combinación 2)

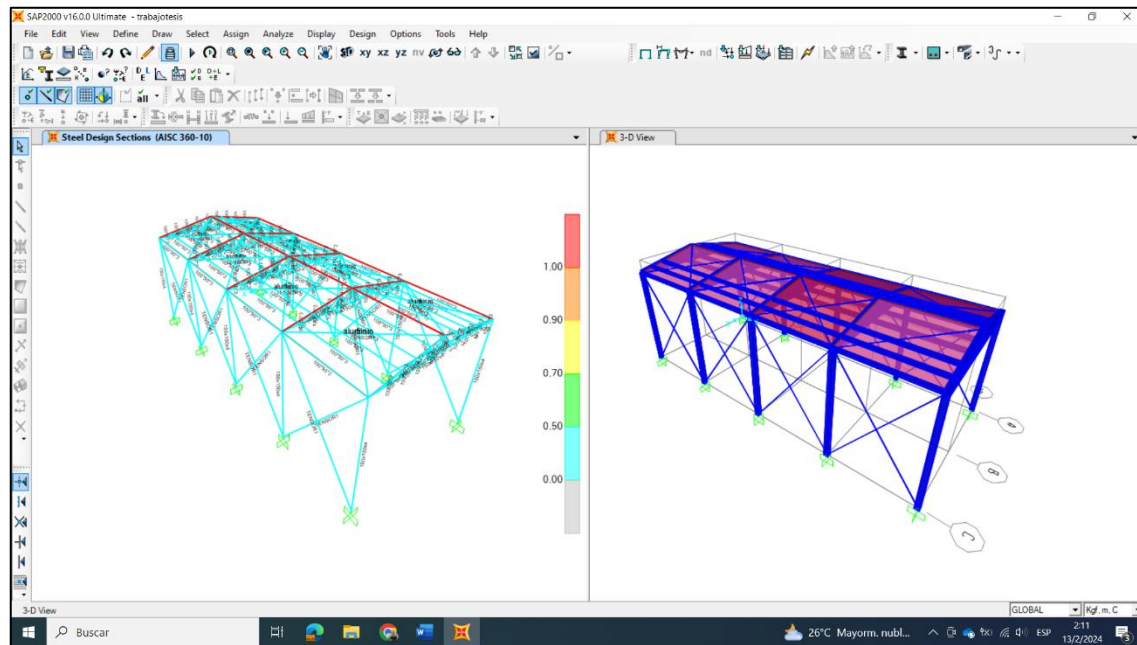


Ilustración 23 Diagrama de análisis estructural (combinación 3)

Observaciones del proyecto

Es importante resaltar que durante el exhaustivo análisis estructural, se identificó que varios elementos no cumplían con los requisitos mínimos para resistir las diversas combinaciones de carga establecidas. Frente a esta situación, se optó por una estrategia de sobredimensionamiento, una medida que implicó ajustes en múltiples perfiles estructurales.

Un ejemplo notable es el tubo cuadrado de 15x15x4, el cual fue sobredimensionado a una dimensión más robusta de 30x30x6. Asimismo, se tomó la decisión de modificar el diseño original del tubo rectangular de 10x5x3 por un tubo cuadrado de 20x20x5. Este replanteamiento estructural no solo busca garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad y resistencia, sino también abordar las deformaciones sustanciales que se manifiestan en la estructura original.

La adaptación de estos perfiles mediante el proceso de sobredimensionamiento tiene como objetivo principal mejorar la capacidad de carga, estabilidad y rendimiento estructural del galpón. Estos ajustes aseguran que la estructura pueda operar de manera eficiente y segura bajo las condiciones de carga previstas, evitando deformaciones excesivas que podrían afectar negativamente su integridad y funcionamiento general. Este enfoque proactivo en la optimización de los elementos estructurales contribuye a una operación más confiable y resiliente del galpón en su conjunto.

CAPITULO VI

6.1) Conclusiones

- A pesar de que los cálculos iniciales nos proporcionaron datos cruciales para llevar a cabo el prediseño de los perfiles en cada sección del galpón, al someterlos a las cargas y combinaciones de carga en el programa, la mayoría de ellos exhibieron fallos. Como respuesta, fue necesario realizar un predimensionamiento de cada sección, considerando, por supuesto, los catálogos existentes en el mercado. las columnas, inicialmente diseñadas como 15x15x4, tuvieron que ser ajustadas a un diseño de 30x30x5 debido a la altura específica del proyecto. Asimismo, los perfiles de cerca, inicialmente concebidos como 10x10x3, fueron modificados a un diseño de 15x15x4 al trabajar con un ángulo de 45 grados. Igualmente, las correas, inicialmente 15x15x4, se ajustaron a un diseño de 20x20x5 para cumplir con los requisitos, todo esto basado en la tabla de diseños de tubo estructural cuadrado proporcionada por Importaceros.
- La estructura fue sometida a diversos tipos de cargas de diseño. Inicialmente, se evaluó su comportamiento bajo carga muerta. Posteriormente, se llevaron a cabo tres combinaciones de carga: la combinación 1 ($D \times 1.4$), donde D representa la carga muerta; la combinación 2 ($D \times 1.2 + L \times 1.6$), considerando carga muerta y carga viva; y la combinación 3 ($D \times 0.9 + W \times 1.0$), integrando carga muerta y carga de viento. Es crucial destacar que se excluyeron otras combinaciones de carga debido a la ubicación del galpón en la costa, donde la posibilidad de carga de granizo es improbable. Además, la carga sísmica fue omitida en este caso específico, dado que la actividad sísmica en el sector es mínima.
- Con base en los resultados obtenidos, estamos en condiciones de presentar los planos definitivos de la nave industrial, los cuales incluyen detalladamente las especificaciones técnicas de cada uno de los perfiles. Estos documentos son fundamentales para la fase de armado en obra, proporcionando una guía precisa y detallada que asegura la correcta implementación de la estructura según las especificaciones del diseño final.

6.2) Recomendaciones

- Verificamos que todos los elementos para la construcción del galpón cumplan con las normas de calidad y fabricación. En nuestro caso, todos los elementos cumplen con la norma ASTM A 500 y la norma de fabricación NTE INEN 2415, garantizando así la calidad y conformidad con estándares reconocidos internacionalmente.
- Priorizar la seguridad en el diseño estructural. Es imperativo concebir cada construcción de manera que responda eficazmente a todas las cargas a las cuales será sometida, garantizando así la integridad estructural y, lo más crucial, la seguridad de las personas. En nuestro caso, se observó la necesidad de sobredimensionar el galpón para mitigar cualquier riesgo estructural potencial, asegurando un entorno constructivo robusto y libre de peligros para los ocupantes y usuarios.
- Es esencial tener en cuenta las cargas externas específicas del entorno. En nuestra situación, la consideración imperativa de la carga de viento se basa en la ubicación, ya que nos encontramos en una zona costera desprovista de edificaciones altas que disminuirían la velocidad del viento. Esto implica que la carga de viento será significativamente mayor en comparación con otras zonas, subrayando la necesidad de una evaluación detallada y una respuesta estructural adecuada para garantizar la estabilidad y seguridad del galpón.

BIBLIOGRAFÍA

- .grupohierrosalfonso. (2014). *por-que-el-acero-es-un-material-sostenible*. Obtenido de por-que-el-acero-es-un-material-sostenible:
<https://www.grupohierrosalfonso.com/por-que-el-acero-es-un-material-sostenible.html#:~:text=El%20acero%20emite%20menos%20sustancias,ser%C3%A1%20reciclado%20para%20nuevos%20usos>.
- .importaceros. (enero de 2024). *tubo-cuadrado-estructural-y-grandes-dimensiones*. Obtenido de tubo-cuadrado-estructural-y-grandes-dimensiones:
<https://www.importaceros.com/ecuador-quito/tubo-cuadrado-estructural-y-grandes-dimensiones/>
- .wikipedia. (5 de noviembre de 2020). *Pesos _específicos*. Obtenido de Pesos _específicos:
https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pesos_espec%C3%ADficos
- Aceromundo. (2024). *aceromundo.com.mx*. Obtenido de <https://aceromundo.com.mx/estructuras-de-acero/>
- AntonioAparicio. (27 de marzo de 2014). *manual-sap-2000-2010*. Obtenido de manual-sap-2000-2010: <https://es.slideshare.net/AntonioAparicio/manual-sap-2000-2010>
- Arcux. (2024). *arcux.net*. Obtenido de <https://arcux.net/blog/que-son-las-estructuras-metalicas/>
- calaminon. (2024). *calaminon.com*. Obtenido de <https://www.calaminon.com/blog/estructuras-metalicas/#:~:text=Se%20llama%20estructura%20o%20construcci%C3%B3n,o%20con%20condiciones%20poco%20favorables>.
- Campoverde. (s.f.). *Metálicas*.

concreacero. (septiembre de 2019). *resistencia-al-fuego-de-las-estructuras-en-acero*.

Obtenido de *resistencia-al-fuego-de-las-estructuras-en-acero*.

Cruz, D. (2024). guayaquil.

csiespana. (2024). *software/2/sap2000*. Obtenido de Programa de elementos finitos para modelado, análisis y dimensionamiento de cualquier estructura:

<https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>

Engineers, A. S. (2017). *MINIMUM DESIGN LOADS AND ASSOCIATED CRITERIA FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES (7-16)*. Obtenido de MINIMUM DESIGN LOADS AND ASSOCIATED CRITERIA FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES (7-16):

<https://sp360.asce.org/PersonifyEbusiness/Merchandise/Product-Details/productId/233133882>

espaciobim. (2015). *sap2000*. Obtenido de sap2000:

<https://www.espaciobim.com/sap2000>

ferrostexar. (julio de 2023). *ventajas-y-desventajas-del-acero-como-material-de-construccion*. Obtenido de Alta durabilidad: <https://ferrostexar.com/ventajas-y-desventajas-del-acero-como-material-de-construccion/#:~:text=Alta%20durabilidad,no%20requiere%20de%20ning%C3%BAAn%20cuidado>.

habitatyvivienda.gob.ec. (diciembre de 2014). *NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero* .

Obtenido de NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero:

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/9.-NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero.pdf>

havitsteelstructure. (enero de 2024). *la-versatilidad-de-las-estructuras-de-acero*.

Obtenido de *la-versatilidad-de-las-estructuras-de-acero*:

<https://havitsteelstructure.com/es/la-versatilidad-de-las-estructuras-de-acero/>

importaceros. (enero de 2024). *tubo-rectangular-estructural-y-grandes-dimensiones*.

Obtenido de tubo-rectangular-estructural-y-grandes-dimensiones:

<https://www.importaceros.com/ecuador-quito/tubo-rectangular-estructural-y-grandes-dimensiones/>

ingemecanica.com. (2024). *Resistencia Mecánica a fatiga del acero*. Obtenido de

Resistencia Mecánica a fatiga del acero:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html>

konstruedu. (2021). *konstruedu.com*. Obtenido de [https://konstruedu.com/es/blog/que-](https://konstruedu.com/es/blog/que-y-para-que-sirve-robot-structural-analysis)

[y-para-que-sirve-robot-structural-analysis](https://konstruedu.com/es/blog/que-y-para-que-sirve-robot-structural-analysis)

metalhierro. (abril de 2021). *659-duratecho-plus*. Obtenido de 659-duratecho-plus:

<https://metalhierro.com/producto/659-duratecho-plus>

pintuco. (enero de 2024). *como-la-corrosion-puede-afectar-sus-estructuras-de-acero*.

Obtenido de como-la-corrosion-puede-afectar-sus-estructuras-de-acero:

<https://pintuco.com.ec/blog/como-la-corrosion-puede-afectar-sus-estructuras-de-acero/>

Representaciones, P. y. (2016). *calculo estructural con programa*. Obtenido de calculo estructural con programa:

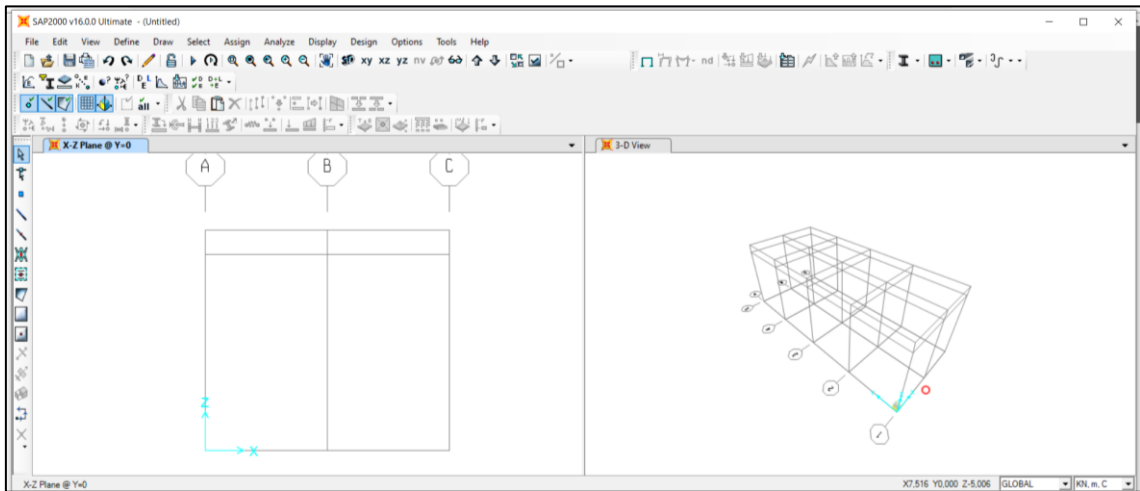
<https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/65392/CE-SAP2000-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reyes, L. C. (25 de junio de 2019). *LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ACERO INOXIDABLE*. Obtenido de LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL ACERO INOXIDABLE:

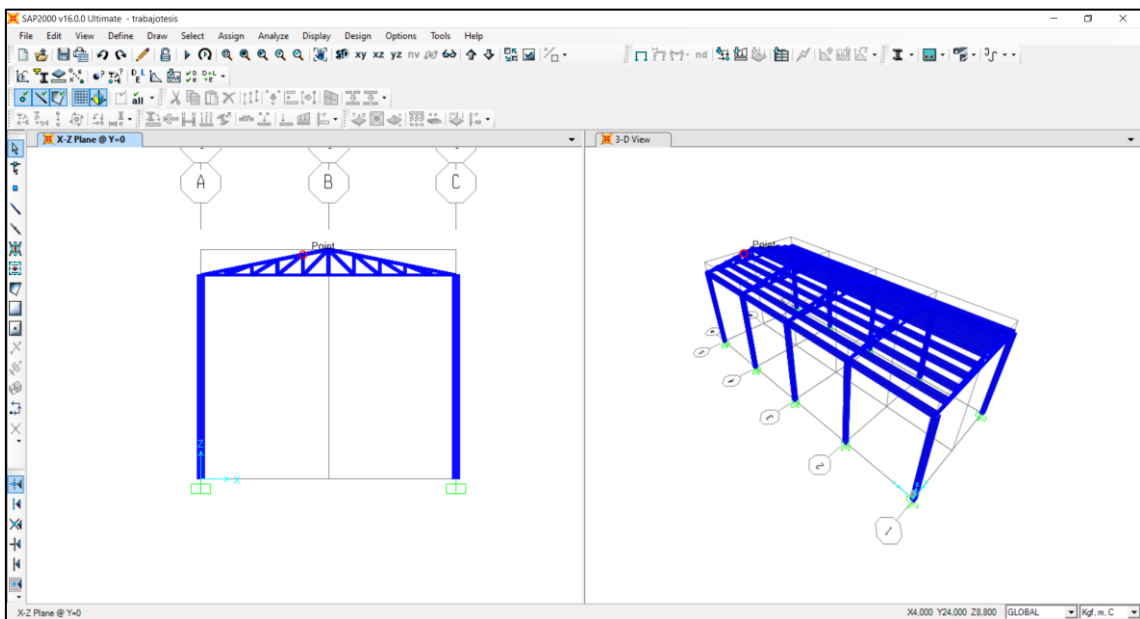
<https://www.linkedin.com/pulse/limpieza-y-mantenimiento-preventivo-del-acero-leslie-cabrera-reyes/?originalSubdomain=es>

- SHOP, S. (2024). *SOFTWARE SHOP*. Obtenido de SOFTWARE SHOP:
<https://www.software-shop.com/producto/sap2000#:~:text=SAP2000%20es%20un%20programa%20de,de%20problemas%20de%20ingenier%C3%ADa%20estructural>.
- Standard, A. N. (7 de JULY de 2016). *ANSI/AISC 360-16*. Obtenido de Specification for Structural Steel Buildings:
<https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/a360-16w-rev-june-2019.pdf>
- Tavera, B. (10 de agosto de 2023). *que-es-sap2000*. Obtenido de Una excelente opción para el cálculo de estructuras: <https://www.inesa-tech.com/blog/que-es-sap2000/>
- VALENCIA, D. U. (DICIEMBRE de 2014). *NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas*.
Obtenido de NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas:
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>
- wikipedia. (noviembre de 17 de 2023). *Coeficiente_de_conductividad_térmica*.
Obtenido de Coeficiente_de_conductividad_térmica:
https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_conductividad_t%C3%A9rmica

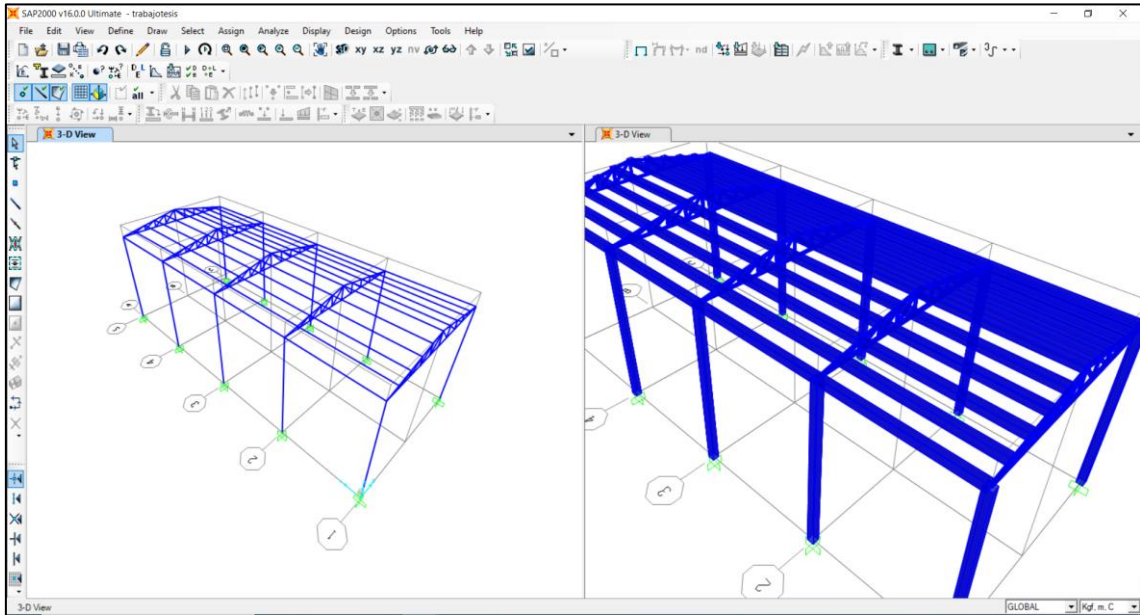
ANEXOS



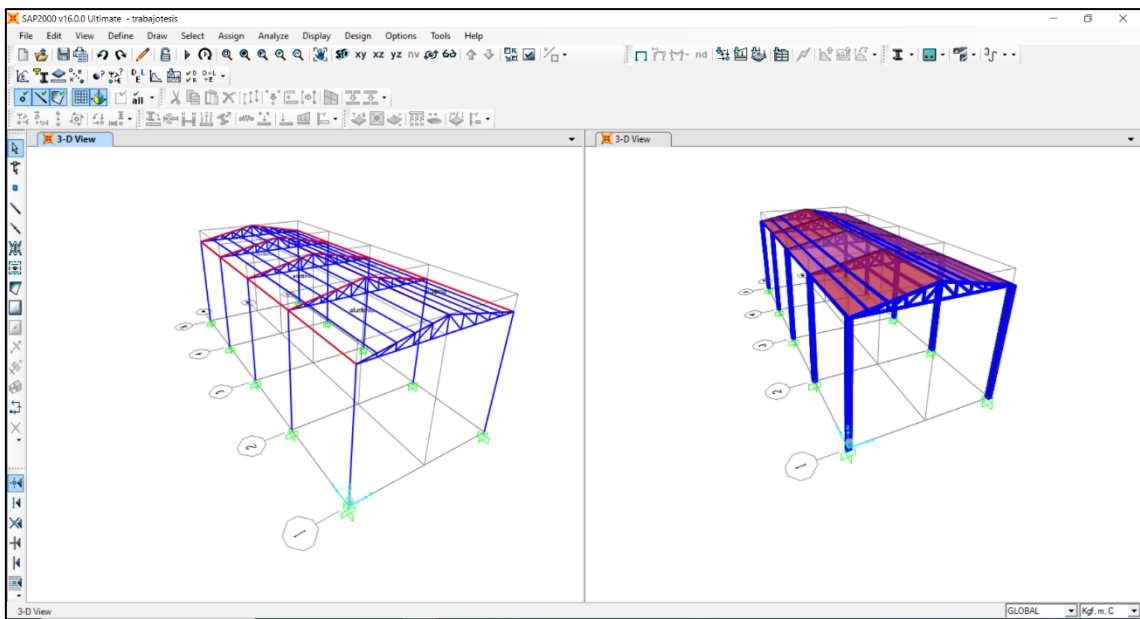
ANEXO 1: Predimensionamiento del galpón en sap2000



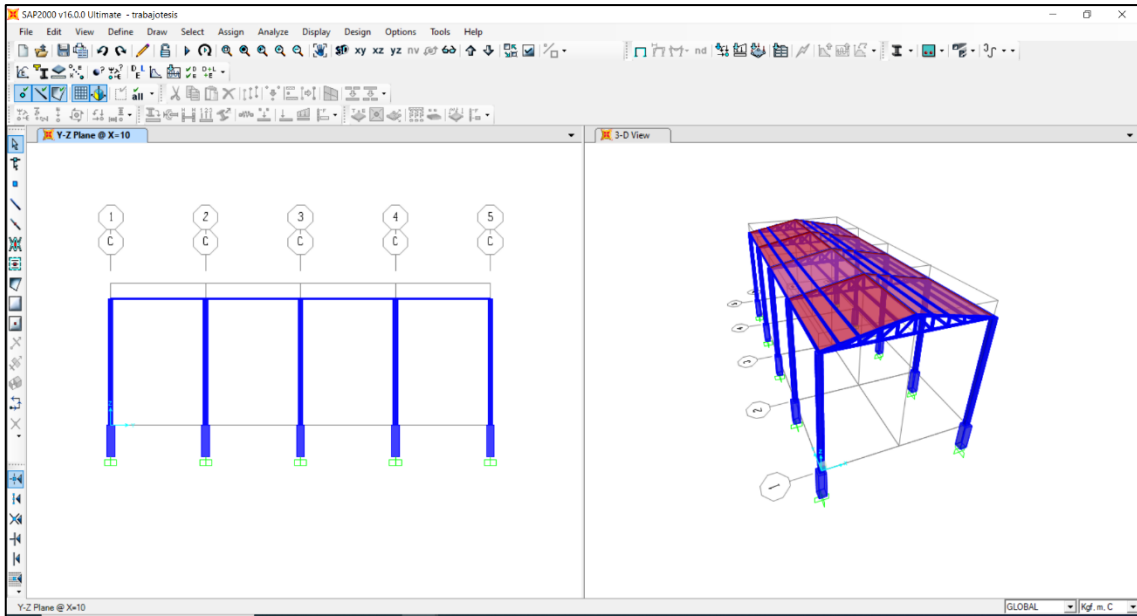
ANEXO 2: Diseño del galpón en sap2000



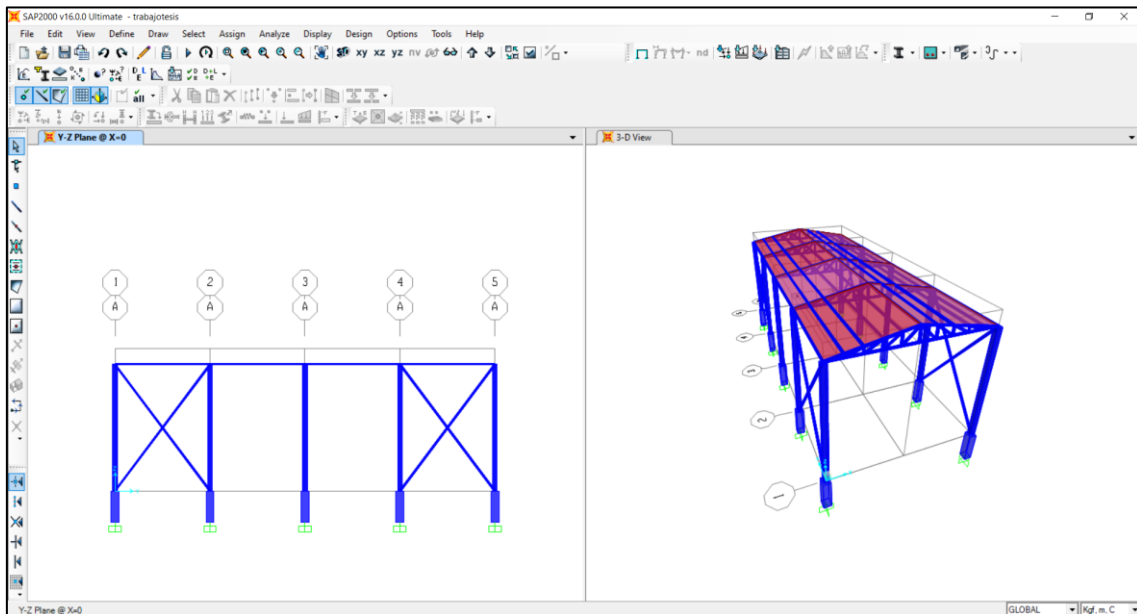
ANEXO 3: Diseño del galpón en sap2000 (vista normal y vista extruida)



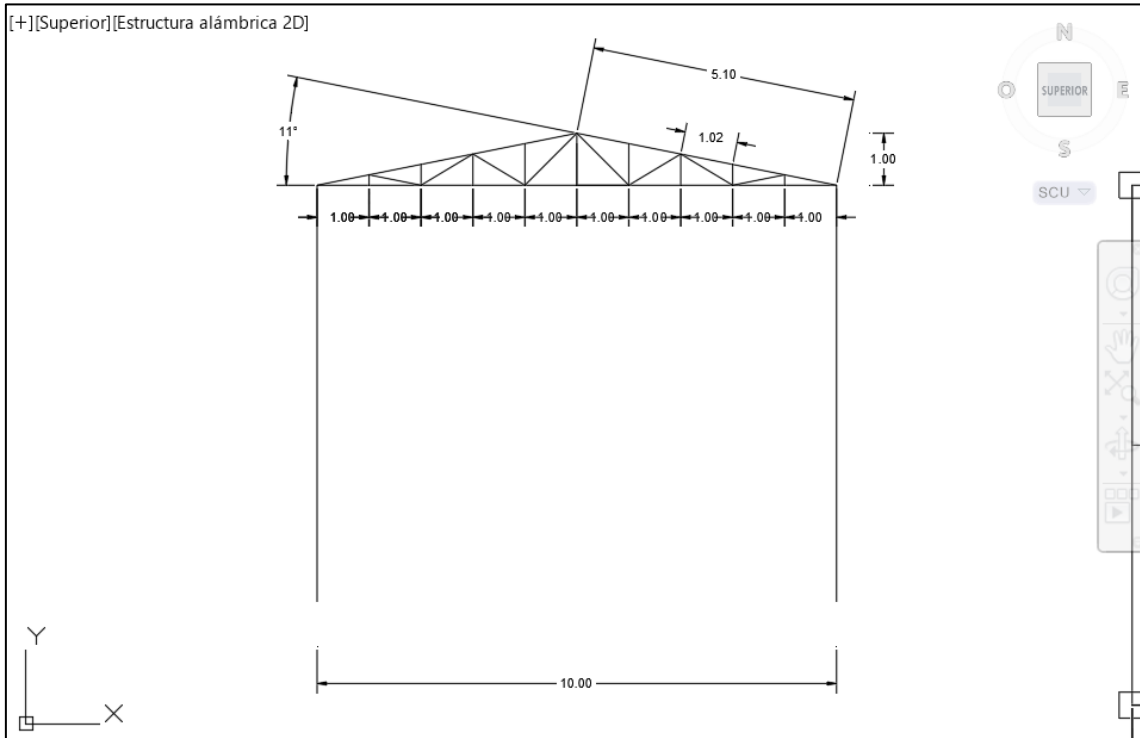
ANEXO 4: Diseño del techo del galpón en sap2000 (vista normal y vista extruida)



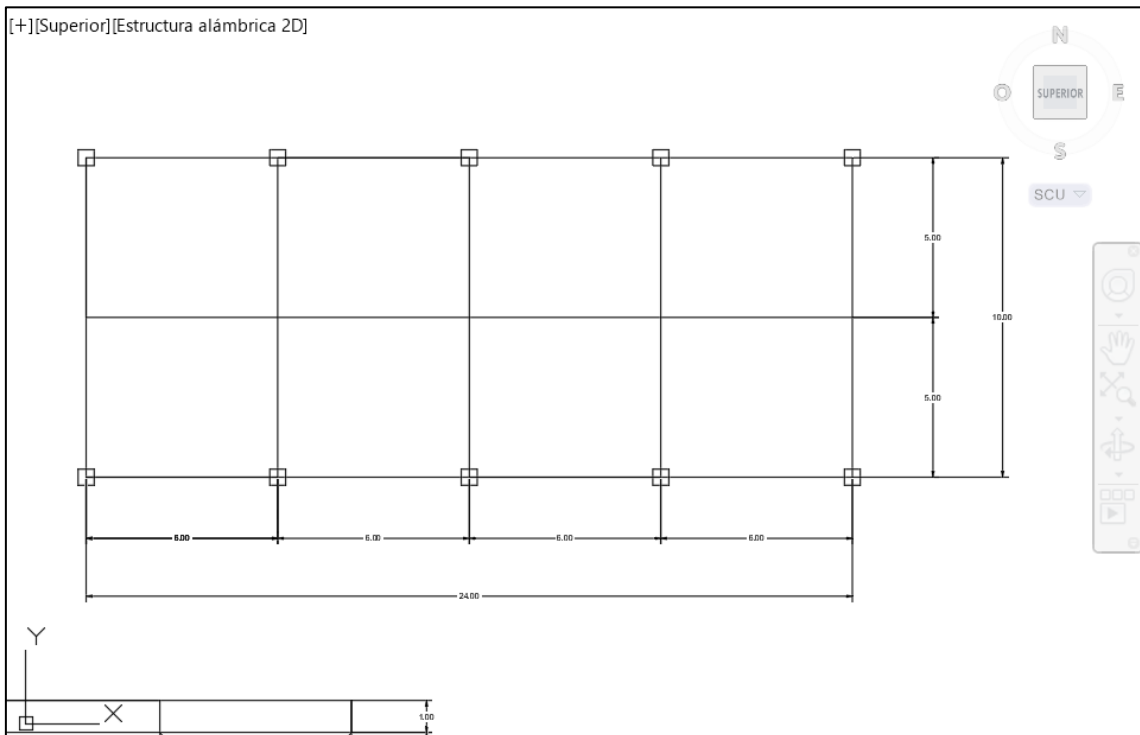
ANEXO 5: Diseño de cimentación del galpón en sap2000 (vista normal y vista extruida)



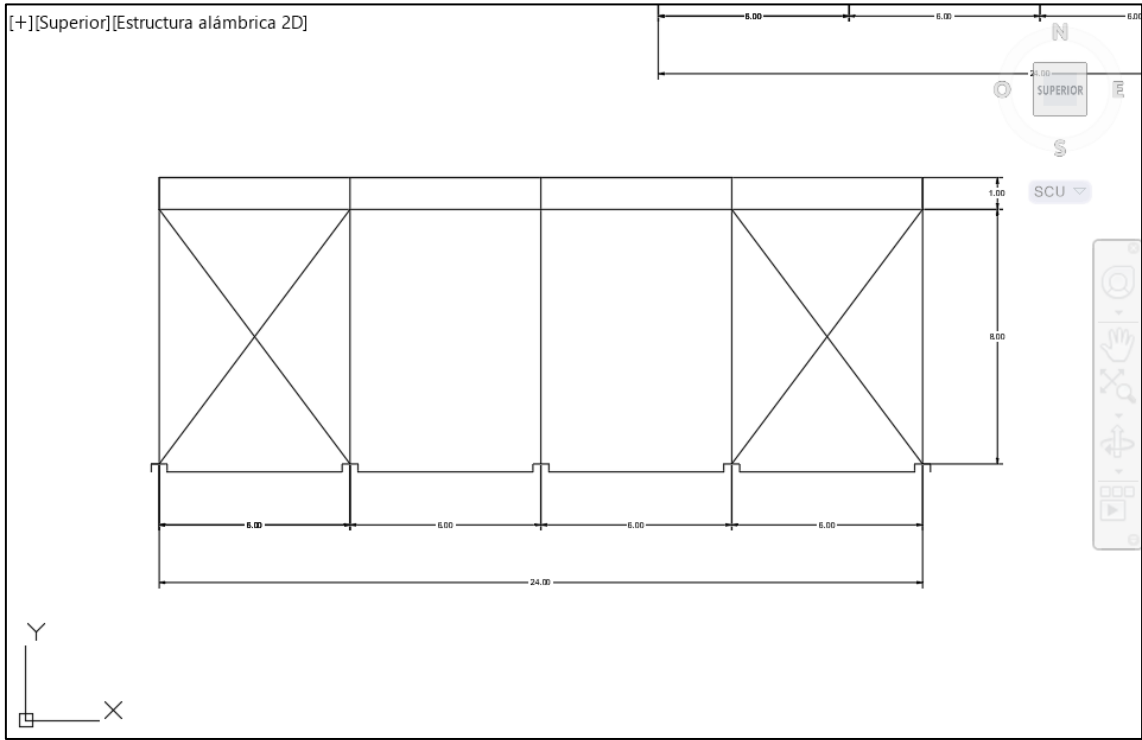
ANEXO 6: Diseño de arriostramientos laterales del galpón en sap2000



ANEXO 7: vista frontal del galpón en AutoCAD



ANEXO 8: Vista superior del galpón en AutoCAD



ANEXO 9: Vista lateral del galpón en AutoCAD