



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Diseño de una Nave de Estructura Metálica de tipo almacén industrial sometida a los efectos ambientales en el Perú para una empresa metal mecánica.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Martínez Esquivés, José Manuel (ORCID: 0000-0001-7652-2495)

ASESOR:

Mg. Julca Verástegui Luis Alberto (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

Trujillo – Perú

2020

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi madre Elky, a mi abuela Jesús y a mi novia Melissa, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional y por ser el impulso para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque gracias a él he caminado por el sendero del bien y por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad.

A mi familia, por estar junto a mi brindándome su apoyo durante todos estos años de formación profesional.

A mis asesores, de mi universidad querida, por sus enseñanzas y exigencias para lograr la elaboración del presente trabajo.

INDICE

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	7
II. MARCOTEÓRICO	9
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de Investigación	25
3.2. Variables y Operacionalización:.....	25
3.3. Población y Muestra.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	26
3.5. Procedimiento:.....	27
3.6. Métodos de Análisis de datos:	27
3.7. Aspectos Éticos	28
IV. RESULTADOS.....	29
A. Cálculo de las cargas ambientales que influirán en la nave industrial:.....	29
B. Modelación de la estructura completa:	33
C. Análisis estático donde se agregarán a la estructura las cargas:	40
D. Comparación del diseño elaborado con otros 2 trabajos previos:	53
1. Identificar los resultados de los 2 trabajos previos:	53

2. Comparando resultados de diseño:	59
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIÓN.....	63
VII. RECOMENDACIÓN.....	64
REFERENCIAS	65
ANEXOS	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Mapa del factor de zona sísmica del Perú	14
Figura 02. Mapa del Perú (eólico)	22
Figura 03. Dimensiones de la estructura	33
Figura 04. Dimensiones del perfil para las columnas.	34
Figura 05. Creación de Pórticos.....	35
Figura 06. Uniones de los Pórticos.	36
Figura 07. Selección de las viguetas que soportarán el techo de la estructura.....	37
Figura 08. Implementación de arriostramientos laterales.	38
Figura 09. Implementación de arriostramientos en el techo.....	39
Figura 10. Enmallado de la estructura.....	40
Figura 11. Selección de la geometría fija.	41
Figura 12. Se agrega la gravedad en la estructura completa.	42
Figura 13. Carga Muerta del Precor TR4.	45
Figura 14. Se agregó la Carga de viento en el techo de la estructura.	46
Figura 15. Carga de viento en los laterales de la estructura.	47
Figura 16. Carga de sismo en la estructura.....	48
Figura 17. Estudio de tensiones máximas.	49
Figura 18. Estudio de desplazamiento de la estructura.	50
Figura 19. Estudio del Factor de Seguridad.	51
Figura 20. Análisis de Pandeo para determinar el elemento con mayor deformación.	52
Figura 21. Diseño del primer trabajo previo.	53
Figura 22. Cargas agregadas en el primer trabajo previo.....	54
Figura 23. Diseño del segundo trabajo previo.	56
Figura 24. Cargas agregadas en el segundo trabajo previo.	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de Zona.....	15
Tabla 2: Factor de Suelo.....	16
Tabla 3: Factor de perfil de suelo.....	16
Tabla 4: Coeficiente de la Amplificación Sísmica.....	17
Tabla 5: Categorías de Edificaciones.....	19
Tabla 6: Coeficiente de Reducción.....	20
Tabla 7: Técnicas e Instrumentos.....	26
Tabla 8: Métodos de análisis de datos.....	27
Tabla 9. Peso de los paneles de Precor TCA PUR.....	43
Tabla 10. Peso de los paneles de Precor TR4.....	44
Tabla 11. Evaluación de las alternativas.....	59

RESUMEN

La presente tesis titulada “Diseño de una Nave de Estructura Metálica de tipo almacén industrial sometida a los efectos ambientales en el Perú para una empresa metal mecánica” se aborda con la problemática que muchas naves industriales en el Perú son diseñadas sin tener en consideración que las cargas ambientales varían según su zona, sea costa, sierra o selva; a este problema se suma que en su modelación, los pórticos de las naves almaceneras son hechas comúnmente de vigas en su estructura sin tener en cuenta los perfiles tubulares, esta tesis mostró estudios que confirman la efectividad de los perfiles tubulares en el diseño, modelación y simulación de la estructura metálica.

Se identificó los perfiles de acero de alta resistencia apropiado para los elementos principales que conforman la nave de estructura metálica como son las columnas, las correas, las vigas, los arriostramientos y los dinteles en cada pórtico. Luego se identificó todas las cargas a las que será sometida la estructura metálica, tanto las cargas de viento y carga de sismo con sus respectivas normativas tanto nacionales como internacionales, las cuales son indispensables para este tipo de edificación.

El diseño se realizó con el programa de ingeniería SOLIDWORKS, siguiendo unas pautas por cada paso en su elaboración, para que de esta forma sirva como guía para los futuros proyectos de investigación de este tipo de estructura metálica.

En su estructuración se buscó uniformidad, simplicidad y un comportamiento estructural de tal manera que tenga la rigidez suficiente ante las cargas ambientales que se dan en determinadas zonas del Perú.

Se realizaron análisis, donde las cargas fueron agregadas a la estructura para un siguiente estudio de tensiones, del cual dio un resultado de 57.4 MPa como máximo, estando en un rango favorable al límite elástico de 250 MPa.

En el estudio de desplazamientos se obtuvo como resultado 12.4 mm como el desplazamiento máximo, el cual se encuentra en un rango favorable según la norma de desplazamiento admisible, en el estudio de factor de seguridad mínimo fue de 4 dentro de lo que se esperaba en este tipo de estructuras de altura.

En el análisis de pandeo de la nave almacenera, se obtuvo como resultado el factor de seguridad de pandeo de 21,845 el cual se encuentra en la vigueta intermedia que soportan el techo de la estructura, este sería el lugar con mayor movimiento de pandeo que tenga toda la nave industrial, siendo esto favorable para la estructura que soportará las cargas anteriormente mencionadas.

Por último, se realizó la comparación del diseño de la nave con otros 2 trabajos previos de características similares en el Perú, utilizando una tabla de ponderación, en el cual se mostró que el diseño de la estructura empleada es igual de resistentes en comparación a las otras 2 naves industriales.

Palabras claves: Diseño, simulación, modelar, nave industrial, cargas ambientales, estructura metálica, elementos estructurales.

ABSTRACT

This thesis entitled "Design of an Industrial Warehouse Type Metal Structure Warehouse subject to environmental effects in Peru for a metal mechanical company" addresses the problem that many industrial warehouses in Peru are designed without taking into consideration that the Environmental loads vary according to their area, be it the coast, mountains or jungle; In addition to this problem, in their modeling, the porticoes of warehouse warehouses are commonly made of beams in their structure without taking into account the tubular profiles, this thesis showed studies that confirm the effectiveness of tubular profiles in the design, modeling and simulation of the metallic structure.

The appropriate high-strength steel profiles were identified for the main elements that make up the metal structure warehouse, such as the columns, the purlins, the beams, the bracing and the lintels in each portico. Then all the loads to which the metallic structure will be subjected were identified, both the wind loads and earthquake loads with their respective national and international regulations, which are essential for this type of building.

The design was carried out with the SOLIDWORKS engineering program, following some guidelines for each step in its elaboration, so that in this way it serves as a guide for future research projects of this type of metallic structure.

In its structuring, uniformity, simplicity and structural behavior were sought in such a way that it has sufficient rigidity in the face of environmental loads that occur in certain areas of Peru.

Analyzes were carried out, where the loads were added to the structure for a subsequent stress study, which gave a result of 57.4 MPa as maximum, being in a favorable range to the elastic limit of 250 MPa.

In the displacement study, the result was 12.4 mm as the maximum displacement, which is in a favorable range according to the admissible displacement standard, in the minimum safety factor study it was 4 within what was expected in this type of tall structures.

In the buckling analysis of the warehouse, a buckling safety factor of 21.845 was obtained as a result, which is found in the intermediate joist that supports the roof of the structure, this would be the place with the greatest buckling movement that has all the industrial warehouse, this being favorable for the structure that will support the aforementioned loads.

Finally, a comparison was made of the design of the warehouse with other 2 previous studies with similar characteristics in Peru, using a weighting table, in which it was shown that the design of the structure used is equally resistant compared to the 2 other industrial buildings.

Keywords: Design, simulation, modeling, industrial building, environmental loads, metallic structure, structural elements.

I. INTRODUCCIÓN

La humanidad siempre ha tenido la necesidad de poseer grandes espacios de áreas protegidas de las inclemencias o severidad del tiempo para así lograr a cabo, diferentes tipos de diligencias. Por este motivo el ser humano recurrió a la elaboración de naves industriales. Este tipo de estructura se define como una edificación diseñada o instalación física la cual es elaborada con el fin de ejecutar procedimientos industriales ya sean de almacenaje, de ensamble, de manufactura, de distribución, de transformación y producción (VECTOR, 2016).

En el presente las naves industriales son utilizadas para diferentes actividades, de entre las cuales se pueden destacar: las deportivas, las religiosas, las comerciales y las culturales. Muchas de estas edificaciones industriales se encuentran instalándose en centros pequeños de población, esto se debe al muy bajo costo del terreno, también la oportunidad de poseer un clima agradable y retirado del congestionamiento que hay en las ciudades más grandes, además de la disposición de espacios acorde para el estacionamiento y sus futuras ampliaciones. Existen más factores que deben ser tomados en cuenta para la selección del sitio, los cuales serían las condiciones del subsuelo, la topografía, los servicios públicos existentes y las facilidades de transportación. También el requerimiento de edificaciones económicas, versátiles y con mayores dimensiones libres para las industrias(CAICEDO, 2014).

El problema general de esta presente tesis es el de ¿Como diseñar una nave industrial de tipo almacén que soporte las cargas ambientales en el Perú?

Debido al crecimiento que tiene el país, muchas industrias se están desarrollando a un ritmo apresurado y estas solicitan un mayor esfuerzo de mejora de las empresas que se encuentran en el mercado, por ejemplo, en la industria inmobiliaria cada año salen modelos innovadores de casas, de una buena calidad, cada vez más económicas y fáciles de construir, de esta forma estar acorde a la demanda (GARRIDO, 2015).

Por este motivo, la presente tesis plantea diseñar una nave industrial sometida a las cargas que están en el ambiente, cumpliendo con normativas peruanas y normativas internacionales establecidas.

Por lo tanto, la hipótesis se define de la siguiente manera: al diseñar una nave de estructura metálica que sea óptima a los efectos ambientales en el Perú, se obtendrá una estructura resistente a las cargas que sean sometidas.

El objetivo general es el de diseñar una nave industrial de tipo almacén que soporte las cargas ambientales, dependiendo de la zona del Perú en la que se encuentre. Mientras que los objetivos específicos son:

- Identificar las cargas ambientales dependiendo el tipo de zona en la que se desea implementar la nave estructural.
- Modelar la estructura completa en 3d usando el programa de ingeniería SOLIDWORKS.
- Agregar las cargas a las que se encuentra sometida la estructura.
- Elaborar una simulación del análisis estático de la estructura completa.
- Comparar el diseño con otros dos trabajos previos de similares características, para determinar si diseño de la nave almacenera es igual de resistente.

II. MARCO TEÓRICO

En relación al diseño de la estructura metálica, se encontró un trabajo de investigación en el cual el autor realizó el cálculo y la optimización de una nave industrial de estructura metálica y de cimentación de la misma, mediante la normativa Triclac y la normativa Técnica de la Edificación Estructural (Pérez, 2016).

El autor recogió la información necesaria para una acertada ejecución de la nave industrial: pliego de condiciones, memoria de construcción, el estudio de salud y seguridad, los presupuestos, mediciones, y los planos. La nave metálica que implementó tuvo las siguientes dimensiones: 29m de longitud, 8.8m de altura máxima, 20m de ancho. La estructura que diseñó es de un acero S275_JR, para la cual empleó electrodos de rutilo para soldar las uniones y en cuanto a la tipología que seleccionó fue la de pórticos con vigas en celosía o también llamadas cerchas, con lo cual su cubierta de la estructura es a dos aguas.

Como resultados obtuvo de que su diseño final cumple con el requerimiento según la norma técnica y la norma de especificación, además de los resultados que obtuvo en el cálculo estructural, además los perfiles que seleccionó si lograron cumplir con las condiciones del límite acorde según la normativa de rigidez y la normativa de resistencia.

También se encontró otro trabajo de investigación (José Quispe Tupac, 2015) en el cual el autor tuvo como propósito diseñar una nave de estructura metálica con dos puentes grúa de 50 toneladas, abocado para el mantenimiento de los camiones pesados. Para el diseño consideró el reglamento Nacional de Edificaciones, además empleo el uso de perfiles con alta resistividad en todos los elementos fundamentales, lo cual es requerido para las demandas de todos los esfuerzos que se producen debido a los puentes grúas.

El autor durante el diseño además de emplear el reglamento nacional de edificaciones, también consideró las normativas Internacionales tanto el ME como

el ASCE, esto se debe a que incluyen alcances mayores para este tipo de diseño en estructuras.

La estructura contó con un área de 800 m², con unas dimensiones de 32m de longitud, 28m de ancho y 25m de altura. En su distribución, se buscó simplicidad, uniformidad, además de un comportamiento adecuado sísmico, de tal forma que cuente con una rigidez apta para las cargas del viento, cargas del sismo y cargas provenientes del puente grúa. Debido a esto empleó pórticos que resistan los momentos en dirección al ingreso de camiones, teniendo en consideración las pautas sugeridas por el AISC, debido a esto el autor sugiere que esta propuesta de la estructura tendrá una apropiada función sísmica.

Como resultado de la utilización de los métodos ASD y LRFD en el diseño de la estructura metálica, el autor cumplió con lo que requería las cargas debido a los dos puentes grúas, en las direcciones: horizontal, vertical y longitudinal.

Otro trabajo de investigación que está relacionado con el tema es el siguiente, en el cual el autor presentó un diseño de una nave industrial, cuyo objetivo fue el que se pueda aplicar a los requerimientos de las grandes industrias del Perú (Cahuana Ccopa, 2018).

Para lograrlo el autor seleccionó las industrias más habituales que se encuentran en el Perú y las agrupó según sus semejanzas, además de los requerimientos que la estructura metálica debe cumplir. Luego seleccionó entre la nave de tipo S, la cual cuenta con características sanitarias, determinado a industrias farmacéuticas, industrias alimentarias, etc; la nave de tipo L, la cual es la estructura de tipo ligero, determinado al sector logístico, y la nave de tipo P, cuya estructura metálica es de tipo pesado, determinado al sector metal-mecánico, la fabricación de los materiales de construcción, además del mantenimiento, etc.

De estos 3 tipos de naves el autor eligió como su estudio a la nave de tipo P, debido a que es la más utilizada en las industrias.

Como resultado obtuvo que al optimizar y tipificar el diseño de la estructura metálica que englobe varias de las industrias, se puede lograr un mejoramiento

notorio en la calidad, plazos y costos en la elaboración de la estructura, además de poder ser utilizadas para medianas y pequeñas industrias ubicadas en la sierra y costa del Perú.

Continuando con la recolección de estudios relacionados al tema, se encontró un trabajo de investigación en el cual el autor tuvo como propósito el de realizar una modelación de la nave industrial en un determinado espacio abocado para un taller de tipo almacenero (Vargas, 2017).

Para lograrlo, el autor empleó una metodología de tipo deductivo, utilizó las normativas peruanas y normativas extranjeras. En los cálculos de diseño y el tipo de acero, realizó la recopilación de los datos necesarios por medio de las fichas técnicas, para obtener las características de los tipos de materiales a emplear, los parámetros del sitio, variables hidrometeorológicas, medidas del terreno y para el desarrollo fue a través de fuentes fiables de los estudios técnicos, que se aplicaron para desarrollar su estudio. Para el cálculo de las cargas a soportar, empleó el software SAP 2000, del cual se apoyó en la metodología del diseño con las normas AISC -LRFD empleada para diseñar la nave industrial.

Como resultado el autor obtuvo que este orden constructivo comprende demasiadas mejoras como el bajo costo en los materiales empleados y la disminución en la mano de obra, simplicidad en el montaje de la estructura, utilización de grandes claros, se adapta a los diferentes tipos de usos que se le den al área, con todo esto se convierte en una mejora para las naves almaceneras.

Terminando con los trabajos previos, se continuará con las teorías que se relacionan al tema iniciando con el acero, el cual es un material estructural para grandes alturas por excelencia, debido a que establece con éxito los proyectos estructurales, ya que resiste el empuje ante un vuelco y evita los movimientos debidos a la acción del viento, además soporta el peso con pilares de dimensiones reducidas (Johnston, 2005).

Los metales que se utilizan en las estructuras metálicas son mayormente el acero inoxidable, el acero corten, el aluminio y el acero ordinario que es el más usado según la norma EN-10027 existen los siguientes tipos: (Peña Rodríguez, 2014).

- | | | |
|----------|----------|----------|
| - S235JR | - S235J0 | - S235J2 |
| - S275JR | - S275J0 | - S275J2 |
| - S355JR | - S355J0 | - S355J2 |

La sigla “S” de Steel que significa en inglés “Acero”.

El límite elástico (en MPa) en el cual los elementos cuyo espesor no supere los 16mm.

La resistencia del cálculo es menor en espesores superiores y las últimas siglas indican su sensibilidad a la rótula frágil y la soldabilidad.

- JR es para construcciones ordinarias.
- J0 es cuando se refiere alta soldabilidad y resistencia a la rótula frágil.
- J2 es cuando se requiere exigencias especiales de resiliencia, resistencia a la rótula frágil y soldabilidad.

Aceros Laminados (aceros en caliente): Son aceros no aleados que no cuentan con características especiales de la resistencia a corrosión, tampoco con resistencia mecánica y con una micro estructura (McCormac, 2013).

Aceros con características muy especiales (Rodríguez, 2014):

- Aceros revenidos y templados.
- Aceros normalizados de grano fino para la construcción soldada.

- Aceros de resistencia mejorada en la corrosión debido al entorno.
- Aceros de resistencia mejorada en la deformación de la dirección transversal a la superficie del determinado producto.
- Aceros de laminado termodinámico.

Aceros conformados en frío: son aquellos en el cual su proceso de fabricación consta de un conjunto en frío que contiene las características necesarias desde los puntos de vista de la resistencia mecánica y de la sección (LIMUSA, 2014).

Para el diseño en acero de piezas sus valores necesarios son:

- Límite de la rotura que es la máxima carga unitaria que el acero soporta durante un ensayo de la tracción (Díaz Canales Manuel, 2013).
- El límite elástico es una carga unitaria por la que se inicia el escalón de cedencia; es decir, a partir del cual las deformaciones no son recuperables (AIDEPLA, 2014).
- El límite elástico y rotura depende del tipo de acero, existen otras características para los aceros:
 - ✓ Módulo de Rigidez (G): 81 GPa
 - ✓ Módulo de Elasticidad (E): 210 GPa

Estos tipos de construcciones y todas las partes serán capaces de poder soportar las cargas que se impondrán como resultado de su uso predicho. Las mismas que se presentarán en las disposiciones señaladas y las cuales no deberán originar deformaciones, ni esfuerzos que rebasen los indicados para determinado material de estructuras en su normativa del diseño específico (Norma técnica E20 - 2016).

Se aclara que en ninguno de los casos las cargas admitidas serán más bajas que la de los valores mínimos que han sido dispuestos en la normativa técnica E.2.0 (Reglamento Nacional de edificaciones 2016).

La carga sísmica: La cual depende de factores como el factor de zona, el factor de suelo y tipo de suelo, el coeficiente de ampliación sísmico, todo en conjunto para así lograr calcular la carga de sismo siguiendo normativa peruana para este tipo de estructuras metálicas de altura.

Zonificación sísmica: En la norma E.030 (2016) se muestra el mapa de zona sísmica, del cual se obtendrá el parámetro “Z” para su uso en dicha norma.



Figura 01. Mapa del factor de zona sísmica del Perú

En la figura 01. el factor es interpretado como la aceleración máxima en sentido horizontal en el suelo rígido, con 10% de probabilidad en ser excedida en los siguientes 50 años.

Para lograr identificar los factores de zona más detallados, a continuación, se muestra en la siguiente tabla, el tipo de zona las cuales están comprendidas entre 1 y 4 para su correcta elección y posterior cálculo de la carga de sismo.

Tabla 1. Factores de Zona.

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

En la Tabla 03 se observa los valores que se tomara para elegir el correcto factor de zona sísmica, dependiendo del mapa de factor sísmico del Perú.

Condiciones geotécnicas: las características y la geología del suelo influyen en el movimiento del terreno, la cual cuenta con distintos factores, como el factor del suelo, tipo de perfil de suelo, el coeficiente de amplitud sísmica, el factor de importancia y el coeficiente de reducción.

- **Parámetros de sitio:** Se deberá considerar el tipo de perfil que describa de mejor forma las condiciones de la región, para esto se utilizará los valores correspondientes del factor de amplificación del suelo "S" y los períodos TL y TP los cuales se encuentran en las siguientes dos tablas.

Tabla 2: Factor de Suelo.

Zona	Suelo	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄		0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃		0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂		0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁		0,80	1,00	1,60	2,00

De la tabla 2 se seleccionará el factor de suelo de los cuales se encuentran los S₀ para rocas dura, S₁ para suelos muy rígidos, S₂ suelos que sean intermedios y los S₃ para suelos que son blandos.

Tabla 3: Factor de perfil de suelo.

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

De la tabla 3 se seleccionará el perfil de suelo, dependiendo del factor del suelo de la tabla 2 que se elija.

- **Coefficiente de ampliación sísmica:** Para obtener el valor de C_T se debe elegir acorde al tipo de edificación que se desea implementar, de las cuales tenemos en la siguiente tabla:

Tabla 4: Coeficiente de la Amplificación Sísmica.

DESCRIPCIÓN	C_T
Edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente pórticos	35.00
Edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistentes sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras	45.00
Estructuras de mampostería y para todos los edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistentes sean fundamentalmente muros de corte	60.00

De la tabla 4 se logra obtener el valor del coeficiente de ampliación sísmica, de entre los 3 tipos de edificaciones que estará sujeta nuestra estructura.

- **Cálculo de periodo fundamental:** El cual va a depender de identificar la altura de nuestra edificación entre el coeficiente de ampliación sísmica, mostrada en la siguiente ecuación:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Dónde:

T: Periodo fundamental.

h_n : Altura de nuestra edificación.

C_T : Coeficiente estimado para el periodo que predomina la estructura.

- **Factor de la Amplificación Sísmica:** Cuando los valores de T son menores a 0.6, C se vuelve constante y toma el valor de 2,5.
- **Factor de Importancia:** El factor de importancia, está señalado en la norma E.030, sus valores están en relación al tipo de uso de las edificaciones. En la siguiente tabla se puede seleccionar el factor necesario para el cálculo sísmico.

Tabla 5: Categorías de Edificaciones.

CATEGORÍA DE EDIFICACIONES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	Edificaciones esenciales	1.50
B	Edificaciones importantes	1.30
C	Edificaciones comunes	1.00
D	Edificaciones menores	*

Según la tabla 5 muestra las categorías de edificación, “A” para edificaciones esenciales como cuarteles de policías, bomberos, hospitales, centros de educación, etc. La categoría “B” para edificaciones importantes como lo son los centros comerciales, los estadios, los teatros, etc. La categoría “C” para las edificaciones más comunes, como lo son los depósitos e instalaciones industriales, las viviendas, las oficinas, etc. Por último, la categoría “D” para pequeñas edificaciones como depósitos momentáneos o temporales, viviendas pequeñas temporales.

- **Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas:** Las fuerzas de diseño laterales que se indican en los códigos de diseño sísmico, son mayores que las solicitadas para lograr una edificación en el rango elástico cuando suceda un sismo considerable. Para lograr la reducción de estas fuerzas, la norma E.0.30 emplea el siguiente Factor "R". En la siguiente tabla se puede seleccionar el valor necesario para el cálculo sísmico.

Tabla 6: Coeficiente de Reducción.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
SISTEMA ESTRUCTURAL	R ₀ (*)
ACERO:	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF) Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF) Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF).	8
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF).	7
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF).	6
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF).	8
	6
CONCRETO ARMADO	
Pórticos.	8.00
Dual.	7.00
De muros estructurales (3).	6.00
Muros de ductilidad limitada (4).	4.00
Albañilería armada o confinada (5).	3.00
Madera (por esfuerzos admisibles).	7.00

De la tabla 6 se seleccionará el valor de R, según el sistema estructural correspondiente sea de acero o concreto.

La carga de viento: es donde los elementos exteriores de cada una de las edificaciones que se encuentran expuestas a la actividad del viento, las cuales se diseñarán para resistir las diferentes cargas de presiones y succiones, interiores y exteriores por acción del viento, considerando que éste interactúa en dos direcciones perpendiculares horizontales (Charles y Johnson, 2015).

Velocidad del diseño de viento cuando llegue a 10m de altura, esta se convierte en la velocidad máxima apropiada para la zona donde se ubica la estructura, pero no menor a 75Km/h. La velocidad del diseño de viento en las diferentes alturas de la edificación debido a la Norma E.2.0 “Cargas” del RNE 2016.

$$V_h = V \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22}$$

Donde:

- V_h : Velocidad del diseño en la altura (h) en Km/ h.
- V : Velocidad del diseño hasta 10m de altura (h) en Km/ h.
- h : Altura por encima del terreno en metros.

A continuación, la Figura 02 muestra el mapa eólico preliminar del Perú, donde se observa que el mayor potencial eólico de nuestro país se encuentra ubicado en nuestro litoral. Con sus velocidades extremas de viento en km / hora a 10 metros.

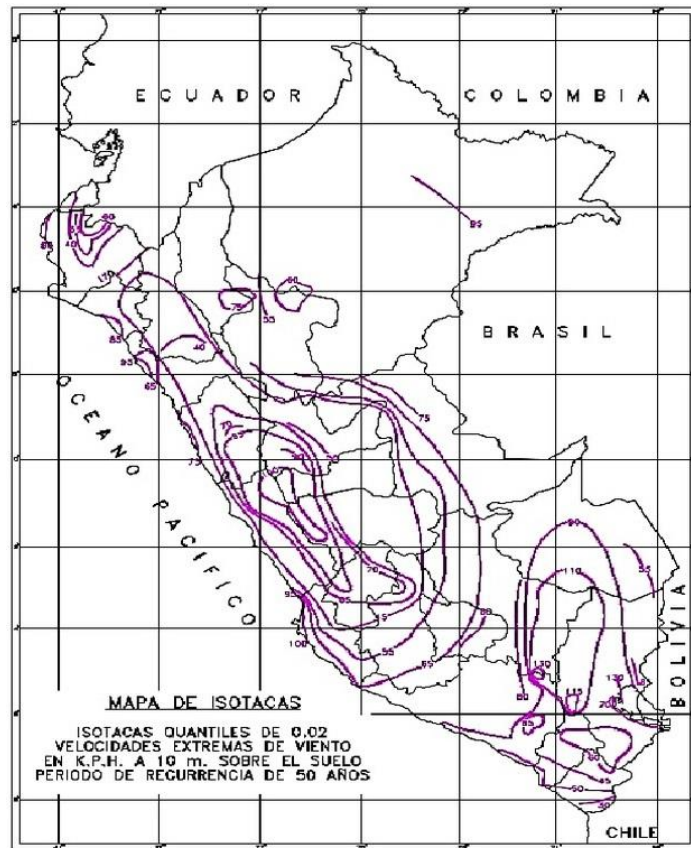


Figura 02. Mapa del Perú (eólico)

Fuente: Norma técnica E.20 Cargas del Reglamento Nacional de Edificaciones

El coeficiente de pandeo nos dice que las distintas partes que forman una estructura podrían sufrir fallas por diferentes motivos, esto depende por los tipos, las cargas, los apoyos y los materiales a utilizar.

Gran parte de esos tipos de fallas se podrían eludir, evaluando estos elementos de tal forma que las deformaciones y las tensiones que se producen se mantengan dentro del límite aceptable, y de esta manera se pueda lograr efectuar los diferentes dimensionamientos en rigidez y resistencia.

Además de estos también existen otros fallos, entre los cuales está el fallo por pandeo o inestabilidad, los cuales pueden originarse en los partes estructurales esbeltos que se encuentran sometido a compresión. (Sonia Leboscky, 2013).

Las columnas: en la nave industrial es uno de los principales elementos estructurales, son los primeros elementos donde se inicia sea en el diseño o en el montaje, y por eso es importante elegir el tipo conveniente para el fin en que se utilizará.

En las columnas tubulares:

- Su mantenimiento es sencillo.
- Su peso es intermedio, por este motivo el costo no está entre los más económicos ni los más caros.
- El tiempo de fabricación de fabricación es relativamente corto.

En las columnas de celosía:

- Son de peso ligero debido a esto son económicos.
- Es el más reducido en cuestión del tiempo de duración.
- Es el más largo en cuestión del tiempo de su fabricación.
- Es el más dificultoso en su mantenimiento.

En las columnas de perfil W:

- Tiene una buena duración de tiempo.
- Cuenta con un tiempo de fabricación corto.
- Su mantenimiento es sencillo.
- Su costo es el más elevado debido a que son pesados.

Los tijerales a un agua son eficientes y recomendados desde 3m a 10m. Mientras que los tijerales a dos aguas son eficientes y recomendados desde 10m a 25m.

Los tijerales parabólicos son eficientes y recomendados para luces desde 25m a 100m.

Las viguetas: al igual que las columnas son de los principales partes estructurales de las naves industriales, además son los elementos prefabricado

resistente longitudinal, diseñadas para lograr soportar las cargas que se producen en los forjados de cubiertas o pisos.

Las Viguetas de Celosía:

- Son económicas debido a su ligero peso.
- Tiene la menor duración de tiempo.
- Cuenta con un tiempo de fabricación muy largo.
- Es el más dificultoso en su mantenimiento.
- No toleran las cargas grandes.

Las Viguetas Tubulares:

- Cuenta con un tiempo de fabricación muy corto.
- Su mantenimiento es sencillo.
- Su costo es el más elevado debido a que son pesados.
- No toleran las cargas grandes.

Las viguetas COLD FORME:

- Tiene una buena duración de tiempo.
- Cuenta con un peso intermedio.
- Cuenta con un tiempo de fabricación muy corto.
- Su mantenimiento es sencillo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

La presente tesis es de tipo aplicada, ya que empleo formulas e información tanto de tablas y de figuras que ya existen en la realidad para este tipo de estructuras metálicas.

En esta tesis su diseño es no experimental debido a que trata de determinar las relaciones que hay entre las variables, como se presentan en la realidad, sin la debida intervención del investigador.

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable Dependiente.

- Nave Industrial Metálica

Variable Independiente.

- Diseño Estructural
- Cargas Ambientales

Matriz de Operacionalización de Variables (Anexos).

3.3. Población y Muestra

La Población de la presente tesis se refiere a las naves industriales del Perú donde se coincide con determinadas configuraciones similares en su diseño.

La muestra fue una nave industrial metálica que existe en el Perú, la cual cuenta con características de una estructura almacenera, de esta nave se identificó el tipo de material, dimensiones para el diseño en cuestión y posterior simulación sometido a cargas ambientales y de la misma estructura.

El muestreo de la presente tesis es no probabilística, apuntando a la propuesta de diseñar una nave industrial metálica, debido a eso el tipo de muestreo depende del criterio del investigador, ya que esta puede tener características similares de todo proyecto de nave industrial.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Tabla 7. Técnicas e Instrumentos.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental: del cual se seleccionó las ideas de información relevantes de los documentos, esto para lograr expresar el contenido de estos archivos sin ambigüedades. • Observación directa: del cual se necesitaron conocer las particularidades de los datos de diseño que intervinieron en el desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Libros, revistas y las normas de edificaciones. • Software de ingeniería SOLIDWORKS.

En la tabla 7 muestra las técnicas del cómo se realizó la recolección de datos, teniendo entre ellas el análisis documental y la observación directa. Mientras que los instrumentos elegidos fueron libros, revistas y las normas de edificaciones para el análisis documental, y para la observación directa se escogió como instrumento el software de ingeniería SOLIDWORKS.

3.5. Procedimiento:

El procedimiento se desarrolló haciendo uso de las tablas tanto de la Norma Técnica de Cargas, la Norma Técnica de diseño sismorresistente y la Norma técnica de estructuras metálicas, con los cuales se logró identificar los valores necesarios para el análisis, luego se implementaron estos mismos valores seleccionados en el diseño de la estructura para su posterior análisis y simulación en el software de ingeniería SolidWorks.

3.6. Métodos de Análisis de datos:

Tabla 8: Métodos de análisis de datos.

TIPO DE NAVES	MATERIALES	MONTAJE	NORMAS US ADAS	SOFTWARE
Nave industrial metálica	Acero Estructural ASTM A36: Columnas, vigas, tijerales, arriostres, armaduras, varillas de anclajes, pernos,	Son rápidas al momento de montar.	Norma E90 – Estructuras metálicas. Norma E20 – Cargas AISC 360 – 10 Construcción en acero. AWS D1	SOLIDWOKS
Nave industrial de hormigón prefabricado	Hormigón: Material incombustible con lo que no necesita de tratamientos adicionales que puedan originar costes extras de mantenimiento, además de poseer cualidades como aislante térmico.	Son fáciles de montar debido a que solo se tienen que conectar las piezas prefabricadas.	Norma técnica E50 Cimentaciones. Norma técnica E60 Concreto. Arquitectura industrial.	IDEA Statica
			Norma E90 – Estructuras metálicas.	

Nave industrial mixta	Acero Estructural ASTM A36 y Hormigón:	Rápidas y fáciles de montar, debido a que es la combinación de las anteriores mencionadas.	Norma E20 – Cargas AISC 360 – 10 Construcción en acero. AWS D1 Norma técnica E50 Cimentaciones. Norma técnica E60 Concreto. Arquitectura industrial.	SAP 2000
-----------------------	--	--	---	----------

En la Tabla 08 se observa los métodos que se usan en la actualidad para el análisis de datos en las naves industriales, que va desde el tipo de nave que se pretende implementar, seguido de los materiales a usar, el tipo de montaje, las normas a usar y el software que apoya en el análisis de los datos.

3.7. Aspectos Éticos

Esta tesis se basa en la normativa ISO 690, respetando las autorías de cada una de las diversas fuentes seleccionado para el desarrollo de esta, además de seguir los principios que demanda un buen estudio, respetando los aspectos de autoría intelectual y de honestidad.

IV. RESULTADOS

A. Cálculo de las cargas ambientales que influirán en la nave industrial:

- **Cálculo de carga del Viento:**

- Acorde con el mapa eólico del Perú, su velocidad media del viento es de 75km/h en la región costa. Por lo tanto, en este trabajo el cálculo de velocidad del viento se desarrollará con la ecuación siguiente:

$$V_h = V * \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

75km/ h

- Cálculo de la intensidad dinámica de viento se obtendrá con la siguiente ecuación:

$$q = P_h * V_h^2$$

Dónde:

P_h : Intensidad dinámica de viento en kg/ m²

V_h : Velocidad de viento edificaciones en Km/ h

Reemplazando:

$$q = 0.0050 \times 75^2$$

$$q = 28.125 \text{ Kg/ m}$$

- **Cálculo de carga del Sismo:**

Para realizar el cálculo se tiene que identificar los valores según las tablas de la Norma técnica E.30 "Diseño Sismorresistente" para lograr obtener la carga de sismo a la que estará sometida la estructura metálica.

Para calcular la fuerza de sismo se utilizó esta ecuación:

$$V = \left(\frac{Z \times U \times S \times C}{R} \right)$$

Donde:

- Factor de Zona (Z): De la tabla 1 se seleccionó el valor dependiendo de la zona en la cual se desea implementar la estructura metálica, por lo cual en esta presente tesis se seleccionó la zona "4" que comprende a la costa del Perú, por ende, su factor de zona "Z" es de 0,45.

$$\mathbf{Z = 0,45}$$

- Factor del suelo(S): De la tabla 2 se seleccionó el valor que depende de la zona 4 elegida anteriormente para el factor de zona, por lo cual se obtiene que el tipo de suelo es intermedio "S₂", esto nos da como factor de suelo el valor de 1,05.

$$\mathbf{S = 1,05}$$

- Factor de amplificación de sismos (C): Para obtener este valor se debe identificar lo siguiente:

- ✓ Coeficiente de la Amplificación Sísmica (C_T): De la tabla 4 se seleccionó el valor acorde al tipo de edificación cuyos elementos sean pórticos de acero con uniones resistentes a cargas. Lo cual da como coeficiente de ampliación sísmica " C_T " el valor de 35.

$$C_T = 35$$

- ✓ Periodo fundamental: Para obtener el valor del periodo fundamental de sismo se emplea la siguiente formula:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Dónde:

Periodo fundamental: T

Altura de nuestra edificación: h_n

Coeficiente de ampliación: C_T

Reemplazando:

$$T = \frac{10}{35}$$

$$T = 0.28$$

Cuando el valor de T es menor que 0.6, "C" se vuelve constante y toma el valor de 2,5.

$$T < 0.6$$

$$C = 0,25$$

- Factor de importancia o uso (U): De la tabla 5 se seleccionó el valor en función al uso que emplea la edificación, por lo tanto, la categoría “C” para edificaciones comunes tales como oficinas, viviendas, depósitos, almacenes e instalaciones industriales; sería la indicada como factor de importancia “U” lo cual da como valor a 1.

$$U = 1$$

- Coeficiente de reducción (R): De la tabla 6 se seleccionó el valor dependiendo del sistema estructural, el cual es acero en pórticos intermedios resistentes a cargas dentro de la estructura, este tipo de sistema nos da como coeficiente de reducción “R” el valor de 7.

$$R = 7$$

Reemplazando valores para obtener la carga de sismo que se agregara a la estructura metálica:

$$V = \left(\frac{0.45 * 1.05 * 1 * 2.5}{7} \right)$$

$$V = 0.168 \text{ kg/m}$$

B. Modelación de la estructura completa:

- Lo primero en el diseño es seleccionar las dimensiones para modelar la nave industrial almacenera, la cual consta de los siguientes datos:
 - ✓ Altura máxima (luz): 10m
 - ✓ Altura de las columnas: 7m
 - ✓ Ancho de la estructura: 20m
 - ✓ Largo de la estructura: 12m

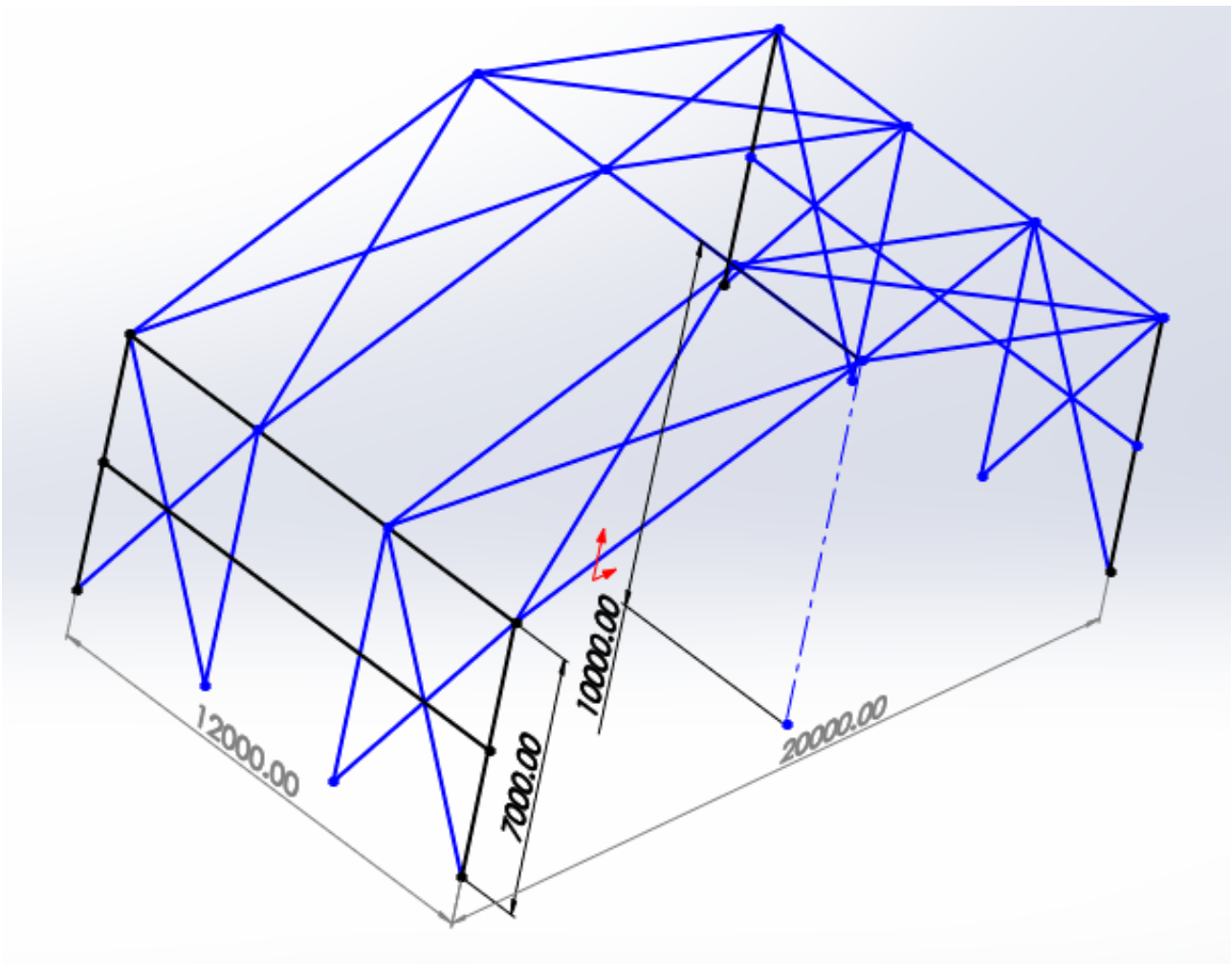


Figura 03. Dimensiones de la estructura

- Se realizó la implementación de los perfiles para los pórticos, los cuales están compuestos por las columnas de 7m, con el perfil de Tubo Rectangular ASTM A36 con las dimensiones de 600x200x6.35 normado para su posterior análisis de resistencia.

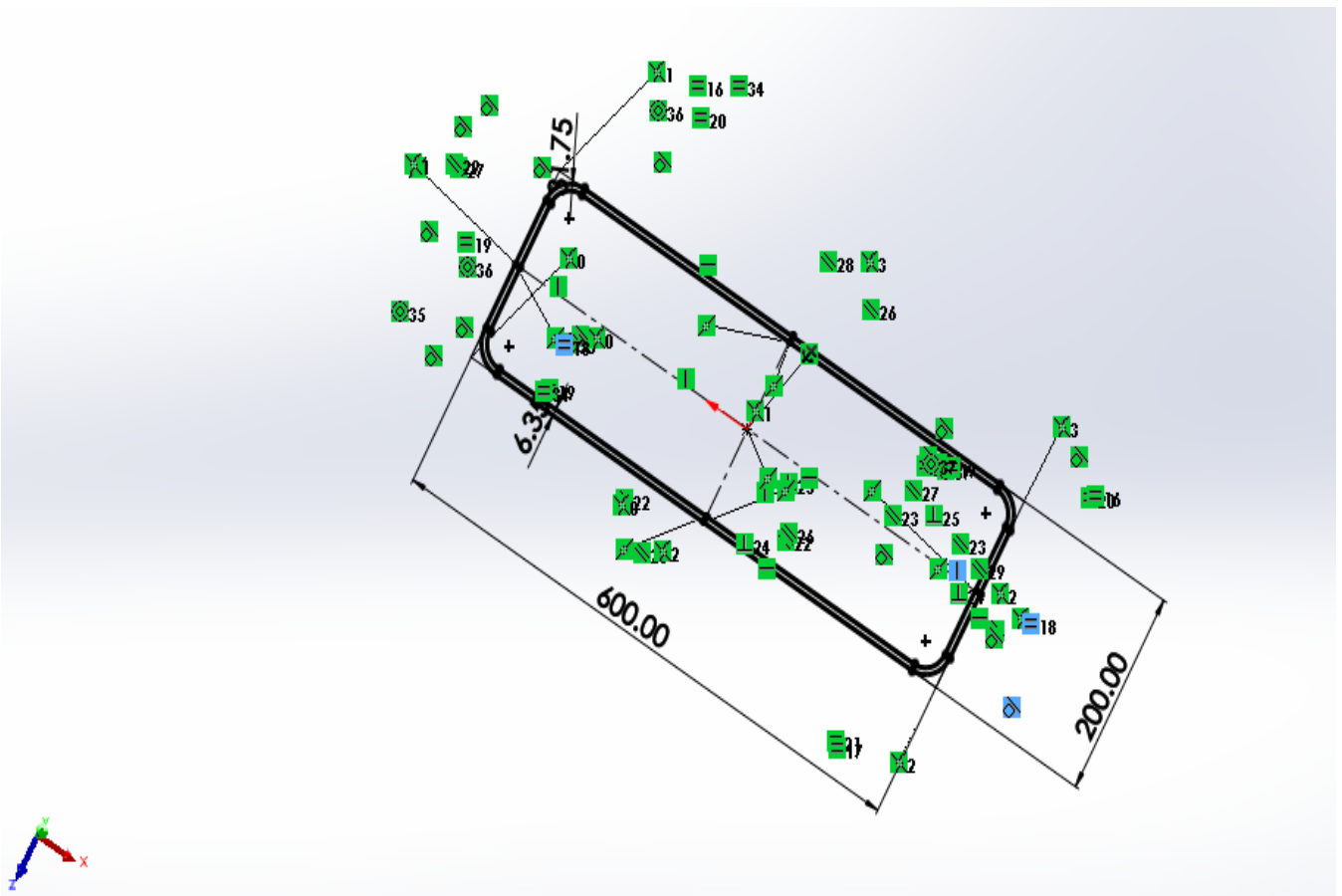


Figura 04. Dimensiones del perfil para las columnas.

- Siguiendo con el diseño, se realizó la creación de los perfiles de tubo rectangular anteriormente seleccionado, de igual forma para los dinteles de 10.7m se utilizó Tubo Rectangular ASTM A36 con las dimensiones de 600x200x6.35 para crear uniformidad en la estructura y de esta manera lograr obtener los 4 pórticos que componen la nave industrial almacenera.

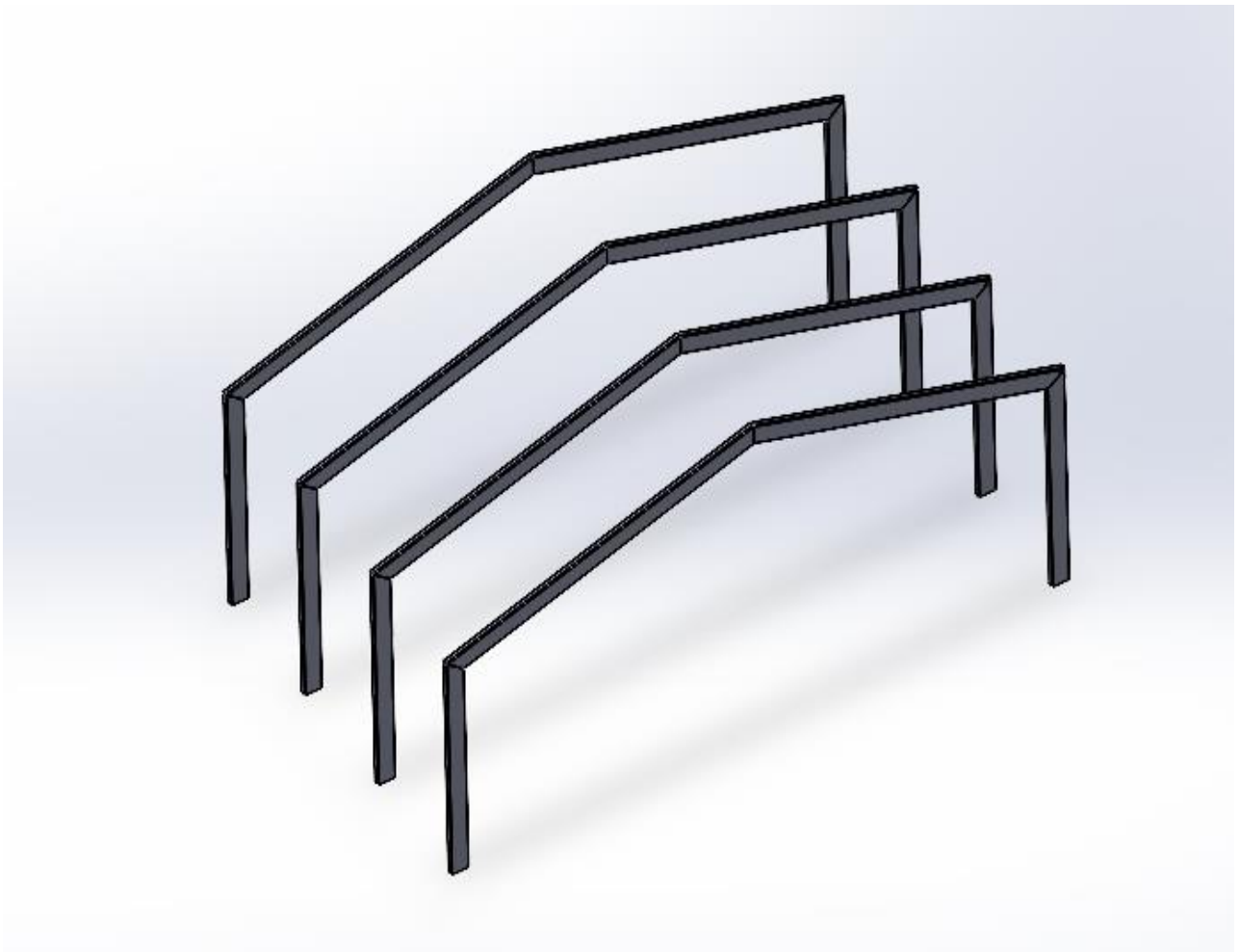


Figura 05. Creación de Pórticos.

- Continuando con el diseño, se procedió a implementar los Tubos Rectangulares ASTM A36 con dimensiones de 500x200x1/4" que unirán los 4 pórticos de la nave.



Figura 06. Uniones de los Pórticos.

- Se realizó la implementación de las viguetas PRECOR tipo C8"x3"x2mm que soportarán el techo de la estructura, seguido de una matriz de separación a 1.45m y luego se elaboró otro croquis para repetir el proceso de la vigueta para el otro extremo de la estructura.



Figura 07. Selección de las viguetas que soportarán el techo de la estructura.

- Continuando con la elaboración del diseño, se implementó los arriostramientos en forma de “x” con el perfil de Tubo cuadrado 3x3x4.7mm normado, los cuales ayudarán a estabilizar la estructura metálica limitando parcialmente los desplazamientos, seguido de un Tubo cuadrado 6x6x9.5mm normado el cual se colocó en la parte media de las columnas para lograr una mayor resistencia.

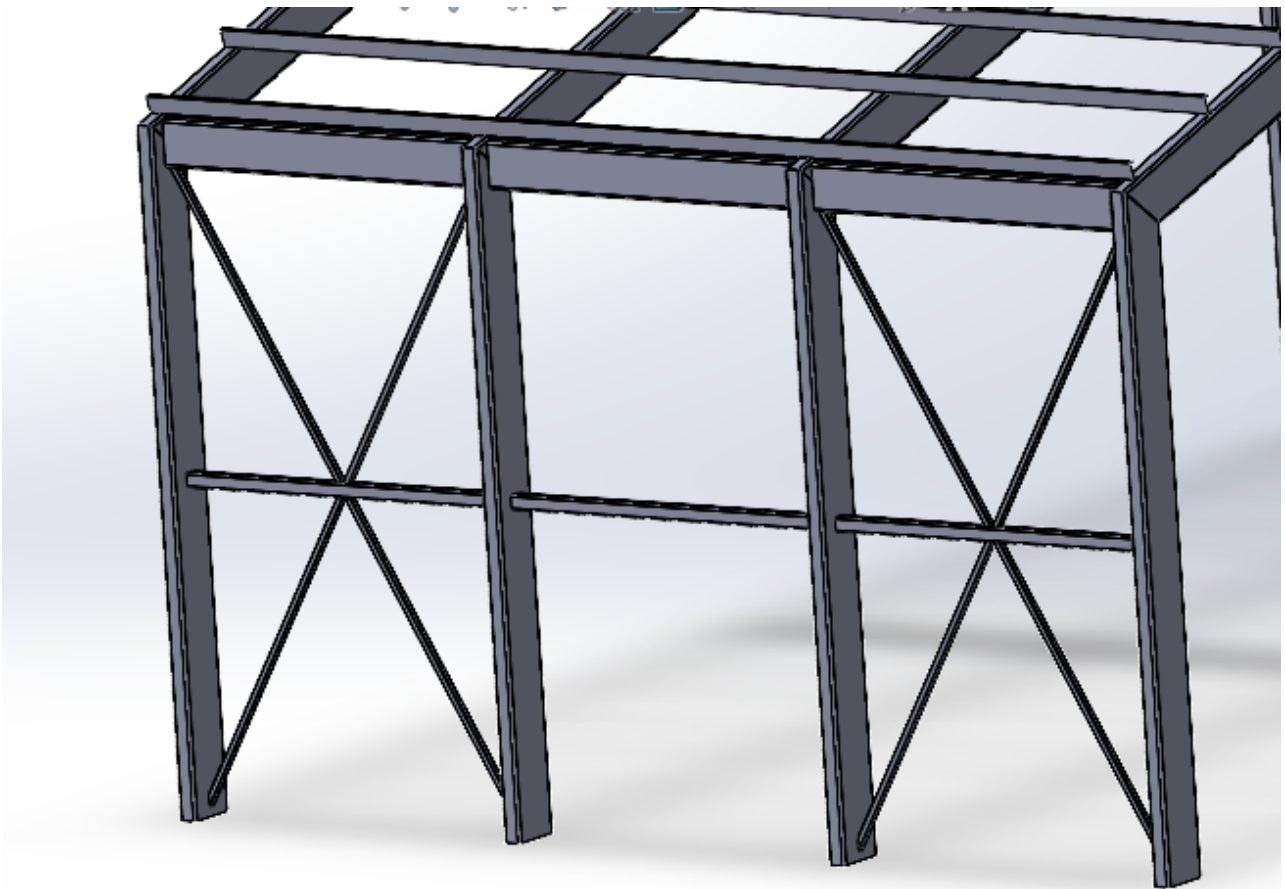


Figura 08. Implementación de arriostramientos laterales.

- Por último, se realizó la implementación de los arriostramientos en el techo de la estructura con el mismo perfil colocado en los laterales de Tubo cuadrado 3x3x4.7mm normado, de igual forma servirá para impedir o limitar las deformaciones de la estructura metálica.

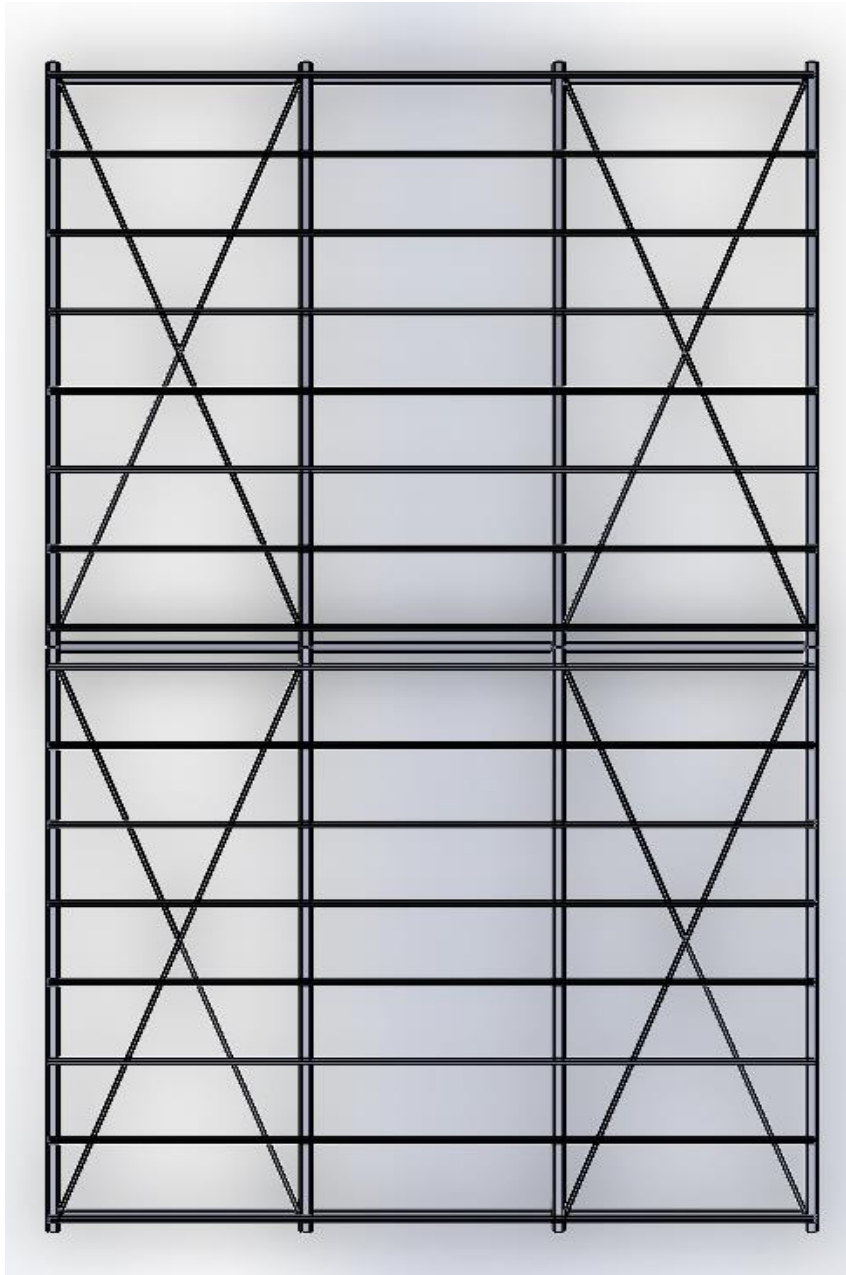


Figura 09. Implementación de arriostramientos en el techo.

C. Análisis estático donde se agregarán a la estructura las cargas:

- Lo primero fue realizar el mallado en la estructura completa, para verificar si existe algún error en su composición y poder continuar con el análisis. Como se puede observar en la figura no existe error en el mallado.

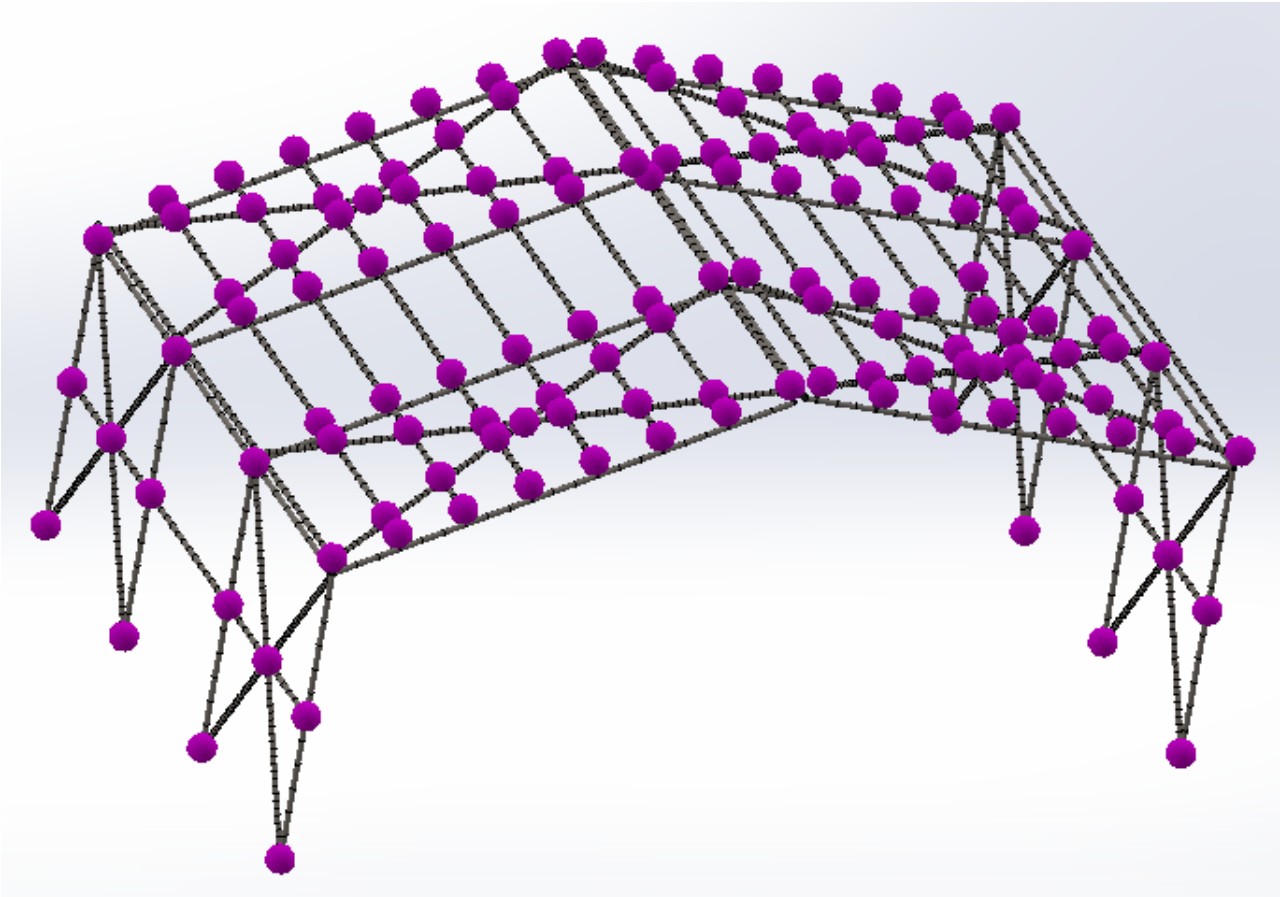


Figura 10. Enmallado de la estructura.

- Se realizó la selección de geometría fija, donde se señala que la parte inferior de las 8 columnas son fijas.

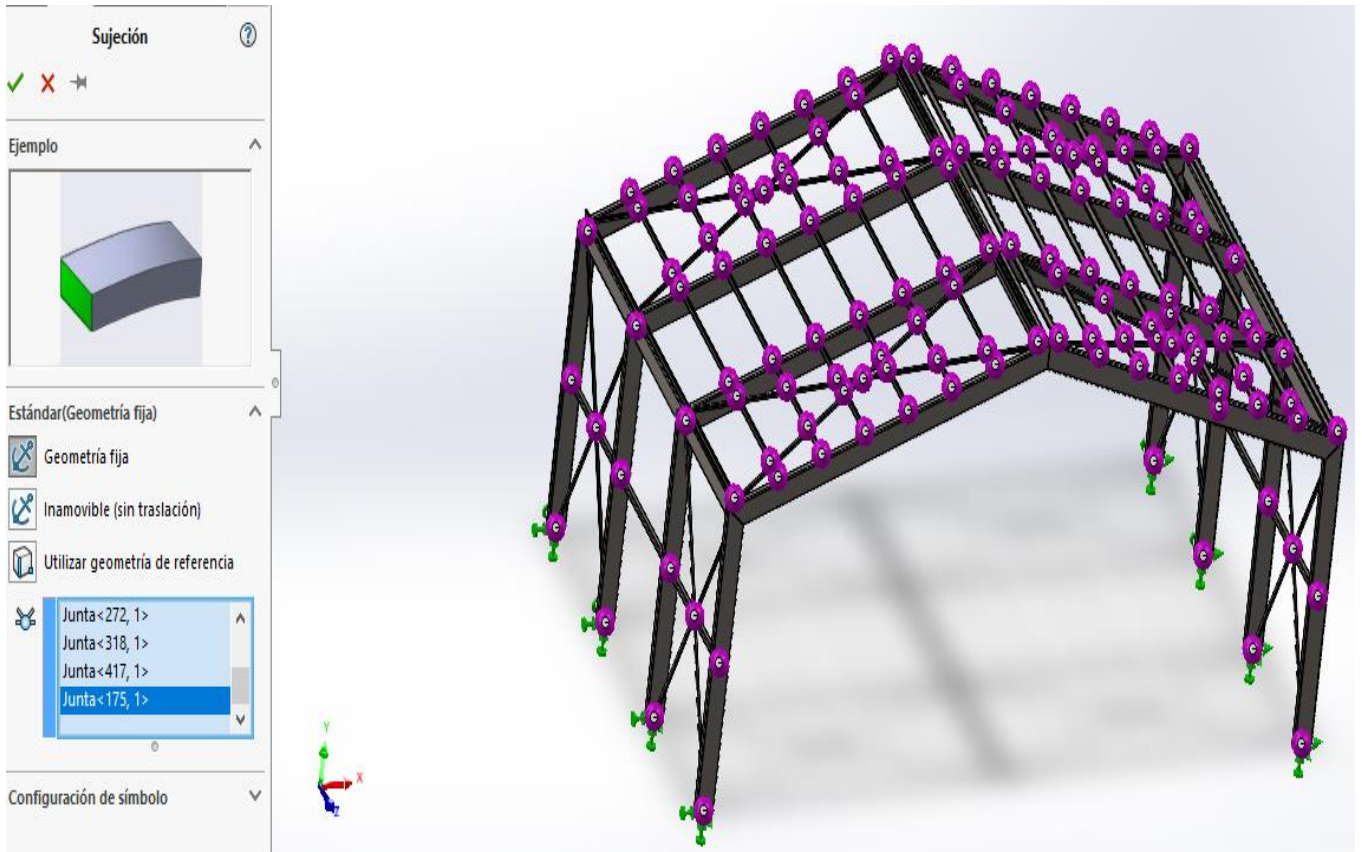


Figura 11. Selección de la geometría fija.

- Continuando con el análisis, se implementó la carga externa de gravedad en toda la estructura metálica, esto con el fin de agregar el peso de la estructura como una carga más a tener en cuenta durante el análisis estático.

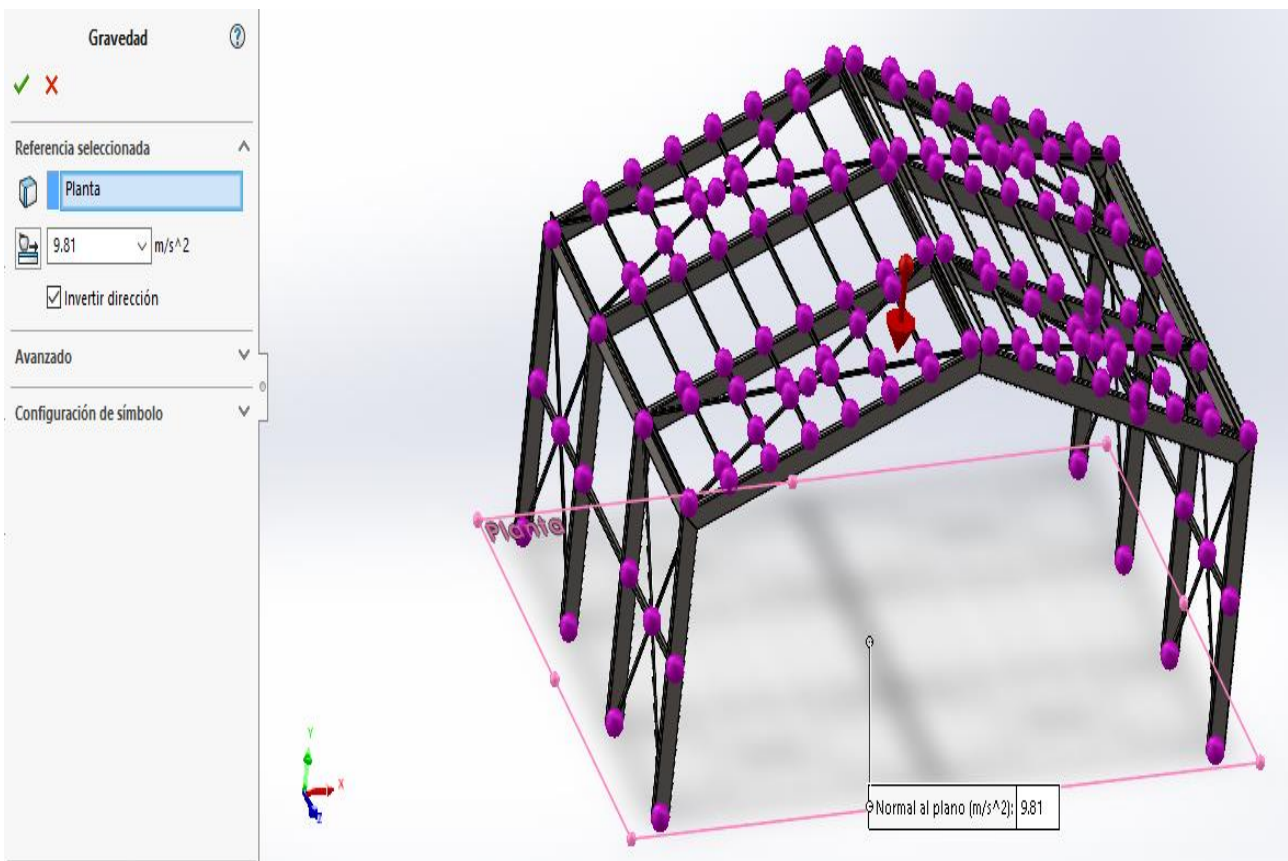


Figura 12. Se agrega la gravedad en la estructura completa.

- Siguiendo con el análisis, se agregó la carga muerta del precor (coberturado) para la cual se necesitó los siguientes datos:

✓ Precor TCA PUR

Material: Acero Zincalum ASTM A792

Ancho donde se encuentra el precor: 2.9m

Largo del precor: 6m

Ancho tributario del precor: 1.45m

Tabla 9. Peso de los paneles del Precor TCA PUR.

NOMBRE	Espesor Lamina Exterior	Espesor Lamina Interior	Peso del Panel
TCA	mm	mm	Kg/m ²
PUR 704	0.50	0.40	8.24
PUR 804	0.50	0.40	8.64
PUR 904	0.50	0.40	9.50

Tabla 9. De la cual se muestra las cargas del tipo de material seleccionado PRECOR TCA-PUR 9.50 Kg/m² para la elaboración del análisis.

Carga Muerta del Precor TCA PUR: Peso del panel de precor x Ancho tributario

$$9.5 \text{ kg/m}^2 \times 1.45\text{m}$$

$$13.78 \text{ kg/m}$$

$$0.138 \text{ kg/cm}$$

✓ Precor TR4

Material: Acero Zinco ASTM A792

Ancho donde se encuentra el precor: 2.9m

Largo del precor: 6m

Ancho tributario del precor: 1.45m

Tabla 10. Peso de los paneles del Precor TR4.

Espesor Lamina Exterior.	Espesor Lamina Interior.	Peso del Panel.
mm	mm	Kg/m ²
0.35	0.40	3.35
0.45	0.50	4.30
0.55	0.60	5.26

La tabla 10 muestra las cargas del tipo de material seleccionado PRECOR TR4 5.26 Kg/m² para la elaboración del análisis.

Carga Muerta del Precor TR4: Peso del panel de precor x Ancho tributario

$$5.26 \text{ kg/m}^2 \times 1.45\text{m}$$

$$7.63 \text{ kg/m}$$

$$0.0763 \text{ kg/cm}$$

- Continuando con el análisis estático, se agregó la Carga Muerta del Precor TR4 anteriormente calculada de 0.0763 kg/cm en los elementos que componen el techo de la estructura metálica.

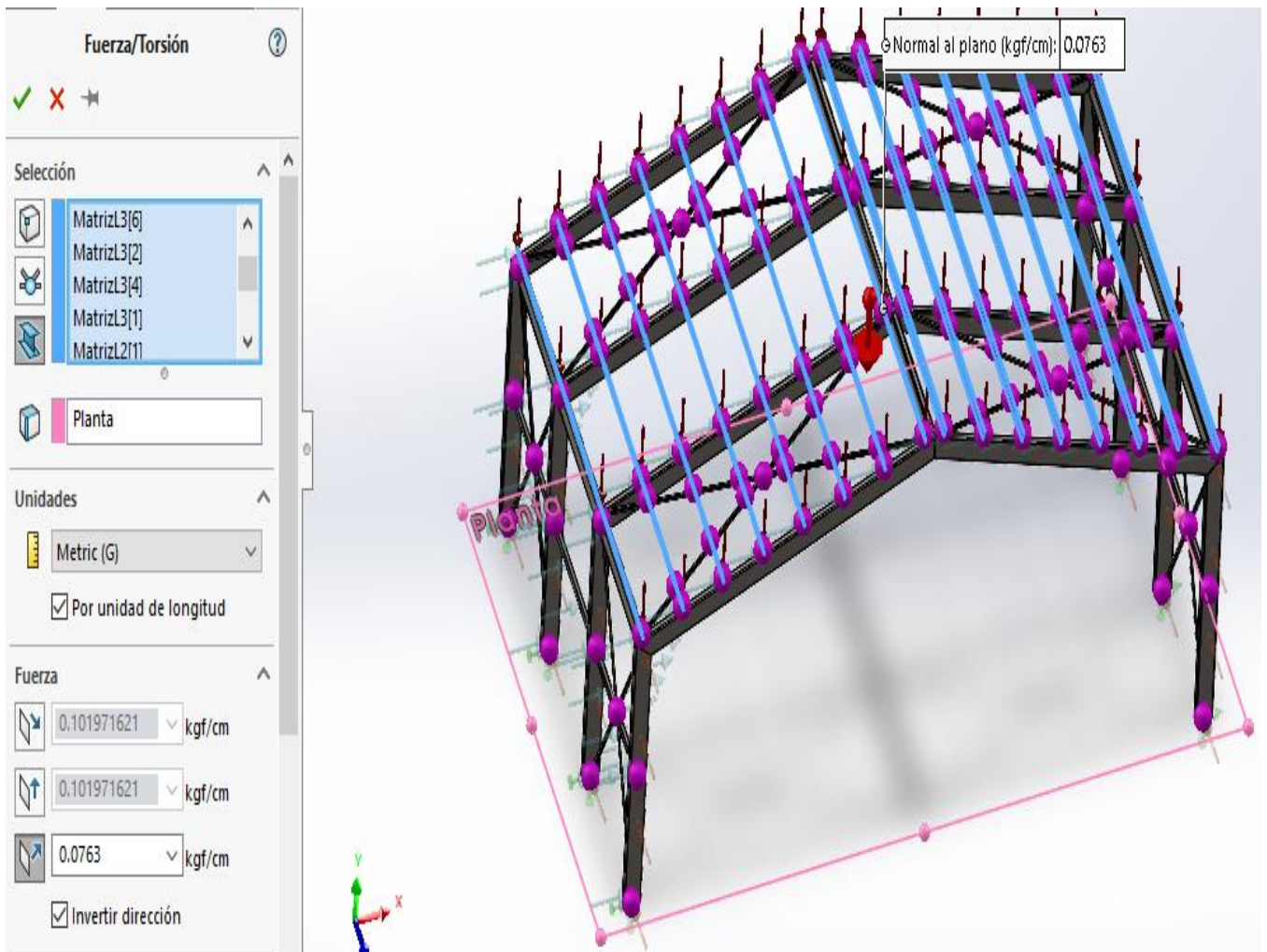


Figura 13. Carga Muerta del Precor TR4.

- Siguiendo con el análisis, se procedió en agregar la carga de viento anteriormente calculada de 0.281 kg/cm en los elementos que forman el techo de la nave industrial.

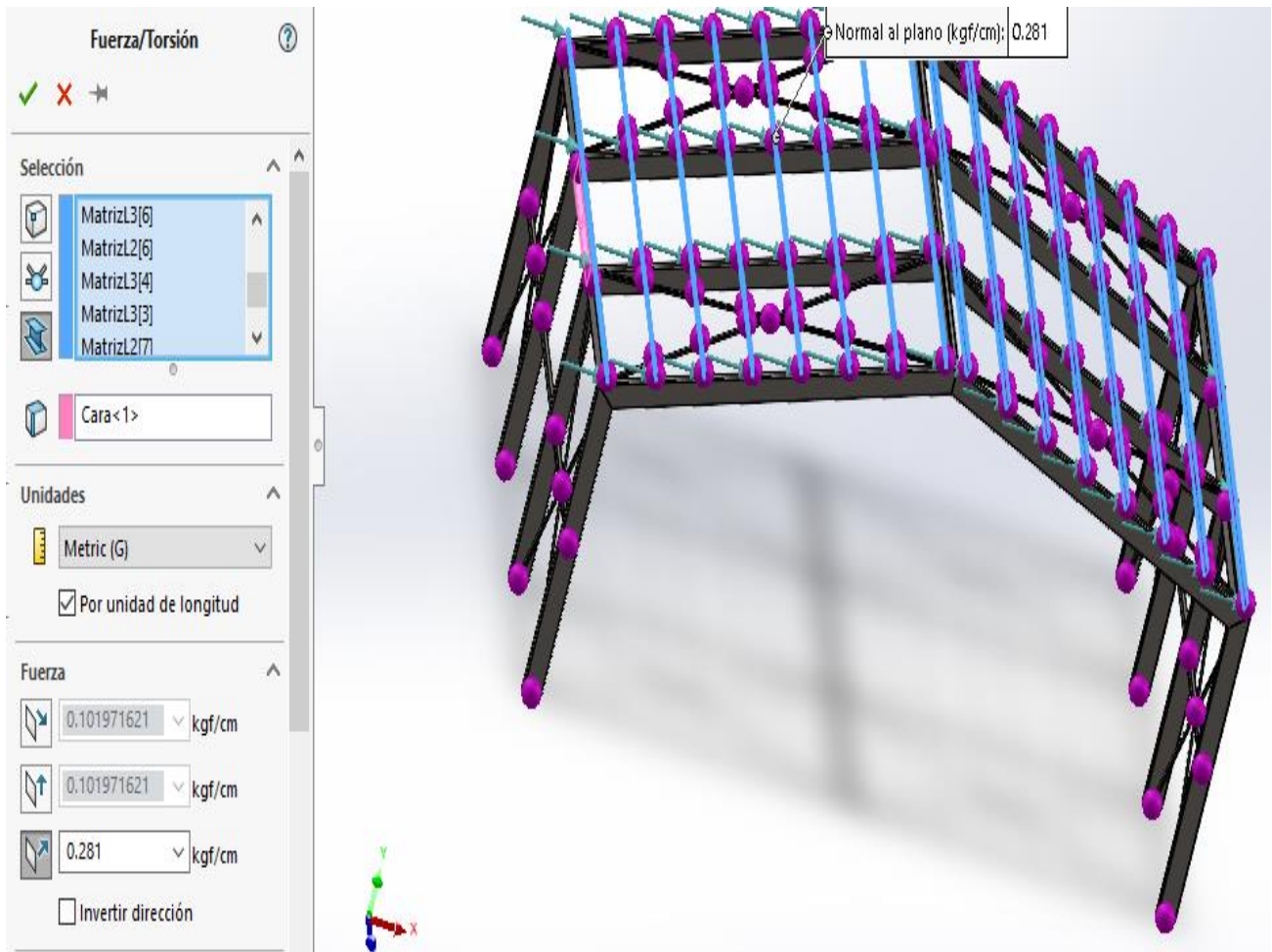


Figura 14. Se agregó la Carga de viento en el techo de la estructura.

- En el siguiente paso para el análisis estático, se implementó la carga de viento de 0.281 kg/cm en los elementos laterales que conforman la estructura metálica.

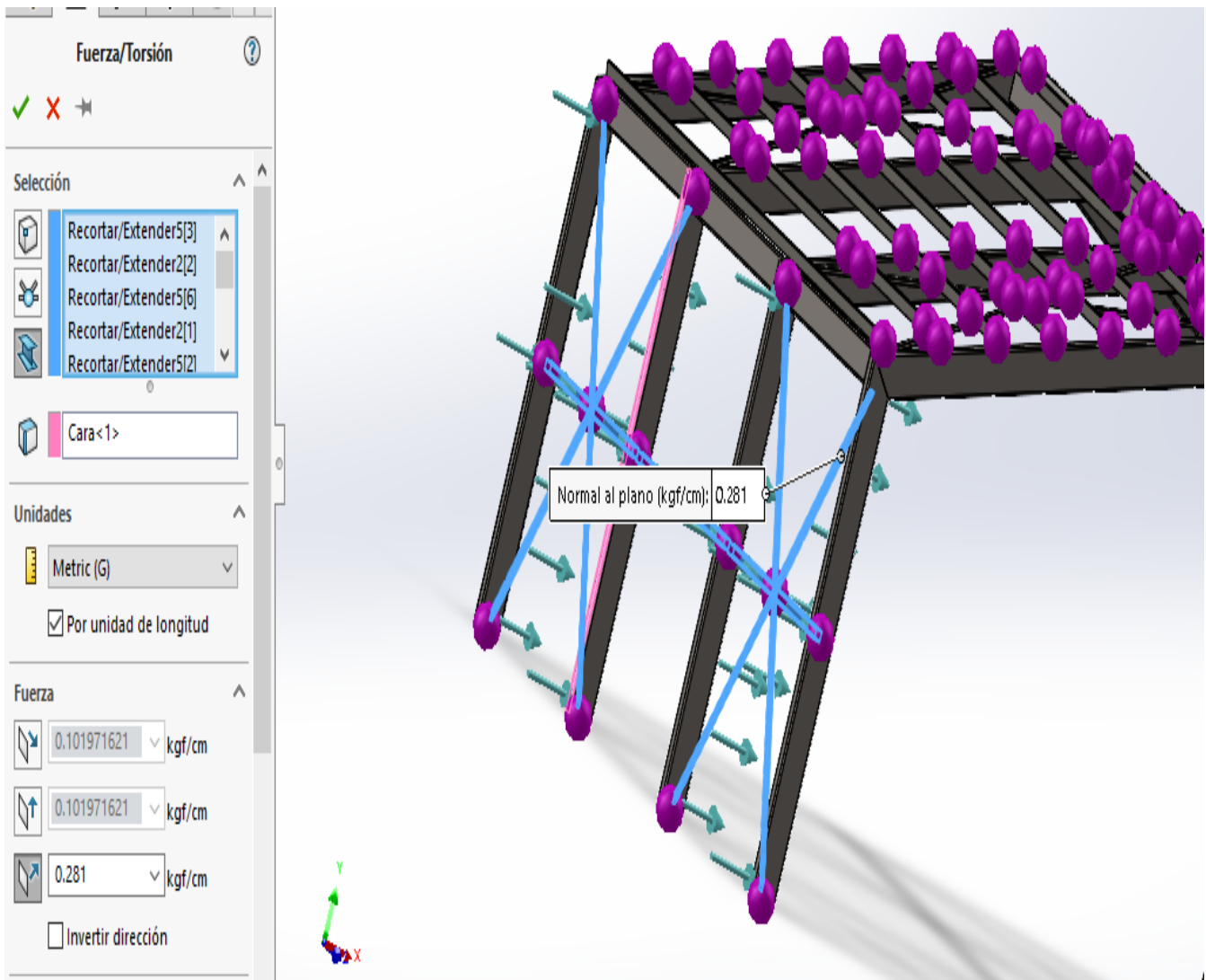


Figura 15. Carga de viento en los laterales de la estructura.

- Siguiendo con los pasos para el análisis estático, se agregó la carga de sismo anteriormente calculada de 0.0168 kg/cm en la estructura metálica.

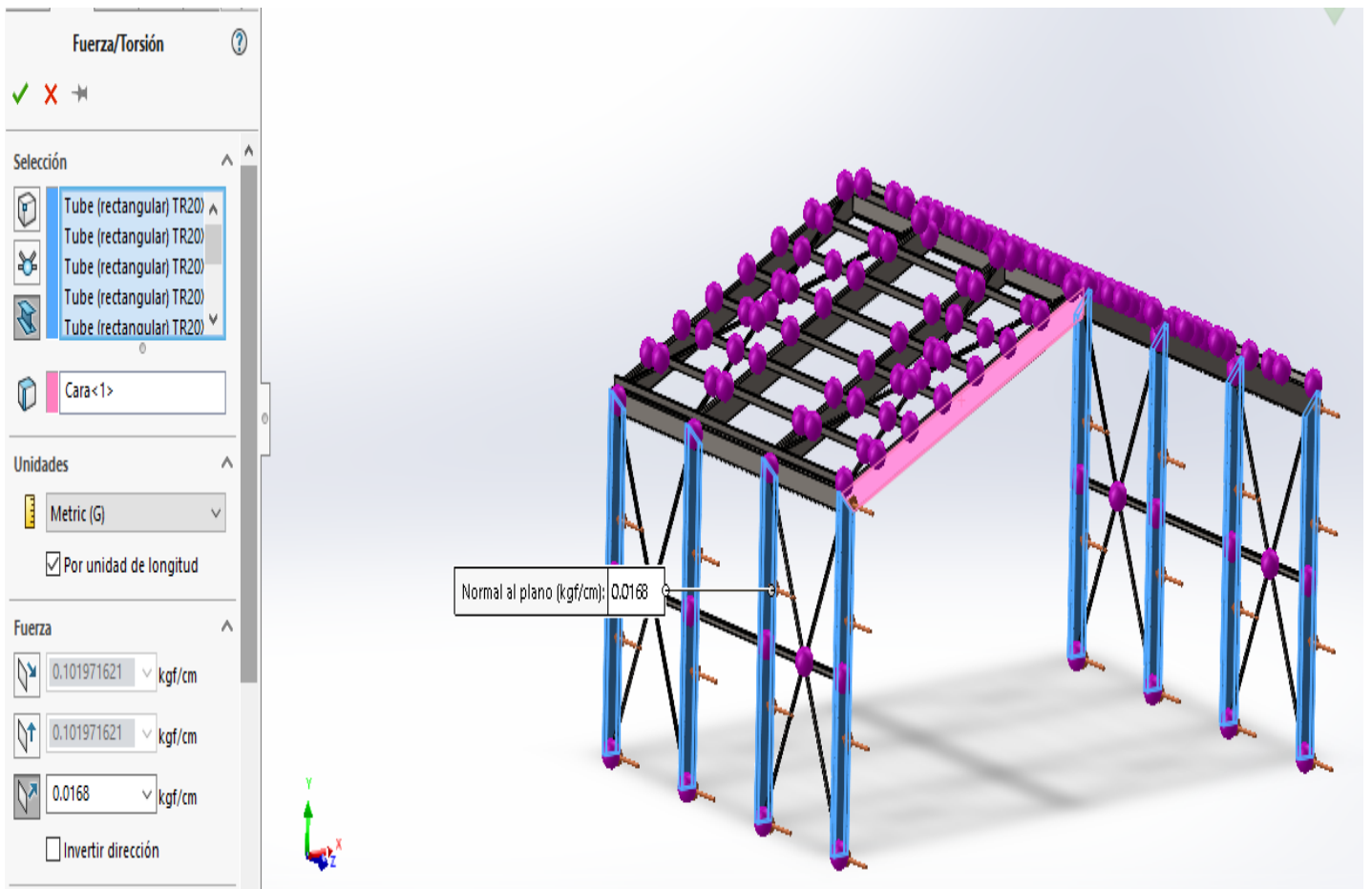


Figura 16. Carga de sismo en la estructura.

- Continuando con el análisis estático, el estudio de tensiones dio como resultados 57.4 MPa como el valor máximo, ubicado en la viga del precor intermedio, estando en un rango favorable al compararlo con el límite elástico de 250 MPa.

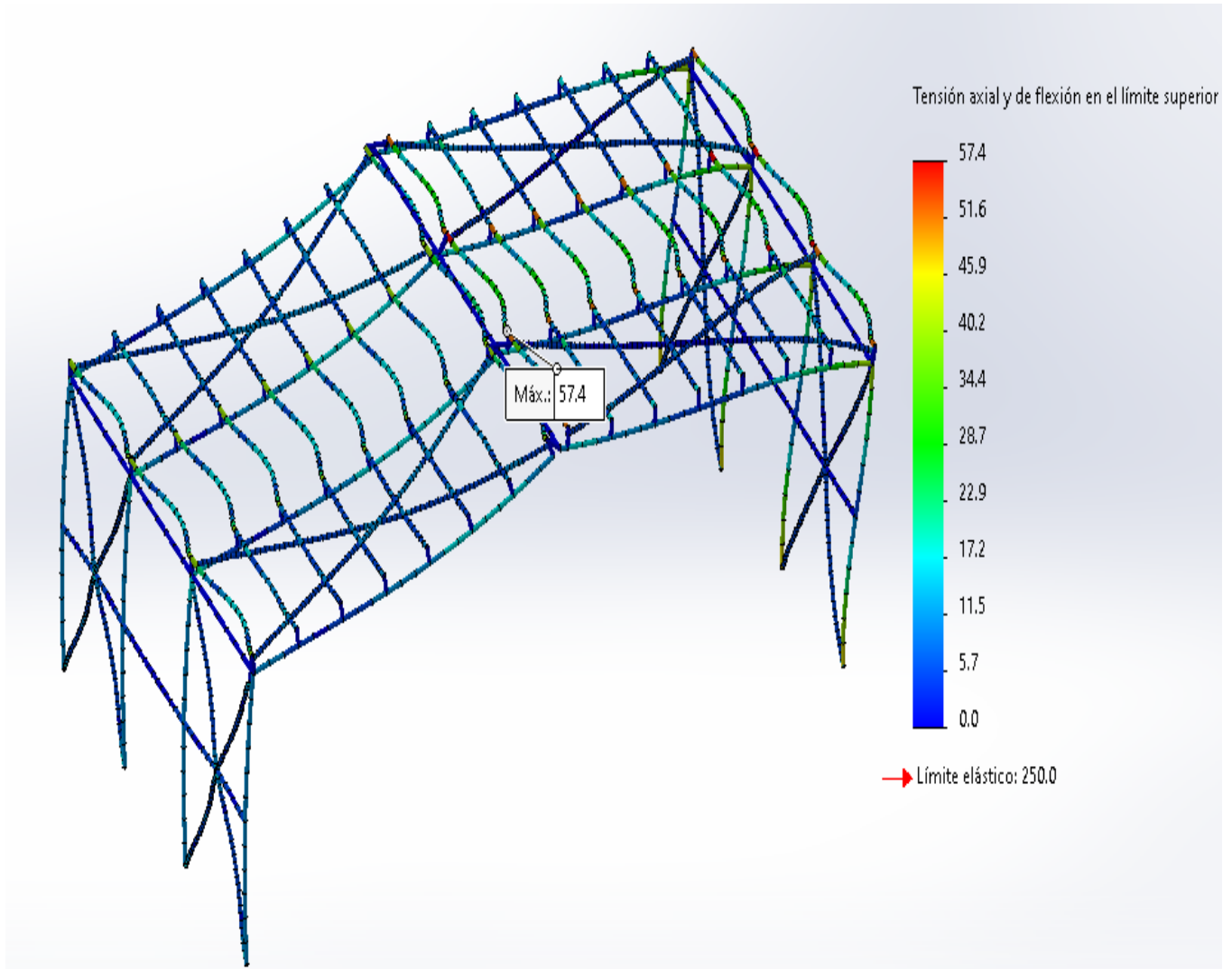


Figura 17. Estudio de tensiones máximas.

- Siguiendo con el análisis estático, el estudio de desplazamiento arrojó como resultado 12.4 mm como desplazamiento máximo, el cual se encuentra en la vigueta precor intermedia. Teniendo en cuenta que en la norma peruana de estructuras de acero para edificaciones no menciona valores límites para desplazamientos, se toma en consideración lo dictado según la norma norteamericana ASCE 7, la cual indica que los límites admisibles de desplazamiento son de 20 a 35 mm. Con esto el resultado obtenido de 12.4mm está en un rango aceptable para estos tipos de estructuras.

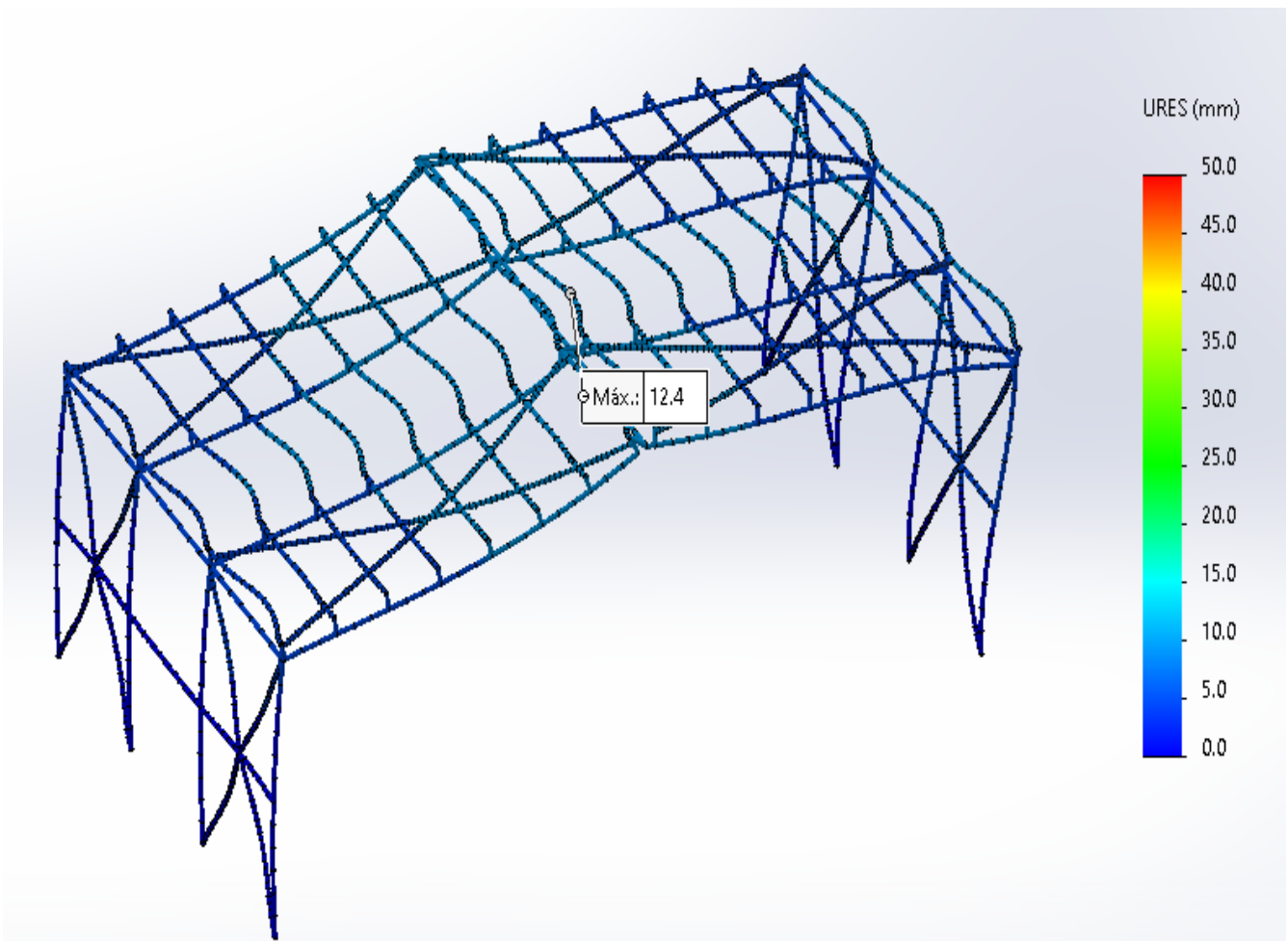


Figura 18. Estudio de desplazamiento de la estructura.

- Luego se realizó el estudio del factor de seguridad, el cual dio como factor mínimo 4.4, en el punto de las viguetas que soportan el techo de la estructura, justo donde se encuentran las tensiones máximas. Lo recomendable es que el factor de seguridad sea mayor o igual a 2, se concluye que en base al criterio mecánico esta estructura soportaría todas las cargas aplicadas.

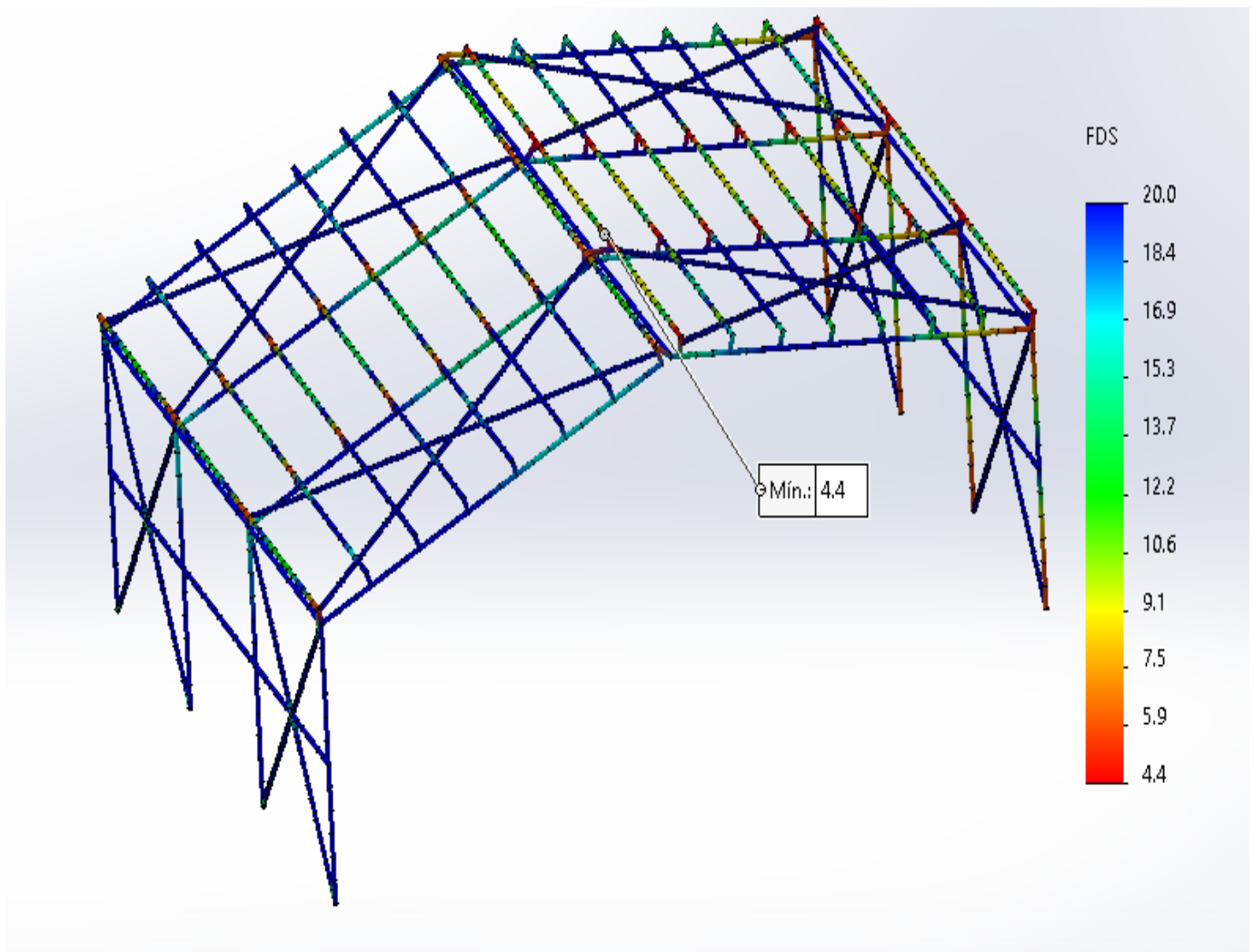


Figura 19. Estudio del Factor de Seguridad.

- En el análisis de pandeo de la estructura con todas las cargas sometidas, dio como resultado el factor de seguridad de pandeo 21,845. En la imagen se muestra que en la vigueta del precor intermedio, será el mayor movimiento de pandeo que tenga en toda la estructura metálica.

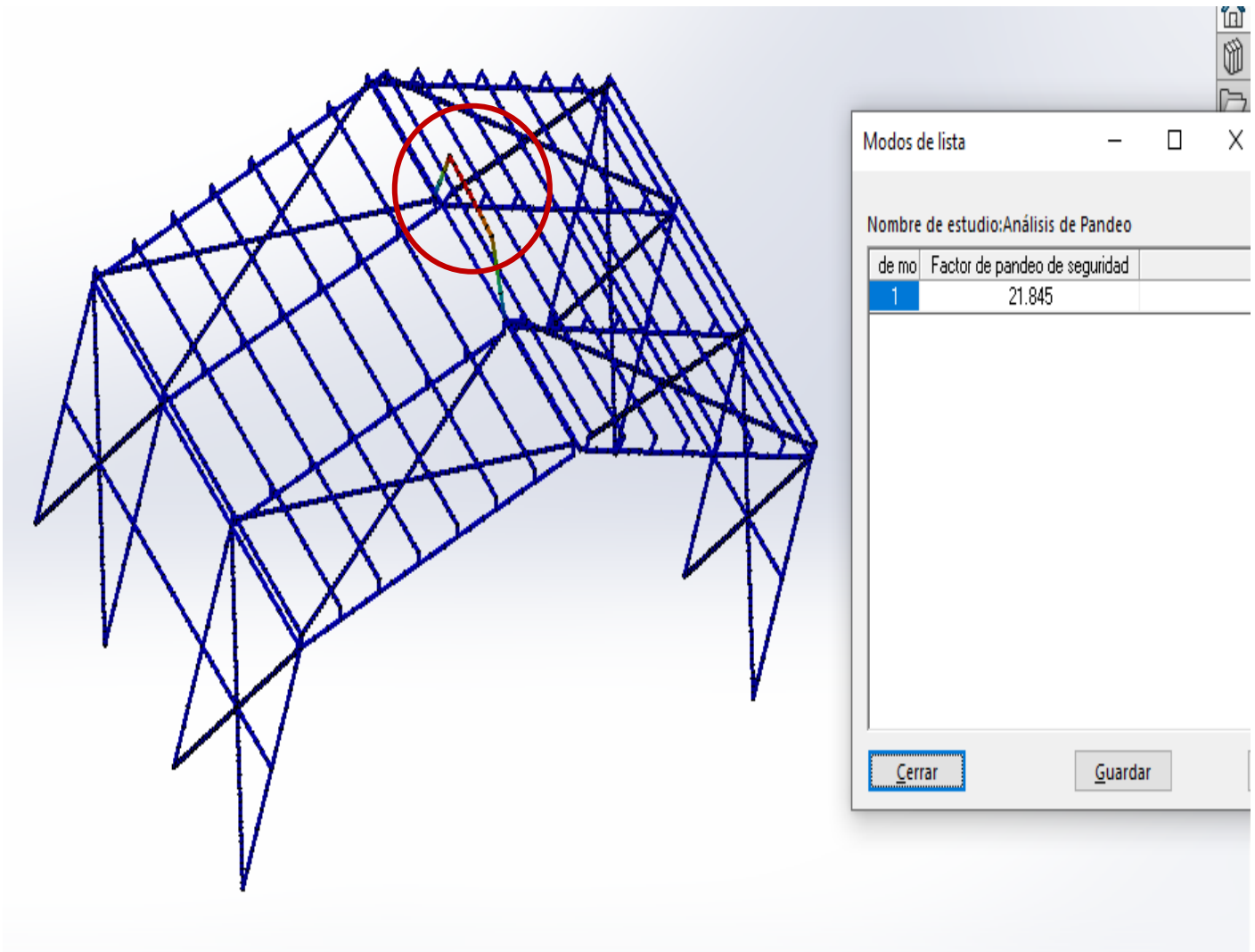


Figura 20. Análisis de Pandeo para determinar el elemento con mayor deformación.

D. Comparación del diseño elaborado con otros dos trabajos previos:

1. Identificar los resultados de los dos trabajos previos:

- Primer trabajo previo (Cahuana Ccopa, 2018):
- Se tomó los datos del diseño usado por el autor para la elaboración de la estructura metálica, con el fin de someterla a las mismas cargas de la nave que se diseñó en esta presente tesis.

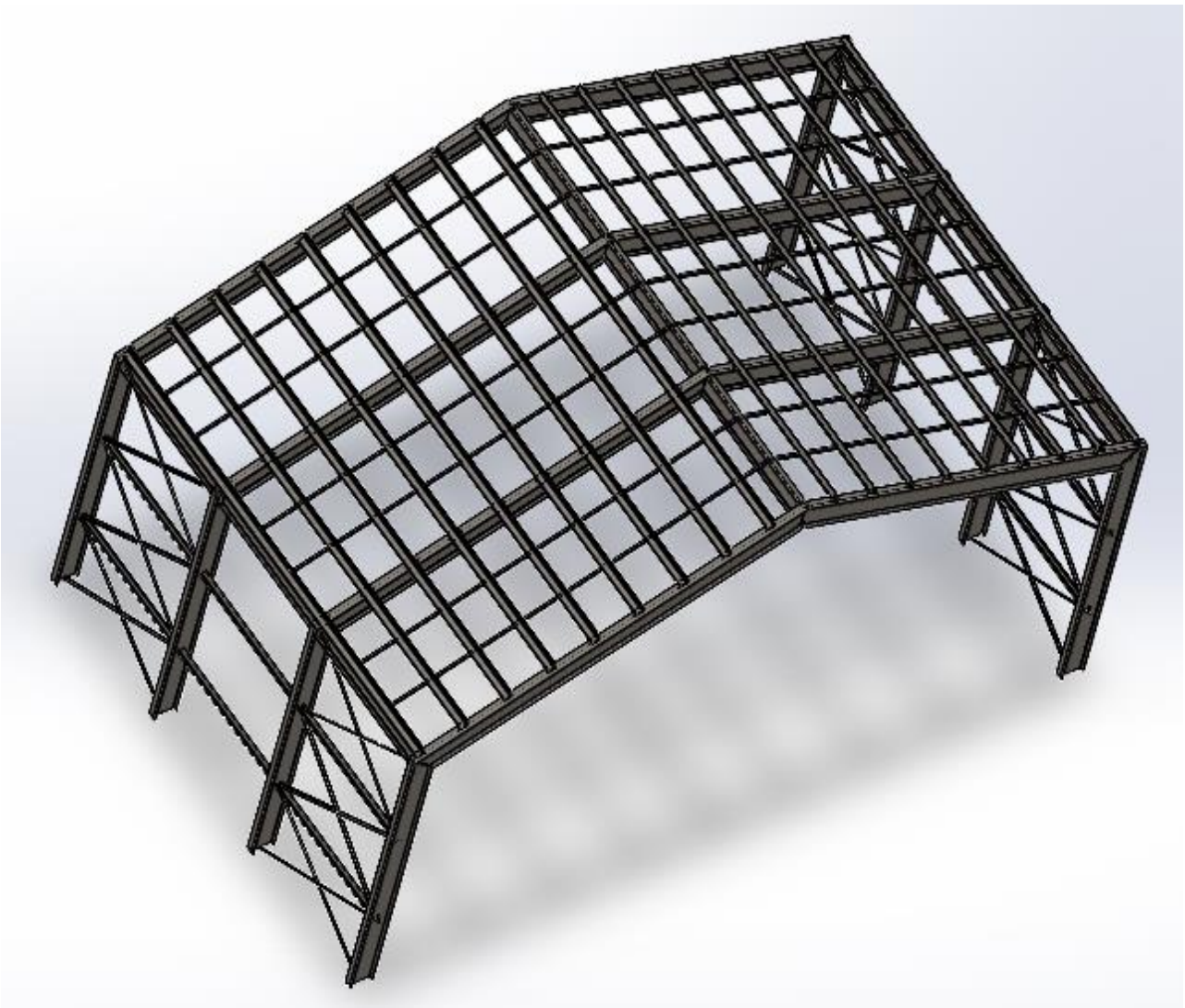


Figura 21. Diseño del primer trabajo previo.

- Se agregaron todas las cargas calculadas de esta presente tesis, en el diseño del primer trabajo previo:
 - ✓ Peso de la estructura (gravedad).
 - ✓ Carga de viento en el techo.
 - ✓ Carga de viento en los elementos laterales.
 - ✓ Carga de sismo.
 - ✓ Carga del precor.

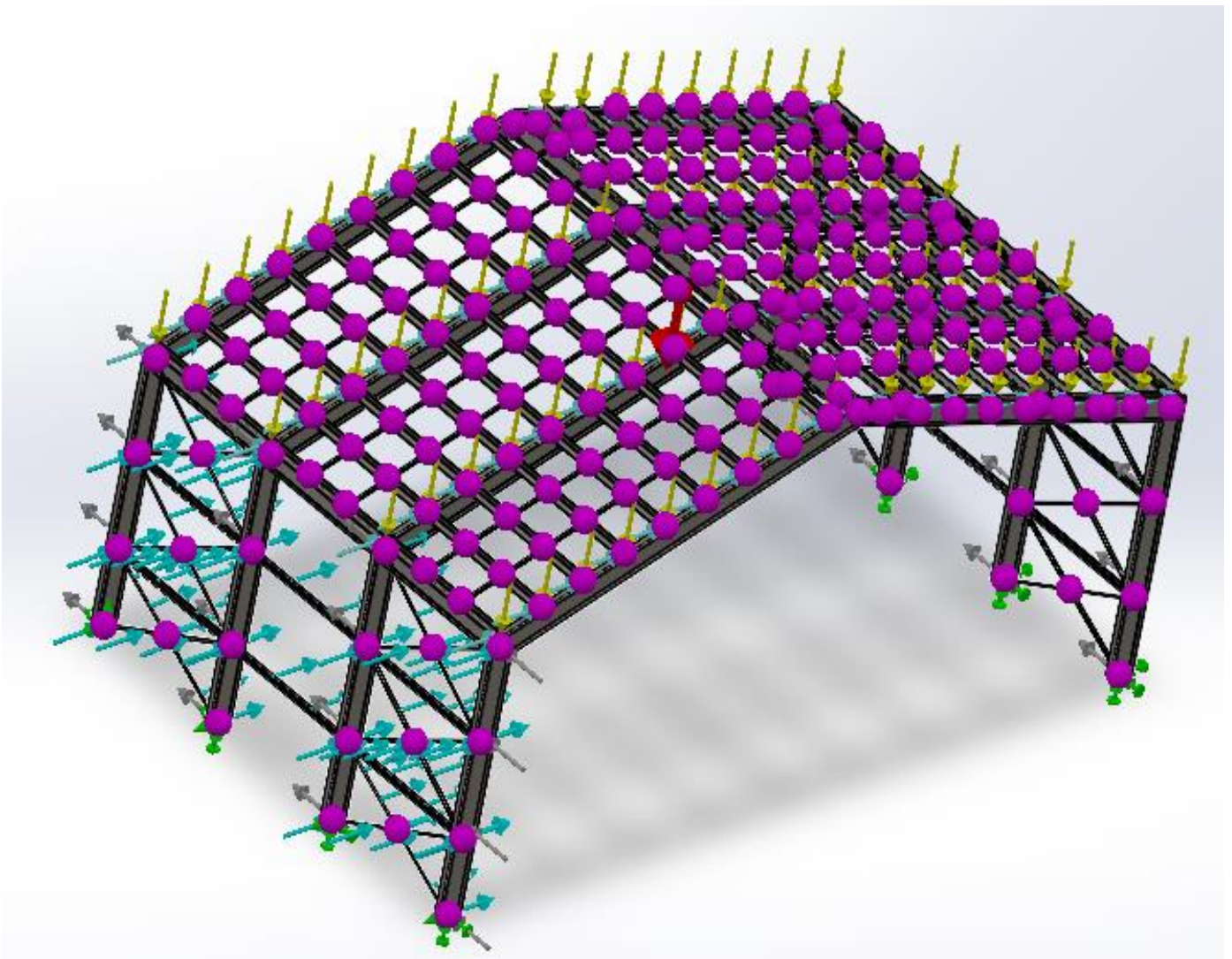


Figura 22. Cargas agregadas en el primer trabajo previo.

- Con las cargas agregadas a la estructura metálica, se logró obtener los siguientes datos de los diferentes estudios realizados en el primer trabajo previo:
 - ✓ El estudio de tensiones dio como resultado 103.9 MPa como el valor máximo, el cual está en un rango favorable al compararlo con el límite elástico de 250 MPa.
 - ✓ El estudio de desplazamiento dio como resultado 9.7 mm como desplazamiento máximo, de igual manera según norma norteamericana está en un rango aceptable para estos tipos de estructuras.
 - ✓ El estudio del factor de seguridad, dio como factor mínimo 2.4, lo recomendable es que el factor de seguridad sea mayor o igual a 2, se concluye que en base al criterio mecánico esta estructura soportaría todas las cargas aplicadas.
 - ✓ Análisis de pandeo de la estructura con todas las cargas sometidas, donde dio como resultado el factor de seguridad de pandeo 28,73.

- Segundo trabajo previo (Vargas Córdova, 2017):

De igual manera que con el primer trabajo previo, se tomó los datos del diseño usado por el autor para la elaboración de la estructura metálica, con el fin de someterla a las mismas cargas de la nave que se diseñó en esta presente tesis.



Figura 23. Diseño del segundo trabajo previo.

- Se agregaron todas las cargas calculadas en esta presente tesis al diseño del segundo trabajo previo:
 - ✓ Peso de la estructura (gravedad).
 - ✓ Carga de viento en el techo.
 - ✓ Carga de viento en los elementos laterales.
 - ✓ Carga de sismo.
 - ✓ Carga del precor.

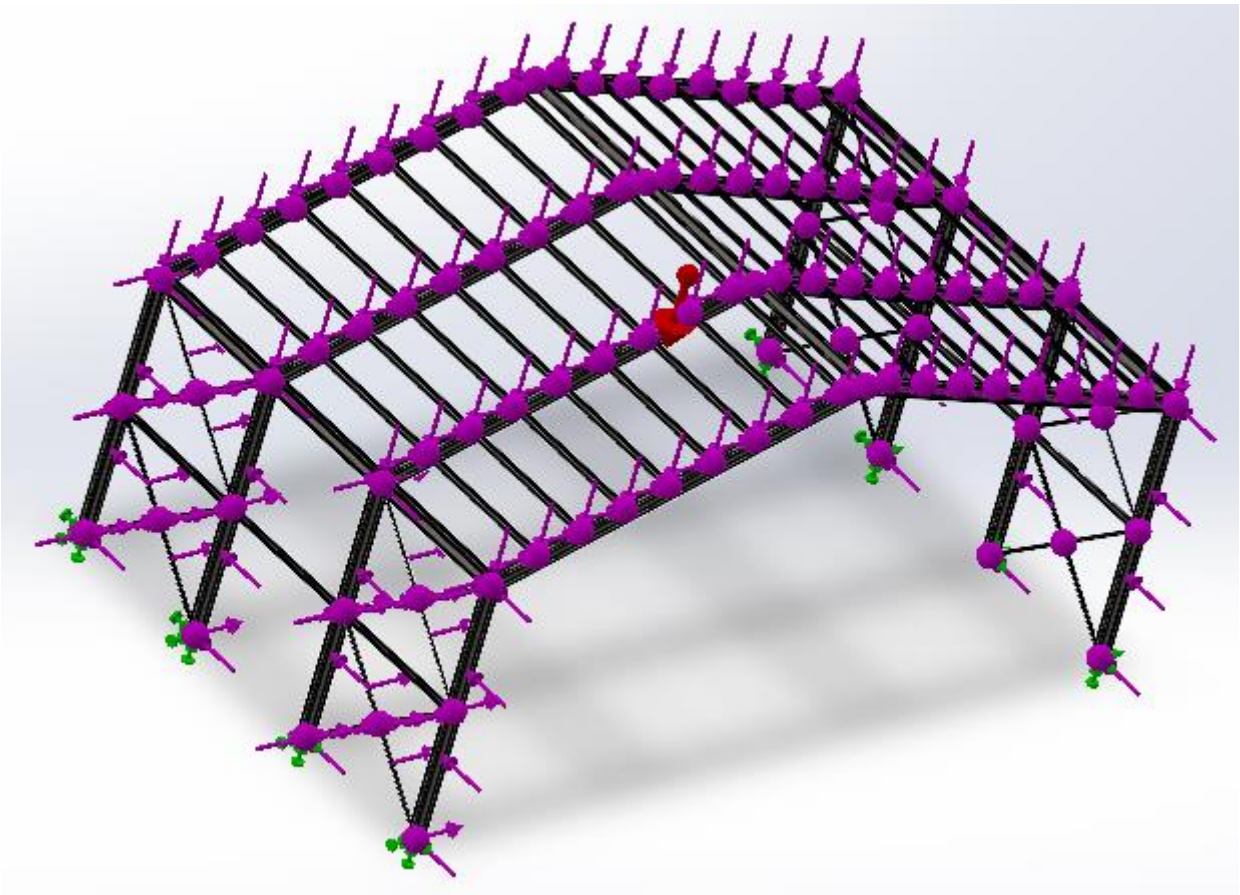


Figura 24. Cargas agregadas en el segundo trabajo previo.

- Con las cargas agregadas a la estructura metálica se logró obtener los siguientes datos de los diferentes estudios realizados en el segundo trabajo previo:
 - ✓ El estudio de tensiones da como resultado 129.3 MPa como el valor máximo, el cual está en un rango favorable al compararlo con el límite elástico de 250 MPa.
 - ✓ El estudio de desplazamiento da como resultado 16.2 mm como desplazamiento máximo, de igual manera según norma norteamericana está en un rango aceptable para estos tipos de estructuras.
 - ✓ El estudio del factor de seguridad, da como factor mínimo 2.1, lo recomendable es que el factor de seguridad sea mayor o igual a 2, se concluye que en base al criterio mecánico esta estructura soportaría todas las cargas aplicadas.
 - ✓ Análisis de pandeo de la estructura con todas las cargas sometidas, donde da como resultado el factor de seguridad de pandeo 26,51.

2. Comparando resultados de diseño:

Se tomaron los resultados obtenidos del diseño realizado en esta presente tesis en comparación con los 2 trabajos previos.

Diseño realizado en esta tesis: A

Diseño (Cahuana Ccopa, 2018): B

Diseño (Vargas Córdova, 2017): C

Tabla 11. Evaluación de las alternativas.

ESTUDIOS	DISEÑOS			IDEAL
	A	B	C	
TENSIONES	3	2	2	4
DESPLAZAMIENTOS	2	3	2	4
FACTOR DE SEGURIDAD	3	2	2	4
FACTOR DE PANDEO	2	3	3	4
TOTAL	10	10	9	16

De la tabla 11 se puede obtener que en los estudios de tensiones el diseño implementado en esta presente tesis, es el que mejor puntuación tiene en comparación con ambos trabajos previos sometidos a las mismas cargas.

En el estudio de desplazamiento según normativa internacional, el diseño realizado por Cahuana es el mejor de entre los otros diseños superándolos por un punto más en la tabla anterior, debido a que tiene menor desplazamiento en su estructura. En el factor de seguridad el diseño de esta presente tesis se pone por encima de los otros dos diseños por un punto más y en el factor de pandeo tanto el diseño realizado por Cahuana y Vargas están con un punto más que el diseño de esta presente tesis. En conclusión, los 3 diseños se pueden denominar como resistentes y funcionales.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como título el diseño de una nave de estructura metálica de tipo almacén industrial sometida a los efectos ambientales en el Perú para una empresa metalmeccánica, es necesario discutir algunos aspectos de gran importancia respecto a las cargas de sismo y la carga de viento calculadas teniendo en cuenta la zona en la que se quiere diseñar este tipo de estructura, además de la Norma Técnica Peruana E.030 para esta dicha estructura metálica, para la cual en el caso de viento se necesitó calcular la intensidad dinámica de viento, de esta forma se utilizó la ecuación brindada por la normativa para así lograr obtener la carga de viento que en comparación con otros trabajos no varía demasiado la carga debido a que esta normado; luego para calcular la carga de sismo que se colocó en la estructura metálica, se necesitó obtener todos los valores de tablas de donde se seleccionó el fator de zona, el factor de suelo y tipo de suelo, el coeficiente de ampliación sísmico, todo en conjunto para así lograr calcular la carga de sismo siguiendo normativa peruana para este tipo de estructuras metálicas de altura, de igual forma que la carga de viento esta no varía considerablemente en comparación con trabajos de investigación que de igual forma coinciden, en el cual el autor (William Vargas, 2017) muestra un resultado parecido al calculado anteriormente.

En relación a la modelación de la estructura completa con el software de ingeniería SOLIDWORKS, el cual fue usado para la elaboración de la edificación metálica, es necesario decir que existen programas especializados para el diseño de este tipo de estructuras de altura, en los trabajos de investigación sobre el diseño de naves industriales tanto nacionales como internacionales, no se encontró una tesis que fuera hecha con este programa, por este motivo en el presente trabajo se ha realizado el desarrollo del diseño, modelación y simulación de la nave industrial. Además, en resultados se elaboró una serie de pasos como método para la elaboración correcta de la nave industrial almacenera, con el fin de servir de guía para futuros proyectos de investigación que deseen realizar su diseño

estructural con este útil programa de ingeniería, del cual se inició con la elección de dimensiones tanto de largo, ancho y alto de la nave, seguido de la creación de pórticos con los perfiles escogidos para su posterior análisis de resistencia, luego a esto, se realiza la modelación completa y simulación posterior a la cual estará sometida la nave estructural que se haya diseñado.

Cuando se realizó la simulación del análisis estático con el software SOLIDWORKS, fue necesario comprobar si la estructura tenía algún fallo al momento de colocar el mallado, posterior a eso en el presente trabajo se agregó las cargas que fueron calculadas con anterioridad, tanto la carga de viento 0,281 Kg/ cm, la carga de sismo 0.033 kg/cm, la carga del precor TR4 (coberturado) 0.0763 kg/cm la cual cuenta con un material de Acero Zincalum ASTM A792.

Con todo esto listo se logró obtener, los datos del estudio de tensiones la cual nos da como resultado 57.4 MPa como máximo en tensión axial y flexión estando en rango favorable al límite elástico de 250 MPa, en el siguiente que fue el estudio del desplazamiento nos da como resultado 12.4 mm como desplazamiento máximo de la estructura lo cual es un resultado favorable teniendo en cuenta los desplazamientos admisibles para este tipo de estructuras. Luego se realizó el estudio del factor de seguridad, el cual dio como resultado un factor mínimo de 4.4, este factor se encuentra en el punto de las viguetas donde están las tensiones máximas.

Como estudio final se realizó el análisis de pandeo de la estructura completa con todas las cargas sometidas, se obtuvo como resultado el factor de seguridad de pandeo de 21.845, la cual se encuentra en la vigueta intermedia que soporta el techo de la estructura, este sería el punto de mayor movimiento de pandeo que tenga toda la estructura metálica. Los datos indican que la estructura diseñada y modelada cumple con los requerimientos admisibles, además de presentar resultados similares a los obtenidos por el autor (Cahuana Ccopa, 2018) en su diseño de nave industrial.

En la comparativa que se realizó en este presente trabajo, se tuvo que volver a diseñar dos naves más en el software de ingeniería SOLIDWORKS, estos dos nuevos diseños fueron escogidos de los trabajos previos que tuvieron similitud con el diseño realizado en esta presente tesis, los cuales fueron sometidos a las mismas cargas tanto del peso de la estructura (gravedad), viento, sismo, carga del precor que va en el techo de la estructura, con esto se logró determinar mediante los análisis estáticos, los valores de las tensiones máximas, los desplazamientos que su estructura producen, el factor de seguridad que se encuentran en cada diseño, y el análisis de pandeo para obtener valores del elemento con mayor deformación. Con todos estos resultados de las otras dos naves se logran comparar con la estructura metálica propuesta en esta presente tesis, lo cual nos dio como resultado que los 3 diseños se pueden denominar como resistentes y funcionales cumpliendo con las normativas y los límites de esbeltez para este tipo de edificaciones.

VI. CONCLUSIÓN

Los resultados de mi proyecto de investigación, abarcó detalladamente el desarrollo de los siguientes puntos:

- Se concluyó que es importante definir el tipo de zona donde se desea realizar la implementación de la nave industrial debido a que las cargas de viento varían según el lugar y el tipo de altura que tenga la estructura metálica, de igual manera para la carga de sismo existen factores de tablas a tener en cuenta dependiendo de la zona del Perú sea costa, sierra o selva.
- Con el software de ingeniería SOLIDWORKS se logró diseñar cada elemento que conforma la nave industrial almacenera, para la cual se optó por implementar en los pórticos tubos rectangulares ASTM A36 y no vigas como se está acostumbrado ver en este tipo de estructura metálica, de esta manera se logra una optimización en cuanto a su diseño estructural.
- Se logró realizar la simulación de la estructura completa con el software de SOLIDWORKS, en el cual se le agregaron la carga de sismo, la carga de viento y la carga del coberturado que soportará la estructura. Con esto se pudo elaborar el análisis estático de la nave industrial almacenera donde se verificó que, con la optimización se pudo cumplir con los requerimientos de funcionamiento tanto en tensiones, desplazamiento, factor de seguridad y el factor de seguridad de pandeo, el cual dio resultados positivos para la implementación de la nave industrial.
- En el presente trabajo se realizó la comparativa con otras dos naves industriales sometidas a las mismas cargas, esto con el fin de demostrar que el diseño implementado en esta presente tesis es igual de resistente y en algunos estudios superior al de las otras dos naves industriales, lo cual concluyó en un resultado favorable para el diseño propuesto en esta tesis.

VII. RECOMENDACIÓN

- Para proyectos de investigación futuros que deseen emplear el software de ingeniería SOLIDWORKS, en esta presente tesis se ha realizado una serie de pasos a seguir como guía durante el diseño de la nave industrial metálica usando perfiles que optimicen su estructura, y el posterior estudio de simulación para comprobar su efectividad durante el análisis.
- También se recomienda, realizar la elaboración de un plan para contener un posible incendio, para la cual se podría aplicar un procedimiento de gestión de riesgos, como lo es el equipamiento de aspersores los cuales deben ser sensibles al pequeño roce con el humo, esto evitará un mayor desastre y pérdidas de lo que almacene la nave industrial.
- Implementar en la NTP (Normas técnicas peruanas) normativas de diseño para calcular las cargas tanto de lluvia como la carga de granizo, efectos ambientales que se muestran en distintas zonas del Perú y para las cuales no han sido dispuestas normas por ahora.

REFERENCIAS

VECTOR, Instalaciones Industriales, Editorial Punto de Partida, pág. 8, México - 2016.

Caicedo, Hernando Vargas. Naves Industriales, Editorial LEGIS SA, pág. 4, Bogotá - 2014.

Garrido, Michael Vega. Ingeniería y Construcción, Editorial M&D Corporación Asociados S.A.C, pág. 10, Lima - 2015.

Vargas William, Diseño estructural de nave industrial metálica para mejoramiento de almacenes en Av. Argentina, Calláo - 2017.

Pérez, Diseño y cálculo de la estructura metálica y de la cimentación de una nave industrial, 2016.

José Luis Larico Quispe Tupac, Análisis Y Diseño En Acero De Una Nave Industrial Con Dos Puentes Grúa, 2015.

Bach. Edwin franklin Cahuana Ccopa, Optimización del Diseño de una Nave Industrial Tipo Pesado Aplicable a la pequeña y mediana industria en el Perú ubicada a menos de 2500 M.S.N.M. con luz entre 15 m y 25 m. 2018.

Johnston, Bruce G. y Galambos, Theodore, Diseño de Estructuras de Acero con LRFD, 1ª Edición., Prenttice - Hall, México, 2005.

Peña Rodríguez, Delfilo, Diseño Práctico de Estructuras de Acero, 2ª Edición. Argentina, 2014.

McCormac, Jack. C., Diseño de Estructuras de Acero, 5ª Edición., Alfaomega, 2013.

El Acero de Hoy. Ciudad de México. Marzo 2010.

Manual de Construcción en Acero. Diseño por Esfuerzos Permisibles. Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, 4ª Edición, LIMUSA, México, 2014.

Díaz Canales Manuel, Apuntes de Mecánica de Materiales III Estabilidad de Elementos Estructurales, Argentina, 2013.

AIDEPLA, Manual para el proyecto y la ejecución de elementos resistentes en construcción, 2014.

Savedra, M. J. Guía para la Inspección Visual de Soldaduras AWS B1.1. GEND-PUCP, 2013.

De Buen Oscar, Diseño de Estructuras de Acero. Miembros en Tensión, Fundación ICA, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, México, 2014.

Oscar De Buen, Diseño de Estructuras de Acero. Flexión 2 (Pandeo Lateral), Fundación ICA, México, 2014.

Apuntes de las asignaturas del Área de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, AIDEPLA. 2014.

MCCORMAC, Jack. Diseño de estructuras de acero. Alfaomega Grupo Editor, 2016.

RODRÍGUEZ, Delfino. Diseño práctico de estructuras de acero. 3ra edición. México, D.F: Editorial Trillas, 2013.

OERLIKON, Manual de Soldadura, Lima, Perú, 2015.

Norma técnica E20 -Cargas RNE, 2016.

Diseño y Calculo de Estructura Metálicas, Anaya Multimedia, 2015.

Construcciones de Estructuras Metálicas. Pascual Urbán Brotons. ECU (Editorial Club Universitario) 2013.

Prontuario de estructuras metálicas. Ministerio de Fomento. 2015.

Meli Piralla, Roberto, Diseño Estructural, 2ª Edición., LIMUSA, Colombia, 2017.

TONG, Alejandra. Factibilidad del uso de estructuras metálicas en el diseño de viviendas multifamiliares, 2014.

SALMON, Charles y Johnson, John. Steel Structures: Design and Behavior. 4ta ed. USA: Prentice Hall, 2014. 365 pp, 2015.

SONIA LEBOSKY; Numerically Generated Tangent Stiffness Matrices for Geometrically, 2013.

Non-Linear Structures; University of Washington; 2013

ANEXOS

ANEXO:

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

	VARIABLES DE ESTUDIO.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL.	DEFINICIÓN OPERACIONAL.	DIMENSIONES.	INDICADORES.	ESCALA DE MEDICION.
1	(Dependiente) Nave Industrial Metálica.	Es una construcción que se emplea para resolver los problemas de alojamiento y operación de una industria es fabricada para realizar actividades industriales de producción, manufactura, procesos y transformación.	Dimensionamiento estructural.	Techo tipo Parabólico.	<ul style="list-style-type: none"> • Carga viva del techo y montaje. • Cargas ambientales. • Análisis estático y dinámico. • Aerodinámico. 	Razón.
				Techo tipo Cascarón.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis estático. • Carga viva del techo y montaje. • Cargas ambientales. • Espacios libres. 	Razón.
				Techo tipo Sierra.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis dinámico y estático. • Cargas ambientales. • Carga viva del techo y montaje. • Iluminación. 	Razón.
				Techo a un Agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de sitios. • Análisis estático. • Carga ambiental. • Carga viva del techo y montaje. 	Razón.

				Techos a dos Aguas.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis estático y dinámico. • Carga viva del techo y montaje. • Carga ambiental. • Espacios libres. 	Razón.
(Independiente)	Se realiza a partir de las potencialidades que un material puede ofrecer, así como sus características naturales que lo hacen específico, su bajo costo y las propiedades mecánicas que posee.			Análisis estructural.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis estático. • Análisis de pandeo. • Software para análisis de estructuras. 	
DISEÑO ESTRUCTURAL.		Factores de carga de diseño.		Normativa aplicada.	<ul style="list-style-type: none"> • Norma técnica E.030 diseño sismorresistente. • Norma técnica E.020 Cargas del Reglamento Nacional de Edificaciones. • Norma técnica E.090 estructuras metálicas. • Norma norteamericana ASCE 7 para desplazamientos admisibles. 	Ordinal.

2				Estructuración.	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil del material. • Dimension del material. • Definición de geometría en planta. 	
3	(Independiente) CARGAS AMBIENTALES.	Son cargas estructurales causados por fuerzas naturales.	Cargas en elementos estructurales.	Viento. Nieve. Sismo.	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento nacional de edificación del Perú. • Carga viva. • Normativa internacional AISC. • Esfuerzos. 	Ordinal.

ANEXO:

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO
SOLIDWORKS**

N°	DIMENSIONES / Ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³	
		Si	No	Si	No	Si	No
DIMENSION 1: ANALISIS ESTRUCTURAL							
1	Análisis estático.	✓		✓		✓	
2	Análisis de pandeo.	✓		✓		✓	
3	Software para análisis de estructuras.	✓		✓		✓	
DIMENSION 2: NORMATIVAS APLICADA							
1	Norma técnica E.020 Cargas.	✓		✓		✓	
2	Norma técnica E.030 diseño sismorresistente.	✓		✓		✓	
3	Norma internacional ASCE desplazamiento.	✓		✓		✓	
DIMENSION 3: ESTRUCTURACIÓN							
1	Perfil del material.	✓		✓		✓	
2	Dimensión del material.	✓		✓		✓	
3	Geometría de la estructura metálica.	✓		✓		✓	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** **No aplicable**

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: PAREDES MARTELL, EMPERATRIZ

Profesión: INGENIERO CIVIL

Especialidad: INGENIERO CIVIL

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.


 Emperatriz Paredes Martell
 ING. CIVIL
 R. C.I.P. 137577

.....
 Firma del Experto.
 C.I.P: 137577

18 de diciembre del 2020

ANEXO:

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	DIMENSIONES / Items	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³	
		Si	No	Si	No	Si	No
	DIMENSION 1: ANALISIS ESTRUCTURAL						
1	Análisis estático.	✓		✓		✓	
2	Análisis de pandeo.	✓		✓		✓	
3	Software para análisis de estructuras.	✓		✓		✓	
	DIMENSION 2: NORMATIVAS APLICADA						
1	Norma técnica E.020 Cargas.	✓		✓		✓	
2	Norma técnica E.030 diseño sismorresistente.	✓		✓		✓	
3	Norma internacional ASCE desplazamiento.	✓		✓		✓	
	DIMENSION 3: ESTRUCTURACIÓN						
1	Perfil del material.	✓		✓		✓	
2	Dimensión del material.	✓		✓		✓	
3	Geometría de la estructura metálica.	✓		✓		✓	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** **No aplicable**

Apellidos y nombres del juez validador: Santa Maria Lizarazo Germán Luis

Especialidad del validador: Ingeniero Civil

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.


 Germán Luis Santa María Lizarazo
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 211303

.....
 Firma del Experto.
 C.I.P: 211303.....

.....18..... de diciembre del 2020

ANEXO:

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	DIMENSIONES / Ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³	
		Si	No	Si	No	Si	No
DIMENSION 1: ANALISIS ESTRUCTURAL							
1	Análisis estático.	/		/		/	
2	Análisis de pandeo.	/		/		/	
3	Software para análisis de estructuras.	/		/		/	
DIMENSION 2: NORMATIVAS APLICADA							
1	Norma técnica E.020 Cargas.	/		/		/	
2	Norma técnica E.030 diseño sismorresistente.	/		/		/	
3	Norma internacional ASCE desplazamiento.	/		/		/	
DIMENSION 3: ESTRUCTURACIÓN							
1	Perfil del material.	/		/		/	
2	Dimensión del material.	/		/		/	
3	Geometría de la estructura metálica.	/		/		/	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: Vega Aranda Dante Alex

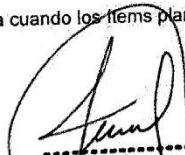
Especialidad del validador: Ingeniero Civil

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.


 Ing. Dante Alex Vega Aranda
 INGENIERO CIVIL CIP N° 78700
 RD N° 035-2020-VIVIENDA/VACS - DOPRCS

Firma del Experto.
C.I.P.: 78700.....

..... 18 de diciembre del 2020