

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO ENTRE EL
PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS
ESTRUCTURALES DE UNA NAVE INDUSTRIAL METÁLICA TIPO
CELOSÍA VERSUS LOS DE ALMA LLENA”**

COMPONENTE DEL TRABAJO:

**“DISEÑO ESTRUCTURAL Y EL ANÁLISIS DE PRECIOS
UNITARIOS DE LA NAVE INDUSTRIAL EN CELOSÍA Y NAVE
INDUSTRIAL EN ALMA LLENA”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

CRISTIAN JAVIER HARO REINOSO

cristian.haro02@epn.edu.ec

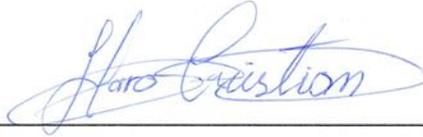
DIRECTOR: Ing. CESAR RICARDO AYABACA SARRIA

cesar.ayabaca@epn.edu.ec

Quito, 28 febrero 2023

CERTIFICACIONES

Yo, Cristian Javier Haro Reinoso declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



CRISTIAN JAVIER HARO REINOSO

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Cristian Javier Haro Reinoso, bajo mi supervisión.



Ing. CESAR RICARDO AYABACA SARRIA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



CRISTIAN JAVIER HARO REINOSO



Ing. CESAR RICARDO AYABACA SARRIA

DEDICATORIA

A mi familia por estar acompañándome en este proceso, quienes me motivaron a seguir estudiando con palabras de aliento para siempre seguir adelante ante cualquier adversidad.

A mi primo quien me apoyo, incentivo y me dio ánimos todo este tiempo para seguir adelante, gracias por su paciencia y por ser una persona tan admirable para mí, le dedico esta obra.

Cristian Javier Haro Reinoso

AGRADECIMIENTO

A mis padres quienes me motivaron a seguir con mis estudios superiores, los cuales siempre estuvieron para mí.

A mi director de trabajo de integración curricular Ing. Ricardo Ayabaca por darme la oportunidad y confianza de realizar esta obra, quien con sus conocimientos me guio para el desarrollo de este.

A mis hermanos por siempre sentir cariño hacia a mí con sus palabras de aliento, siempre me inspiraron a seguir adelante.

A mi primo quien con su apoyo siempre estuvo conmigo en los momentos buenos y malos.

Cristian Javier Haro Reinoso

ÍNDICE DEL CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco Teórico	3
1.4.1 Estructuras de acero.....	3
1.4.2 Marcos.....	6
1.4.3 Armaduras	6
1.4.4 Estructuras Isostáticas.....	7
1.4.5 Estructuras Hiperestáticas.....	7
1.5 Normas de Construcción.....	8
1.5.1 Tipos de Apoyos	9
1.6 Métodos de Diseño	10
1.6.1 Método por Factores de Carga y Resistencia LRFD.....	11
1.6.2 Método por esfuerzos admisibles ASD	11
1.6.3 Combinaciones de cargas LRFD y ASD.....	12
2 METODOLOGÍA	13
2.1 Cálculo de las cargas	13
2.2 Cargas vivas	13
2.2.1 Cargas muertas.....	14
2.2.2 Cargas de Granizo.....	15
2.2.3 Cargas de Sismo.....	16
2.2.4 Cargas de viento	20
2.3 Diseño de la placa base	22
2.3.1 Diseño de la placa base con carga axial y momento pequeño.....	22
2.3.2 Diseño de la placa base con carga axial y momento grande.....	24

2.4	Diseño de las juntas soldadas.....	27
2.4.1	Soldadura	27
2.4.2	Tipos de conexiones	27
2.4.3	Diseño de la soldadura para cordón de filete	27
2.5	Procedimiento para el prediseño y análisis de fuerzas en SAP 2000.....	29
2.5.1	Diseño estructural en SAP 2000	29
2.5.2	Análisis de cargas en SAP 2000	31
2.6	Evaluación de resultados	33
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
3.1	Resultados	35
3.1.1	Cálculo de las cargas muertas, vivas y de granizo	35
3.1.2	Cálculo de las cargas de viento.....	35
3.1.3	Análisis de costos	41
3.1.4	Análisis comparativo de costos	45
3.2	Conclusiones	46
3.3	Recomendaciones.....	47
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
5	ANEXOS	51
	ANEXO I.....	51

RESUMEN

En el determinado proyecto se pretende solventar las necesidades que se presentan en el ámbito industrial para almacenar productos, por lo cual se ha hecho un análisis de costos entre dos diferentes tipos de estructuras, estructuras de alma llena y estructuras en celosía.

El problema que se presenta es el desconocimiento de los costos, ventajas y desventajas que lleva la construcción de cada una, para lo cual también se analiza el determinado tiempo que tomara su construcción.

En el proyecto se busca explicar el diseño, fabricación y análisis de costo de las estructuras, donde el constructor tenga una idea clave de cuál va a ser la mejor opción para sus necesidades ya que estas pueden estar limitadas por tiempo o recursos, en el ámbito empresarial muchas veces se necesita las naves industriales en un determinado tiempo sin importar los costos, mientras que por otro lado se posee limitados recursos con lo cual se busca economizar precios sin importar el tiempo que lleve la construcción.

Las naves industriales son utilizadas para almacenaje de productos de cadenas de supermercados, repuestos de coches, recepción y preparación de pedidos, bienes industriales entre otra multitud de usos, donde en su mayoría mediante maquinaria entra y sale mercancía. Lo cual hace que sea de mucho interés la construcción de estas naves industriales.

En el ámbito de la construcción existen varias empresas dedicadas a la construcción de naves industriales, pero en muchas de ellas existe el desconocimiento de que tipo de nave industrial es más beneficiosa según las necesidades que se presenten.

PALABRAS CLAVE: Nave industrial, celosía, alma llena, costos.

ABSTRACT

In the certain project it is intended to solve the needs that arise in the industrial field to store products, for which a cost analysis has been made between two different types of structures, full core structures and lattice structures.

The problem that arises is the ignorance of the costs, advantages, and disadvantages of the construction of each one, for which the specific time that its construction will take is also analyzed.

The project seeks to explain the design, manufacture and cost analysis of the structures, where the builder has a key idea of what will be the best option for their needs since these may be limited by time or resources, in the field Business often needs industrial buildings in a certain time regardless of costs, while on the other hand it has limited resources, which seeks to save prices regardless of the time it takes to build.

The industrial warehouses are used for the storage of products from supermarket chains, car parts, reception and preparation of orders, industrial goods among a multitude of other uses, where mostly machinery enters and leaves merchandise. Which makes the construction of these industrial buildings very interesting.

In the field of construction there are several companies dedicated to the construction of industrial buildings, but in many of them there is a lack of knowledge of what type of industrial building is more beneficial according to the needs that arise.

KEY WORDS: Industrial warehouse, latticework, full soul, costs.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Las naves industriales de grandes luces hoy en día son una gran opción para el almacenamiento de productos, de grandes empresas industriales como son las empresas agropecuarias del sector alimenticio, comercial, automotriz o el sector de bienes raíces y construcción.

Este proyecto busca realizar una investigación teórica de las ventajas y desventajas que le tomaría a un empresario la construcción de una nave industrial en celosía y en alma llena para lo cual en este proyecto se realiza el diseño y análisis de costos de las dos estructuras.

Este proyecto está dividido en 7 capítulos.

En la primera parte de este proyecto se pretende revisar los diferentes materiales que se utilizan en la construcción, las diferencias que existen entre una estructura de celosía y una de alma llena también se revisara los métodos de diseño con los que se puede construir esta obra.

En la segunda parte se revisará los conceptos básicos del análisis de cargas como son las cargas vivas, muertas, de viento, granizo, de sismo. También se pretende revisar las determinadas combinaciones de cargas que propone la norma NEC-2015 y la creación del espectro sísmico.

En la tercera parte se realizará el cálculo de las cargas vivas, muertas, de viento, de granizo y de sismo según la norma NEC-2015 Y AISCE, donde también se realizará las determinadas combinaciones de cargas que influyen en la estructura con su determinado espectro sísmico.

La cuarta parte de este proyecto busca implementar los conceptos de cómo se debe realizar la creación de las estructuras en el programa SAP-2000 su respectivo prediseño, diseño la implementación de las cargas, combinaciones y el respectivo análisis de los desplazamientos de la estructura.

En la quinta parte se propone realizar el diseño de las piezas de la estructura de celosía y de alma llena como son las dimensiones de las vigas, columnas, ángulos, correas, vigas de apoyo y el diseño de la placa base.

En la sexta parte se efectuará el diseño de la soldadura para las estructuras con sus determinados planos estructurales como son los planos generales, de detalle donde se especificará las dimensiones, materiales, nomenclatura y tipo de soldadura.

Finalmente, se pretende elaborar el análisis de costos de las dos estructuras donde se revisará los costos de la materia prima, materiales, mano de obra, costos directos e indirectos para luego, realizar una comparación de ventajas y desventajas de cada estructura.

1.1 Objetivo general

Diseñar estructuralmente una nave industrial hecha en celosía, en alma llena y analizar sus costos.

1.2 Objetivos específicos

1. Diseñar una nave industrial hecha en celosía y otra en alma llena según las necesidades industriales del país.
2. Analizar los costos y el tiempo que tomaría realizar una estructura en celosía y alma llena.
3. Realizar un estudio comparativo de las ventajas y desventajas entre una estructura en celosía y alma llena.

1.3 Alcance

Se pretende realizar el diseño de la placa base donde se determinará las cargas de los elementos apoyados al suelo como en este caso son las columnas metálicas.

Se busca diseñar una estructura metálica mediante un programa de simulación con el cual se pueda verificar las fuerzas, esfuerzos que intervienen en la estructura para lo cual se realiza los cálculos necesarios para su montaje, tomando en cuenta el material con el que pretende analizar la estructura.

Se realizará los determinados planos estructurales en un programa de dibujo como es el Auto-CAD, en los cuales estarán presentes los planos estructurales de conjunto y de detalle, en los cuales estará determinada las columnas, vigas, vigas de amarre, correas, ángulos.

Finalmente se pretende realizar la comparación de costos de las dos estructuras realizadas comparando su beneficio costo, para lo cual se analizará los costos y el tiempo que toma realizar cada estructura así proporcionando datos bien estructurados donde el empresario pueda guiarse con facilidad y tomar la mejor opción posible para construir.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Estructuras de acero

Las estructuras metálicas son edificaciones que tiene su sistema estructural o esquelético en acero y están constituidas por piezas metálicas llamadas columnas, cerchas, vigas, vigas de amarre, correas y ángulos, que forman un esqueleto solido que sostiene a una estructura.

En esta obra se va a tomar en cuenta dos tipos de estructuras metálicas, las estructuras diseñadas en celosía y las estructuras diseñadas en alma llena.

1.4.1.1 Estructuras en celosía

Son armaduras interconectadas por ángulos en diferentes nudos que forman triángulos planos los cuales se conocen como tejidos en cordones. Estos ángulos trabajan exclusivamente con esfuerzo axial lo que quiere decir que únicamente trabajan con fuerzas que se transmiten de unión a unión y no se presentan momentos. [1]

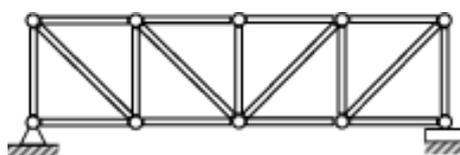


Figura 1.1. Estructura en celosía

Las cubiertas de una estructura en celosía son las que soportan las cargas muertas, vivas, de granizo y están compuestas por varias partes como son los cordones, el tejido, las correas, las diagonales y los arriostramientos. [2]

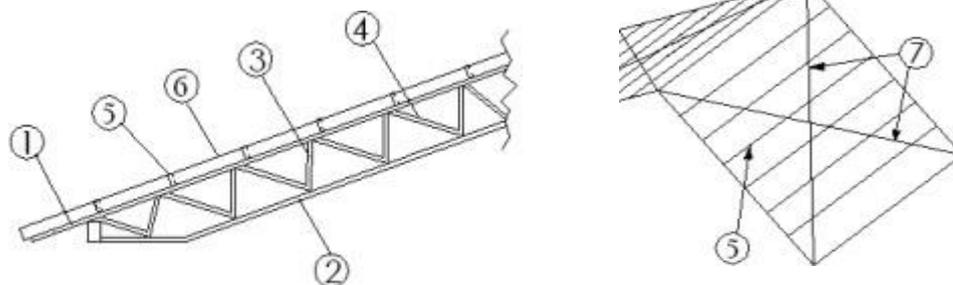


Figura 1.2. Partes de una cubierta

Tenemos que las partes de la cubierta son:

1. El cordón superior
2. El cordón inferior
3. Montante
4. Ángulos o barras
5. Las correas
6. La cubierta
7. El arriostramiento

1.4.1.2 Estructuras en alma llena

Son vigas que están compuestas por planchas de acero laminado en caliente y estas están soldadas entre si por una doble costura de soldadura. La cual ofrece un diseño a medida y de gran seguridad. [3]

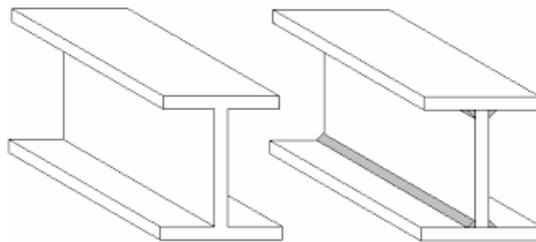


Figura 1.3. Vigas en alma llena

Hoy en día las estructuras metálicas pueden ser construidas por varios materiales, pero los más utilizados son el acero estructural A36 y el acero A572, los cuales tienen bastantes propiedades beneficiosas cuando de construcción se habla, algunas de las propiedades más importantes del acero son:

- Ductilidad: ayuda a que el acero soporte grandes esfuerzos con grandes deformaciones sin que se rompa, verificando donde se pueden encontrar sobre esfuerzos y momentos críticos.[4]
- Rigidez: la rigidez del acero ayuda a que no se deforme por fuerzas simples externas teniendo firmeza y pueda servir como esqueleto para la estructura

- Soldabilidad: es la capacidad de los metales de poder unirse entre sí, como piezas de gran tamaño que en algunas partes no pueden llevarse armadas como una estructura sólida.
 - Tenacidad: es capacidad de soportar grandes cantidades de energía, soportando deformaciones elásticas e inelásticas que dañen la estructura.
 - Homogeneidad: el acero tiene una estructura uniforme que no varía con el tiempo ni con la ubicación donde se encuentre, siendo un buen material para la construcción.
 - Maniobrabilidad: facilidad de ser transformado a piezas de diferentes tamaños o cortadas, dimensionadas, trasladadas de una manera fácil para que el constructor no tenga dificultades en realizar montajes, reparaciones entre otras dificultades que se presenten en la fabricación y montaje.
 - Facilidad de montaje: tiene una gran facilidad de montaje ya que las piezas pueden ser manipuladas con facilidad estas hasta pueden ser transportadas por personas sin la necesidad de maquinaria pesada, si la estructura no tiene grandes luces.
 - Reciclabilidad: los materiales o residuos de una obra de estructura metálica pueden ser reciclados casi al 97% para la utilización de nuevos materiales bases teniendo así una gran capacidad de reciclaje.
 - Alta resistencia: el acero tiene una gran capacidad de resistencia por unidad de peso, por lo que se obtienen estructuras livianas y resistentes las cuales ha llevado a la construcción a construir estructuras muy altas y seguras en los últimos tiempos.
- [4]

Acero ASTM A36: Este tipo de acero en su mayoría es utilizado para fabricación de placas de conexión, anclajes de barras redondas o lisas, contravientos de cubiertas, largueros tipo J y en muchos casos los cordones superiores e inferiores de las armaduras. [5]

Acero ASTM A 572 G 50: Este tipo de acero se usa en su mayoría para fabricación de las vigas principales en estructuras de celosía y alma llena, estas pueden ser vigas principales IR o secundarias, también son utilizadas para la fabricación de columnas de perfiles tipo IR. [6]

1.4.2 Marcos

Es una estructura donde sus miembros están unidos mediante uniones o juntas teniendo estas siempre el mismo ángulo de unión y comparten la misma carga que se le aplica.

Los marcos pueden clasificarse en dos diferentes tipos, los de un agua que solo tienen un ángulo de movimiento este puede ser en el eje x o en Y , mientras que los marcos de dos aguas que pueden desplazarse en dos diferentes ejes al mismo tiempo estas pueden ser en X o en Y . Los marcos rígidos son resistentes a momentos ya que al estar rígidamente unidos entre sí el cuerpo no tiende a girar por cargas.

En el literal a) se tiene movimientos en el eje X y no en el eje Y , diferenciando del literal b) que posee dos ejes de movimiento en X y en Y después de una perturbación. [7]

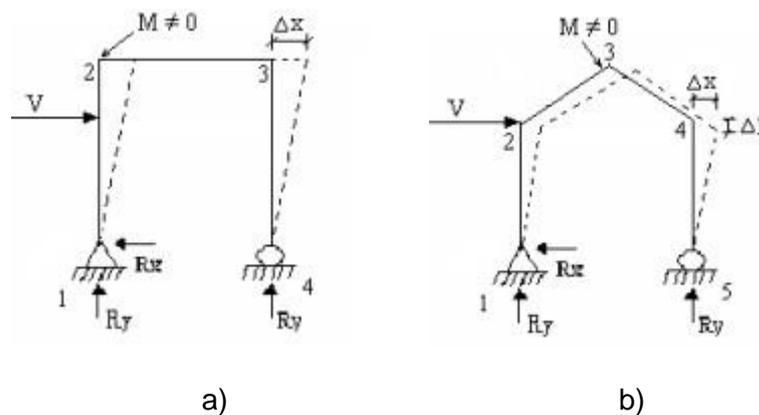


Figura 1.4. Marcos, a) marco de un agua b) marco de dos aguas

1.4.3 Armaduras

Son el conjunto elementos lineales unidos entre sí, estas pueden ser de diferentes materiales en su mayoría metálicas, su función es sostener la cubierta de una estructura de forma inclinada de fuerzas como son las cargas muertas, vivas, de granizo que son producidas de forma natural por el peso de la estructura, materiales de construcción, lluvia, viento y sismos producidos por la zona sísmica.

En construcciones de luces grandes las armaduras serían las vigas que tienen una forma triangular que sostiene a las correas y cubierta, estas pueden ser de celosía, alma llena,

de un agua o dos aguas. Los elementos están sometidos a cargas externas en los nudos y estos generan cargas de tensión o compresión. [8]

1.4.4 Estructuras Isostáticas

Estas estructuras son estáticamente determinadas cuando tenemos las mismas ecuaciones que las mismas incógnitas y pueden ser resueltas por ecuaciones lineales. La sumatoria de fuerzas y momentos deben ser igualadas a cero para calcular sus fuerzas de reacción.

Para asegurar que una estructura sea estática tiene que estar en equilibrio con lo cual sus fuerzas, momentos internos y externos tienen que ser igual a cero, en estática es necesario que las siguientes ecuaciones estén igualadas a cero para calcular sus reacciones internas y externas. [9]

Ecuaciones de equilibrio:

$$\sum F_x = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_x = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_y = 0 \quad (4)$$

1.4.5 Estructuras Hiperestáticas

Son estructuras indeterminadas cuando tenemos más incógnitas que ecuaciones fundamentales de la estática, estas estructuras se encuentran en equilibrio por diferentes apoyos que le permiten no moverse, a esta condición se le conoce como hiperestaticidad.

Para resolver este tipo de estructuras se toma en cuenta condiciones de borde, como son las deformaciones de algunos elementos, inicio y final de los elementos, para luego igualar las incógnitas con diferentes condiciones de equilibrio. [9]

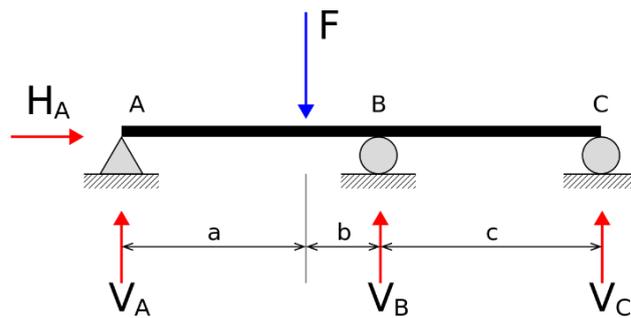


Figura 1.5. Viga hiperestática

1.5 Normas de Construcción

Las normas de la construcción fueron desarrolladas para que las constructoras tuvieran una referencia para brindar seguridad y la calidad a las nuevas edificaciones las cuales fueron investigadas con el criterio de varios profesionales en el mundo. Estas normas con el tiempo han ido evolucionando, corrigiendo errores y en la actualidad Ecuador ha ido adaptándose a los cambios que el resto del mundo ha tomado por lo que ha sacado Normas adaptadas a nuestro territorio y un ejemplo de esta situación son las Normas NEC-2015, en el mundo existen varias organizaciones que regulan y proponen soluciones a nuevas adversidades que se presentan como es el denominado cambio climático el cual ha producido que las costas marinas desaparezcan, los suelos erosionen, los vientos sean impredecibles entre otros desastres naturales que causan daños y perjuicios.

Aquí se presentan varias organizaciones que han investigado y han propuesto normas para las construcciones de diferentes edificaciones en diferentes partes del planeta incluyendo a Ecuador.[10]

- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015
- Instituto Americano de la Construcción de Acero SAE-AISI
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN
- Organización Internacional para la Normalización ISO
- Sociedad Americana de Pruebas y Ensayos ASTM
- Sociedad Americana de Soldadura AWS
- Instituto Nacional Americano de Normas ANSI

1.5.1 Tipos de Apoyos

En las estructuras los apoyos son bastante importantes dado que son la conexión de las cargas hacia el suelo por lo cual en este proyecto se dará una leve explicación de lo más fundamental. [11]

1.5.1.1 Empotramientos

Estos tipos de apoyos no poseen grados de libertad por lo que el elemento no puede moverse en ninguna dirección y esto es necesario para que la estructura se mantenga firme y sin desplazamientos.[11]

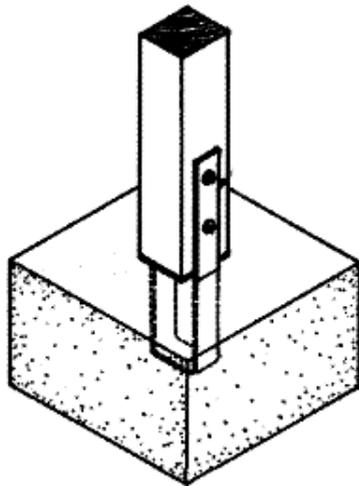


Figura 1.6. Viga empotrada

1.5.1.2 Junta Articulada

Este tipo de apoyo permite que la junta se mueva en desplazamiento relativo esto quiere decir que se mueve entre barras por medio de un pin o nudo que permita el movimiento mientras se encuentren juntas.[11]

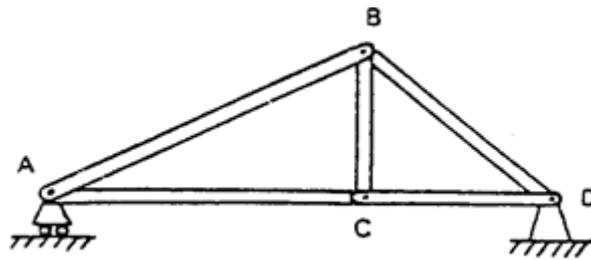


Figura 1.7. Barras articuladas

1.5.1.3 Junta Rígida

No permite el movimiento, por lo cual no puede girar o desplazarse y son barras que están soldadas entre sí, por lo cual su forma no cambia hasta que haya una deformación.[11]

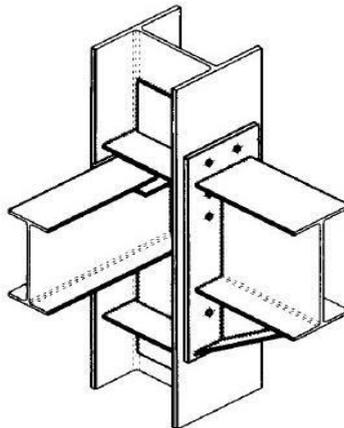


Figura 1.8. Vigas rígidas

Las vigas que se encuentran soldadas en la columna son rígidas y varias vigas se encuentran soldadas a la columna formando ángulos que no se pueden deformar, desplazar o girar.

1.6 Métodos de Diseño

En la actualidad se utilizan dos métodos de diseño para edificaciones de acero, el método por esfuerzos admisibles ASD y el por factores de carga y resistencia LRFD.

1.6.1 Método por Factores de Carga y Resistencia LRFD

Este método es el más eficiente y usado en la actualidad en diseño de estructuras metálicas por su buen rendimiento y ahorro de material en la actualidad. Este método dice que la resistencia que necesita la estructura se determina en base a combinaciones de cargas donde estas cargas no pueden sobrepasar a las resistencias de cada elemento estructural con el que este montado la estructura. [12]

$$R_a = \sum Y_i Q_i \leq \phi R_n \quad (5)$$

Donde:

Y_i : Factor de carga con dependencia i

Q_i : Efecto de carga con dependencia i

$Y_i Q_i$: Carga de la estructura i

R_a : Factor de carga i

ϕ : Factor de resistencia

R_n : Resistencia nominal

$\phi \cdot R_n$: Resistencia de la estructura

1.6.2 Método por esfuerzos admisibles ASD

Método estructural antiguo muy utilizado para construcciones de bajas luces este método diseña las resistencias admisibles de cada elemento igual o mayor que las cargas nominales.

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega} \quad (6)$$

Donde:

R_a : Resistencia requerida de la estructura (ASD)

R_n : Resistencia nominal de los elementos

Ω : Factor de seguridad

$\frac{R_n}{\Omega}$: Resistencia admisible de la estructura

Para los métodos de diseño es necesario conocer que solo se puede utilizar un método por cada estructura que se vaya a diseñar y no utilizar un método diferente para cada pieza porque cada método tiene sus diferentes combinaciones de cargas.[13]

1.6.3 Combinaciones de cargas LRFD y ASD

El método LRFD y ASD tienen sus propias combinaciones de cargas las cuales consideran que las resistencias de cada elemento soporten los esfuerzos de las diferentes cargas que se presentan al construir una estructura.[12]

El método de diseño LRFD propone las siguientes combinaciones de cargas:

- Combo 1: $1.4D$ (7)
- Combo 2: $1.2D + 1.6L$ (8)
- Combo 3: $1.2D + 1.6W + 0.5L$ (9)
- Combo 4: $1.2D \pm 1E + 0.5L$ (10)
- Combo 5: $0.9D \pm (1.6W \text{ ó } 1E)$ (11)

El método de diseño ASD propone las siguientes combinaciones de cargas:

- Combo 6: $D + L$ (12)
- Combo 7: $0.75 (D + W)$ (13)
- Combo 8: $0.75 (D + E)$ (14)
- Combo 9: $0.75 (D + L + W)$ (15)
- Combo 10: $0.75 (D + L + E)$ (16)

2 METODOLOGÍA

Para la metodología de este proyecto se llevará cabo el siguiente proceso:

Se comenzará realizando el prediseño de la estructura donde se realizará los cálculos de las cargas actuantes en la estructura según la norma NEC 2015.

La norma NEC 2015 presenta varias normas donde hace énfasis en las cargas que influenciarán en la vida útil de una estructura brindando diferentes formas de cálculo para definir las cargas muertas, vivas, de granizo, de viento y de sismo.[14]

2.1 Cálculo de las cargas

Para realizar el diseño de una estructura es necesario comenzar realizando un prediseño donde se calculan sus cargas estructurales, para esta estructura se va a diseñar en base a la norma NEC 2015.[10]

2.2 Cargas vivas

Son las que se presentan en el interior de una estructura por medio de inmobiliaria, sistemas de refrigeración, calefacción, electricidad, personal u objetos temporales, como son escritorios, cajas, objetos que vayan a ser guardados o almacenados en la estructura. [14]

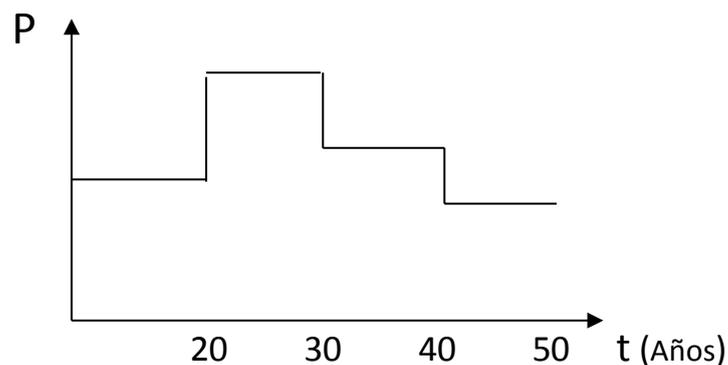


Figura 2.1. Influencia de las cargas vivas en una estructura a través del tiempo

La norma ecuatoriana de la construcción determina un mínimo de cargas vivas para cubiertas dependiendo el área que se va a construir.

Para analizar como influyen las cargas vivas en una estructura metálica se analizan de forma vertical, para el análisis en la actualidad se utiliza varios programas de análisis de esfuerzo como por ejemplo Inventor o SAP 2000, que son herramientas que proporciona una simulación muy aproximada mostrando sobreesfuerzos, momentos, cargas críticas, desplazamientos en el eje X o Y. Estos programas calculan que material y que dimensiones serían las necesarias para soportar diferentes cargas mientras que el diseñador revisa si existen en catálogos de ventas o si es necesario mandar a fabricar las diferentes piezas que soportarían las cargas de la estructura. [14]

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en su parte 1 página 4 nos proporciona una tabla de referencia para la selección de las cargas vivas en kg/m².

Tabla 2.1. Cargas vivas mínimas para estructuras metálicas

INCLINACIÓN DE LA CUBIERTA	ÁREA TRIBUTARIA DE CARGA EN METROS CUADRADOS PARA CUALQUIER ELEMENTO ESTRUCTURAL		
	0 a 20	21 a 60	Sobre 60
Plana o con pendiente menor que 1:3 Arco o bóveda con flecha menor a 1/8 de luz.	100	80	60
Pendiente de 1:3 a menos de 1:1 Arco o bóveda con flecha de 1/8 de luz a menos de 3/8 de luz	80	70	60
Pendiente de 1:1 y mayor Arco o bóveda con flecha de 3/8 de luz o mayor.	60	60	60
Marquesinas, excepto cubiertas con tela	25	25	25
Invernaderos y edificios agrícolas	50	50	50

2.2.1 Cargas muertas

Son cargas propias que poseen los elementos de una estructura, como son sus vigas, columnas, correas, riostras, muros, techos y equipos que se encuentren fijos en la estructura metálica y son necesarias para su construcción. [14]

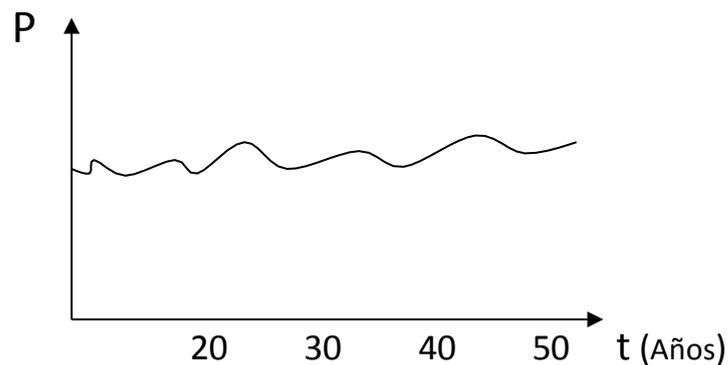


Figura 2.2. Influencia de las cargas muertas en una estructura a través del tiempo

El método más eficiente para estimar estas cargas según la norma NEC 2015 es con una aproximación por experiencia del constructor o utilizando la tabla de cargas muertas que presenta la NEC 2015.[10]

Existen varias fórmulas para calcular el peso aproximado de una estructura, pero estas omiten bastante información y en su mayoría son bastantes inexactas en comparación del peso real de la estructura. Por lo cual se recomienda estimar o tomar en cuenta los siguientes pesos:

- Peso del pórtico y sus elementos.
- Peso de la cubierta.
- Peso de la iluminación e inmuebles.
- Peso de las vigas y correas.

Para estimar estos pesos es necesario tener presente las masas en kilogramos del material en el catálogo del fabricante.[15]

2.2.2 Cargas de Granizo

Las cargas de granizo son las que se acumulan por granizo en la cubierta de una estructura y esta esta por corto tiempo, pero afecta de igual manera a una estructura, para cubiertas con un ángulo de elevación de más de 15° se utiliza una carga mínima de 0.5 kN/m^2 y menos de 5° se utiliza una carga de 1 kN/m^2 . [15]

2.2.3 Cargas de Sismo

Estas cargas actúan directamente en la estructura de manera lateral en el piso por movimientos en el suelo, las cargas de sismo son dependientes de la velocidad y aceleración con la que se presente el espectro, afectando la firmeza y rigidez de una estructura en el momento que se presenta el sismo.

Cuando se realiza un análisis de cargas de sismo en cualquier programa de diseño, se considera para las columnas como cargas horizontales y para las vigas como cargas verticales. Es necesario realizar el análisis de estas cargas con un espectro sísmico donde se pueda considerar los efectos de velocidad, aceleración y desplazamiento que sufre una estructura. Es necesario realizar una gráfica de espectro sísmico para ingresar en el programa de diseño y pueda analizar los desplazamientos que produce un sismo. [10]

Cuando se construye estructuras de grandes luces es necesario hacer un análisis espectral con una gráfica de espectro sísmico, mientras que para construcciones pequeñas se puede realizar un análisis estático que aproxima las cargas mediante tablas dinámicas. [14]

La norma NEC 2015 nos da una expresión para calcular el cortante basal de diseño de una estructura:

$$V = \frac{ISa(T_a)}{R\phi_p\phi_E} W \quad (17)$$

Donde:

V	Cortante basal de diseño
I	Coficiente de importancia
$S_a(T_a)$	Aceleración espectral
R	Factor de reducción de resistencia sísmica
$\phi_p\phi_E$	Coficiente de configuración en elevación y planta
W	Carga de la estructura
T_a	Periodo vibracional

Para calcular el periodo la norma propone la siguiente expresión:

$$T = C_t(h_n)^{\frac{3}{4}} \quad (18)$$

Donde:

- T Periodo de vibración
- C_t Coeficiente del tipo de edificio
- h_n Altura del edificio en n pisos

Para calcular el cortante basal de diseño de la estructura es necesario conocer el factor Z de la zona sísmica del lugar donde se va a construir, para lo cual la norma nos proporciona la siguiente tabla.[10]

Tabla 2.2. Valores del factor sísmico Z [14]

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Una vez obtenido el factor Z de la zona sísmica procedemos a buscar el coeficiente C_m que está relacionado con el perfil de suelo que se va a utilizar.

Tabla 2.3. Tipos de suelo y coeficiente C_m [10]

Perfil tipo	Descripción	S	C_m
S1	Roca o suelo firme	1,0	2,5
S2	Suelos intermedios	1,2	3,0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0	2,5

Zonas sísmicas que tiene Ecuador en la cual se basan para diseñar estructuras las constructoras.

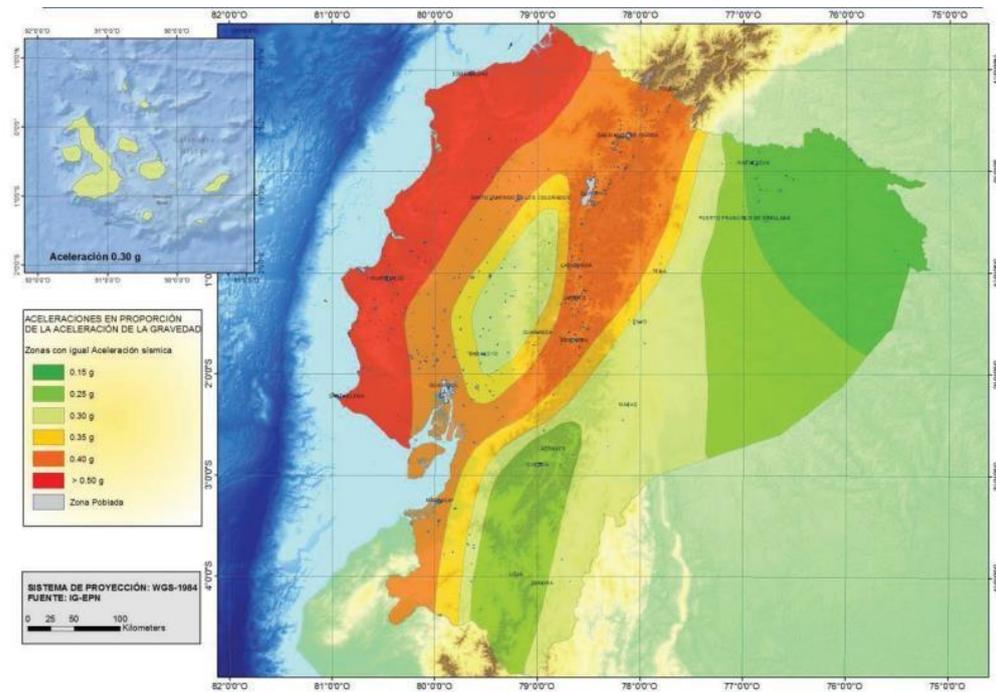


Figura 2.3. Zonas sísmicas para diseño estructural del Ecuador[14]

Para la construcción de estructuras se debe tener en cuenta que tan importante es y cual va a ser su uso en su vida útil. Estas pueden ser de uso gubernamental, de investigación, hospitalarias, escolares, de reunión, almacenamiento entre otras, la norma NEC 2015 las ha clasificado según su importancia denominando un coeficiente I que se muestran a continuación:

Tabla 2.4. Coeficiente de importancia I[15]

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor I
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio . Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1,0

Se presenta la gráfica del espectro sísmico, la cual es utilizada en programas de diseño para analizar cargas sísmicas de estructuras de grandes luces. Esta grafica ayuda al programa a simular movimientos horizontales en forma de cargas con lo cual es utilizada para el análisis de estructuras grandes.[15]

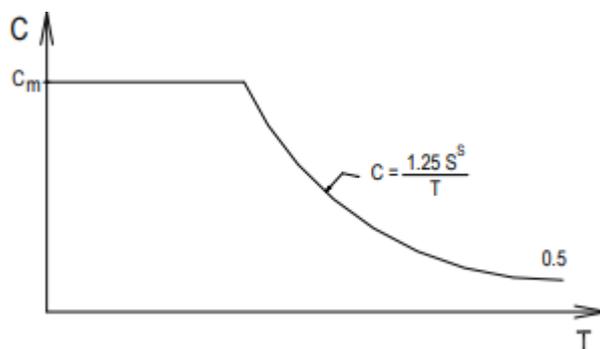


Figura 2.4. Espectro sísmico.

Para la realización de los cálculos para la gráfica del espectro sísmico es necesario encontrar la reducción de respuesta estructural R, para lo cual la Norma Ecuatoriana de la construcción nos proporciona la siguiente tabla:

Tabla 2.5. Factor de reducción R[15]

Tipos de estructuras	R
Reservorios y depósitos, incluidos tanques y esferas, soportadas mediante columnas o soportes arriostrados o no arriostrados.	3
Silos de hormigón fundido en sitio y chimeneas que poseen paredes continuas desde la cimentación.	5
Estructuras tipo cantiliver tales como chimeneas, silos y depósitos apoyados en sus bordes.	4
Torres en celosía (autoportantes o atirantadas)	4
Estructuras en forma de péndulo invertido	3
Torres de enfriamiento	5
Depósitos elevados soportados por un pila o por apoyos no arriostrados	4
Letreros y carteleras	5
Estructuras para vallas publicitarias y monumentos	3
Otras estructuras no descritas en este código	3

2.2.4 Cargas de viento

Las estructuras están sometidas a diferentes cargas de viento dependiendo de la zona en que se encuentre por tal motivo la norma NEC 2015 proporciona diferentes ecuaciones para el cálculo de las cargas de viento en las columnas y cerchas. Para analizar estas cargas es necesario conocer la velocidad del viento corregida, la exposición ambiental en que la estructura va a ser construida.[16] En el análisis es necesario cargar las cargas en las columnas y vigas para obtener sus esfuerzos y momentos. La energía cinética y potencial que el viento realiza en la estructura es calculada por el siguiente procedimiento:

Primero se determina la presión del viento, para luego calcular la carga de viento puntual y así por siguiente distribuir la carga en toda la columna o cercha, para lo cual la norma NEC 2015 nos proporciona la siguiente formula:

$$P = C_e C_q q_s I_w \quad (19)$$

Donde:

P Presión del viento en kN/m²

C_e Coeficiente de exposición

C_q Coeficiente de presión

I_w Factor de importancia

q_s Presión de estancamiento del viento en kN/m²

En la siguiente tabla encontraremos los valores para el coeficiente de exposición C_e :

Tabla 2.6. Coeficiente de Exposición C_e [5]

Altura sobre el nivel del piso (Pies) X 304.8 para mm	Exposición D	Exposición C	Exposición B
0-15	1.39	1.06	0.62
20	1.45	1.13	0.67
25	1.50	1.19	0.72
30	1.54	1.23	0.76
40	1.62	1.31	0.84
60	1.73	1.43	0.95
80	1.81	1.53	1.04
100	1.88	1.61	1.13
120	1.93	1.67	1.20
160	2.02	1.79	1.31
200	2.10	1.87	1.42
300	2.23	2.05	1.63
400	2.34	2.19	1.80

El factor C_e hace referencia a la exposición topográfica a la que se encuentra la estructura, la norma NEC 2015 la divide por la altura en la que se encuentra y tres grados de exposición diferentes los cuales son:

Grado de exposición B que hace referencia a áreas urbanas donde tenemos grandes edificaciones a su alrededor y el viento es interrumpido por bastantes estructuras, teniendo vientos muy leves que no afectan a la estructura.[5]

Grado de exposición C en la que se cuenta pocas obstrucciones, estas obstrucciones tienen pocas llanuras del terreno, muy pocas edificaciones que defiendan el paso del viento.

Grado de exposición D en el cual trata de zonas sin construcciones, terrenos planos, sabanas, campos abiertos donde se llega a tener vientos tan fuertes que llegan hasta velocidades de 129 km/h, las construcciones en este grado son críticas.[5]

Para calcular las cargas de viento en las vigas es necesario conocer el coeficiente de presión C_q y factor de importancia para Barlovento y Sotavento, la norma NEC 2015 determina las siguientes tablas:

Tabla 2.7. Factor C_q [14]

Método	Descripción	C_q Factor
Método 1	<p><i>(Método de Fuerza Normal):</i></p> <p>Paredes:</p> <p>Paredes Barlovento</p> <p>Paredes Sotavento</p> <p>Techos:</p> <p>Viento perpendicular al cumbrero</p> <p>Techo a sotavento o techo plano</p> <p>Techo a barlovento:</p> <p>Menor a 2:12 (16.7%)</p> <p>Pendiente 2:12 (16.7%) o menor a 9:12 (75%)</p> <p>Pendiente 9:12 (75%) a 12:12 (100%)</p> <p>Pendiente mayor a 12:12 (100%)</p> <p>Viento paralelo al cumbrero y techos planos</p>	<p>0.8 interior</p> <p>0.5 exterior</p> <p>0.7 exterior</p> <p>0.7 exterior</p> <p>0.9 exterior</p> <p>0.4 interior</p> <p>0.7 interior</p> <p>0.7 exterior</p>
Método 2	<p><i>(Método de Área Proyectada):</i></p> <p>En área vertical proyectada:</p> <p>Estructuras de 40ft (12.19 m) o menos de altura</p> <p>Estructuras sobre los 40ft (12.19 m) de altura</p> <p>En área horizontal proyectada</p>	<p>1.3 cualquier dirección horizontal</p> <p>1.4 cualquier dirección horizontal</p> <p>0.7 hacia arriba</p>

Tabla 2.8. Factor de importancia I_w [14]

CATEGORÍA	OCUPACION O FUNCION DE LA ESTRUCTURA	IMPORTANCIA I_w
1. Facilidades esenciales	Áreas de albergue para emergencias y hospitales Estaciones de Policía y Bomberos Torres de control de aviación Estructuras y equipamiento en centros de comunicación gubernamental.	1.15
2. Facilidades riesgosas	Almacenamiento de sustancias químicas, explosivos o tóxicas. Sustancias nocivas para la salud, contaminantes.	1.15
3. Estructuras de ocupación especial	Edificaciones de ocupación con una capacidad mayor a 300 estudiantes. Ocupaciones usadas para colegios o centros educativos con una capacidad mayor a 500 estudiantes. Ocupaciones con 50 o más pacientes incapacitados que no incluye en la categoría 1. Todas las estructuras con una ocupación mayor a 5000 personas.	1.00
4. Estructuras de ocupación normal	Todas las estructuras con ocupaciones o funciones no descritas en las categorías 1, 2 o 3.	1.00

Aquí se tiene algunos valores de presión del viento y su estancación

Tabla 2.9. Presión de estancamiento de aire [15]

Velocidad del viento (mph) (x 1.61 para Km/h)	70	80	90	100	110	120	130
Presión q_s (psf) (x 0.0479 para KN/m^2)	12.6	16.4	20.8	25.6	31.0	36.9	43.3

2.3 Diseño de la placa base

La placa base es la conexión que tiene la estructura metálica con su cimentación distribuyendo en una superficie mayor las fuerzas que esta provoca en el piso. Donde la placa base debe tener una superficie lo suficientemente grande para que esta no se deforme y se desprenda.

El cálculo de la placa base se le dividirá en dos partes, para carga axial con momento pequeño y con momento grande.[17]

2.3.1 Diseño de la placa base con carga axial y momento pequeño

Para diseñar la placa base nos basaremos en la norma AISCE la cual ya nos proporciona límites de los filos de la placa base con los agujeros donde van a ir los anclajes de la cimentación. [17]

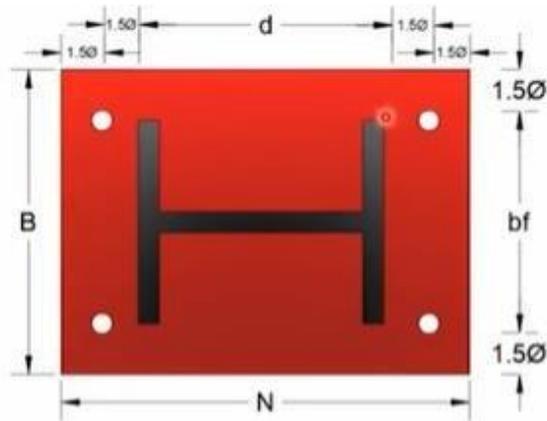


Figura 2.5. Dimensiones de una placa base estándar

Para diseñar una placa base con momento pequeño se seguirá los siguientes pasos:

1. Primero se determina la carga axial y momento último, siendo estas las cargas con la que va a estar diseñada la estructura.

P_u = Carga axial última M_u = Momento último

2. Segundo se propone dimensiones de la placa base de N, B en referencia a la cimentación.

N = Longitud B = Anchura

3. En la tercera parte se calculan la excentricidad e y la excentricidad crítica s

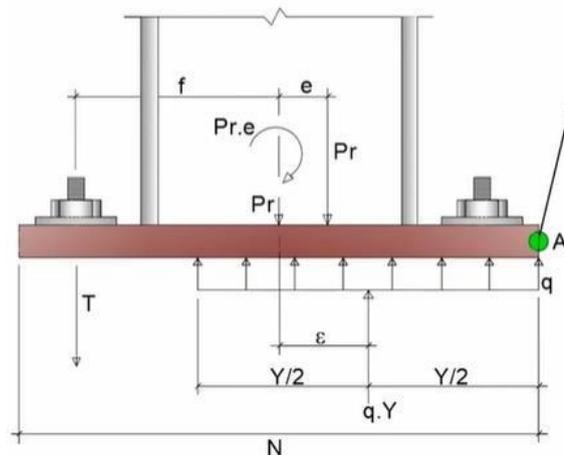


Figura 2.6. Fuerzas y dimensiones que actúan en una placa base

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (20)$$

$$\varepsilon = \frac{N}{2} - \frac{P_r}{2q_{m\acute{a}x}} \quad (21)$$

4. Una vez determinadas las excentricidades se comprueba que la excentricidad e sea menor igual que la excentricidad crítica s .

$$e \leq \varepsilon_{crit} \quad (22)$$

5. Por siguiente se calcula la longitud del soporte Y , en la que se está haciendo presente el momento último y carga axial de la columna.

$$Y = N - 2e \quad (23)$$

6. Después de calcular la longitud de soporte verificamos que la presión de soporte (q) sea menor que la presión máxima ($q_{m\acute{a}x}$)

$$q \leq q_{m\acute{a}x} \quad (24)$$

$$q = \frac{P_u}{Y} \quad q_{m\acute{a}x} = f_{pm\acute{a}x} * B \quad f_{pm\acute{a}x} = \phi * 0,85 * F_c * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (25)$$

7. Por último, se procede a calcular el espesor necesario de la placa base, para lo cual es necesario ver si la longitud m (longitud del voladizo) sea menor que la longitud de soporte.

$$Y \geq m \quad t_p = 1,5 * \sqrt{\frac{f}{F_y}} \quad Y < m \quad t_p = 2,11 * \frac{\sqrt{Y * (m - \frac{Y}{2})}}{\sqrt{f_{pm\acute{a}x}} * F_y} \quad (26)$$

2.3.2 Diseño de la placa base con carga axial y momento grande

Para diseñar la placa base con momento grande es necesario ver a que tensión y compresión se encuentra la placa con el fin de que no s

rompa la cimentación o deforme la placa base. [17]

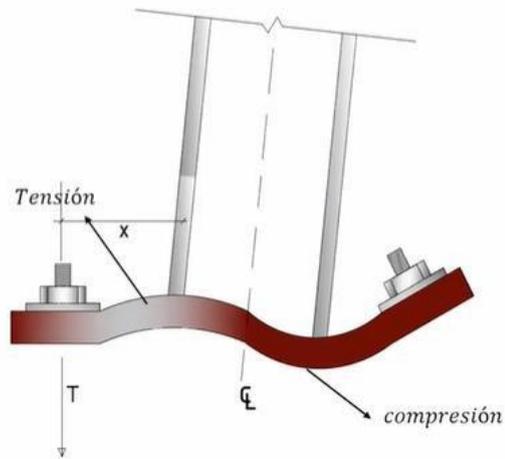


Figura 2.7. Placa base deformada

Para diseñar una placa base con momento grande se seguirá los siguientes pasos:

1. Primero se determina la carga axial y momento último, siendo estas las cargas con la que va a estar diseñada la estructura.

P_u = Carga axial última

M_u = Momento último

2. Segundo se propone dimensiones de la placa base de N , B en referencia a la cimentación.

N = Longitud

B = Anchura

3. En la tercera parte se calculan la excentricidad e y la excentricidad crítica s

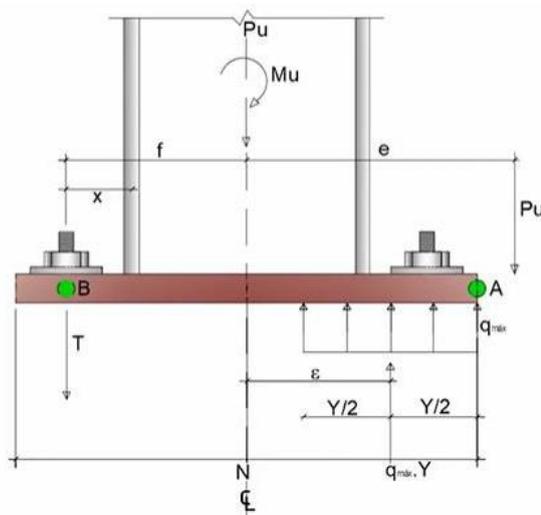


Figura 2.8. Fuerzas y dimensiones que actúan en una placa base

$$e = \frac{Mu}{Pu} \quad (27)$$

$$\varepsilon = \frac{N}{2} - \frac{P_r}{2q_{m\acute{a}x}} \quad (28)$$

4. Una vez determinadas las excentricidades se comprueba que la excentricidad e sea mayor que la excentricidad crítica s .

$$e > \varepsilon_{crit} \quad (29)$$

5. Por siguiente se calcula la longitud del soporte Y , en la que se está haciendo presente el momento último y carga axial de la columna.

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) - \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2 * P_u * (e + f)}{q_{m\acute{a}x}}} \quad (30)$$

$$\text{tal que, } \left(f + \frac{N}{2}\right)^2 > \frac{2 * P_u * (e + f)}{q_{m\acute{a}x}}$$

6. Después de calcular la longitud de soporte verificamos que la presión de soporte (q) sea menor que la presión máxima (q_{max}) que soporta la placa base

$$q \leq q_{m\acute{a}x} \quad (31)$$

$$q = \frac{P_u}{Y} \quad q_{m\acute{a}x} = f_{pm\acute{a}x} * B \quad f_{pm\acute{a}x} = \phi * 0,85 * F_c * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (32)$$

7. Por último, se procede a calcular el espesor de la placa verificado si la placa base se encuentra en compresión o en tensión. Una vez verificado la condición a la que se encuentra la placa, se procede a elegir la cantidad más grande, asegurando que sea segura para las dos condiciones.

$$Y \geq m \quad t_p = 1,5 * \sqrt{\frac{f}{F_y}} \quad Y < m \quad t_p = 2,11 * \frac{\sqrt{Y * (m - \frac{Y}{2})}}{F_y} \quad (33)$$

2.4 Diseño de las juntas soldadas

2.4.1 Soldadura

Es la unión de dos metales semejantes, que sean soldables mediante el aporte de un material exterior por medio de calor, a la soldadura que necesita una fuente de calor se le denomina soldadura por arco.[18]

2.4.2 Tipos de conexiones

En la actualidad hay varios tipos de juntas, pero para soldadura tenemos juntas a tope, juntas de solape, juntas de borde, juntas en T y junta de esquina.

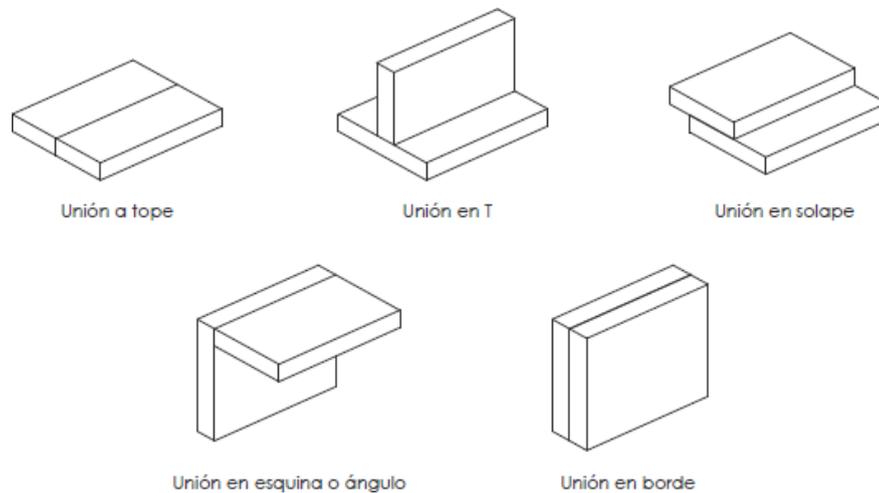


Figura 2.9. Tipos de juntas existentes

2.4.3 Diseño de la soldadura para cordón de filete

Para el diseño de soldadura de la siguiente estructura se la realizará con soldadura de filete o ranura ya que son las más utilizadas para este propósito. En las estructuras de acero es necesario tener una soldadura con una buena resistencia y esto depende del tipo de material del electrodo, proceso por el cual se vaya a realizar la soldadura y material base.[18]

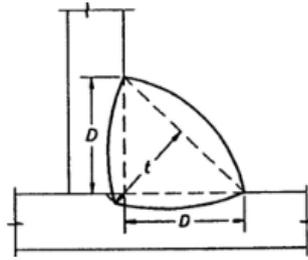


Figura 2.10. Partes de una soldadura de filete.

Para el diseño de una soldadura se empieza realizando algunos cálculos:

$$A_e = L * t \quad (34)$$

Donde:

L: Longitud del cordón soldado

t: Garganta de la soldadura

Garganta de la soldadura:

$$t = \text{sen}45^\circ * D \quad (35)$$

$$t = 0.707 * D$$

Para lo cual tenemos que encontrar la longitud efectiva del cordón de soldadura:

$$L_e = L - 2t \quad (36)$$

El esfuerzo de fluencia se calcula de la siguiente forma:

$$F_y = 0.75 * F_{ut} \quad (37)$$

Esfuerzo admisible de corte para la soldadura se calcula de la siguiente manera:

$$F_{yv} = K * F_y \quad (38)$$

$$F_{yv} = 0.6 * 0.75 * F_{ut} \quad (39)$$

Para controlar la carga aplicada se le divide para un factor de seguridad asegurando que sea menor que el esfuerzo admisible:

$$F_s = \frac{F_{yv}}{\Omega_s} \quad (40)$$

Donde:

Ω_s Factor de seguridad para procesos de soldadura

2.5 Procedimiento para el prediseño y análisis de fuerzas en SAP 2000

Se realizó el prediseño de las estructuras en AutoCAD para luego subirles al programa SAP 2000 y realizar su respectivo análisis, en las siguientes figuras se pueden observar la estructura en celosía y alma llena finalizada en el programa SAP2000.

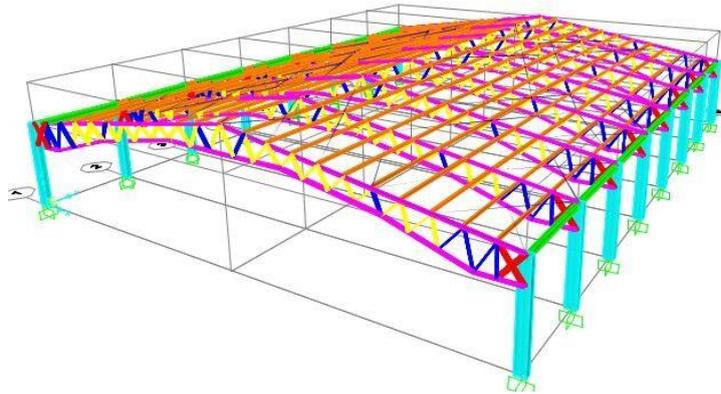


Figura 2.11. Prediseño de nave industrial en celosía realizado en SAP 2000

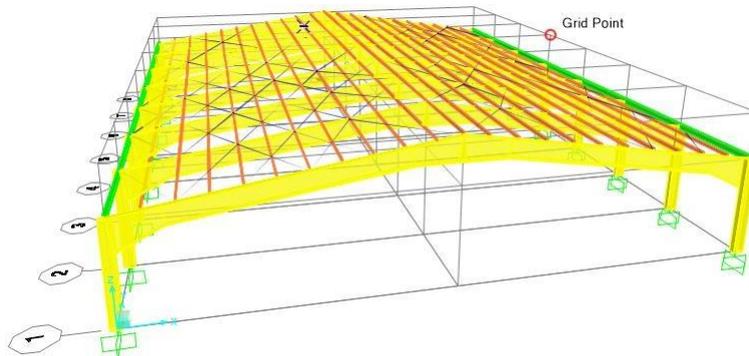


Figura 2.12. Prediseño de nave industrial en alma llena realizado en SAP 2000

2.5.1 Diseño estructural en SAP 2000

Primero se exporta el dibujo de las cerchas, ángulos y columnas en el programa SAP 2000

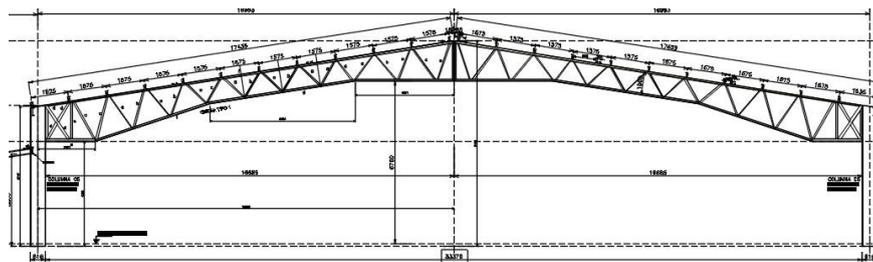


Figura 2.13. Prediseño de la estructura en Auto CAD

Segundo se asigna los materiales con los que va a trabajar.

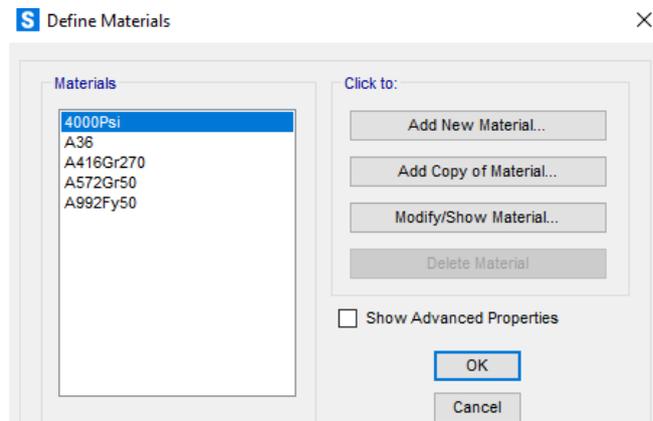


Figura 2.14. Materiales del diseño

Tercero defino las secciones con las cuales se designarán a las piezas de la estructura estas son las columnas, cerchas, vigas de amarre, correas y riostras.

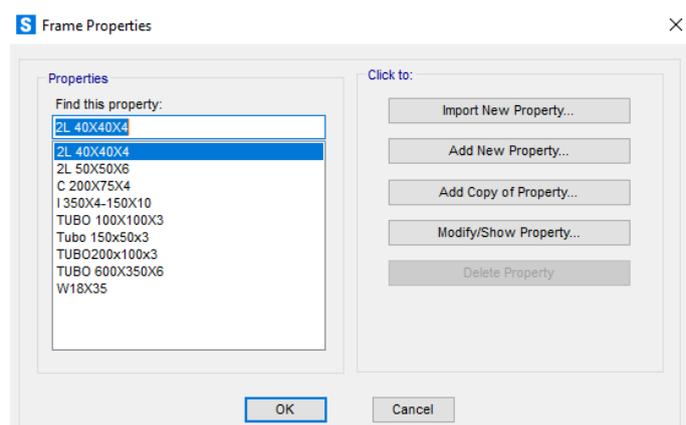


Figura 2.15. Secciones del diseño estructural

Por último, se asigna los apoyos de la estructura.

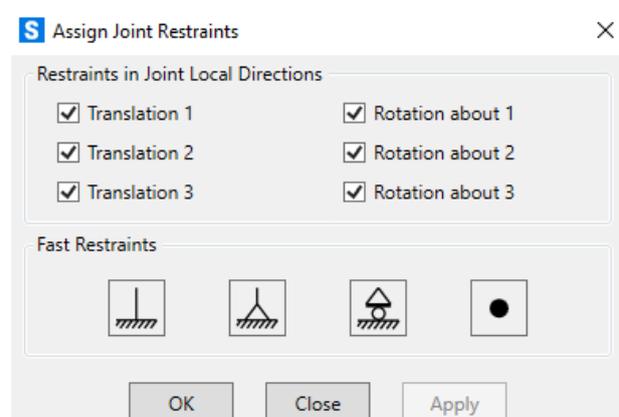


Figura 2.16. Apoyos estructurales de las columnas

2.5.2 Análisis de cargas en SAP 2000

Una vez realizado los cálculos de las cargas que influyen en la estructura por criterio de la Norma NEC 2015 se procede a cargar al programa SAP 2000, para realizar su respectivo análisis estructural y con lo cual mediante los resultados se podrá dimensionar la estructura.

Primero se realiza la introducción de las cargas de viento en las columnas:

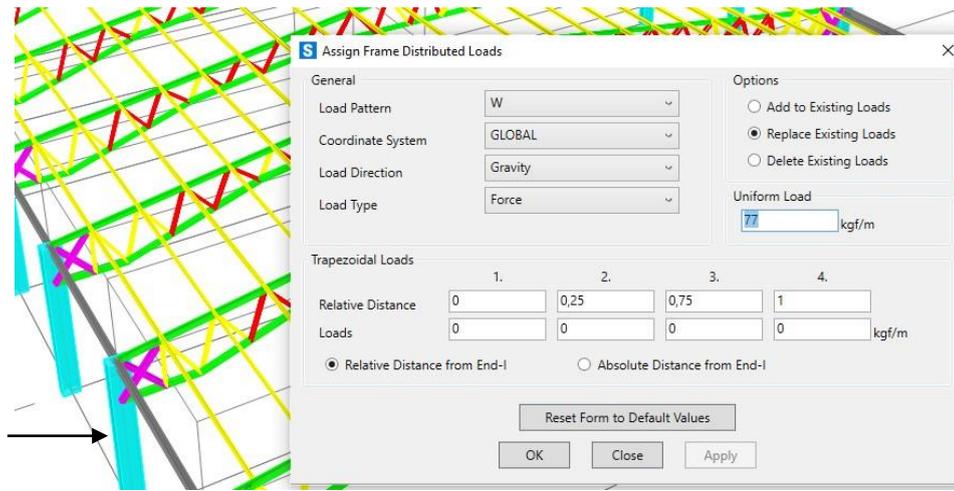


Figura 2.17. Asignación de cargas en las columnas

Segundo se procede a cargar las cargas de viento en barlovento y sotavento en las cerchas.

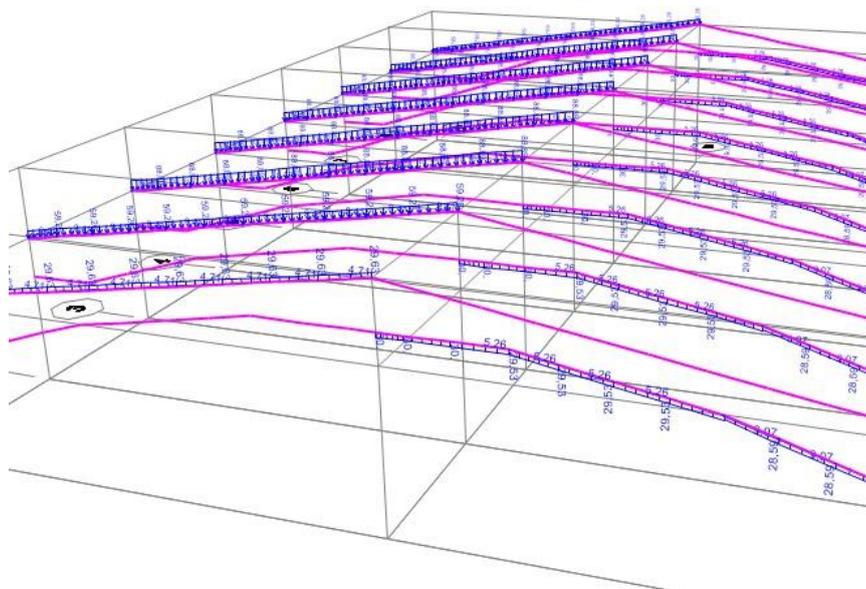


Figura 2.18. Asignación de cargas en Barlovento y Sotavento en las cerchas

Tercero se hace la asignación de las cargas muertas, vivas y de granizo en las correas del programa.

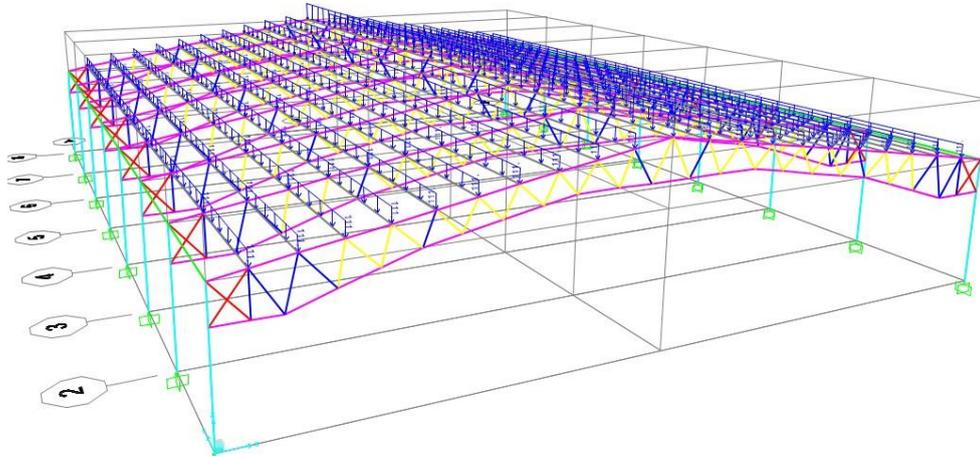


Figura 2.19. Asignación de cargas muertas, vivas y de granizo

Después de haber asignado las cargas se procede a subir las combinaciones que recomienda la norma NEC 2015

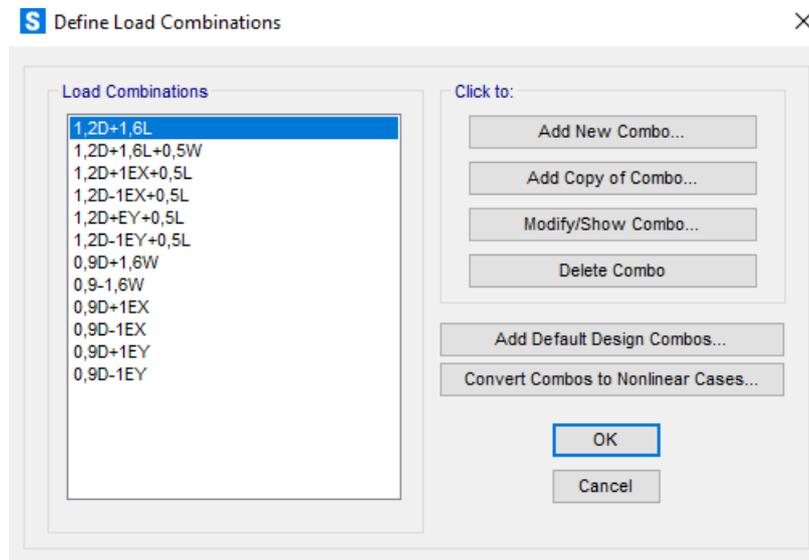


Figura 2.20. Combinaciones de cargas muertas, vivas, de sismo y de granizo

Por último, se realiza la creación del espectro sísmico en Excel y se le carga al programa para luego realizar el análisis estructural de la estructura. También se carga el espectro sísmico que propone la NEC 2015 y se encuentra por defecto en el programa.

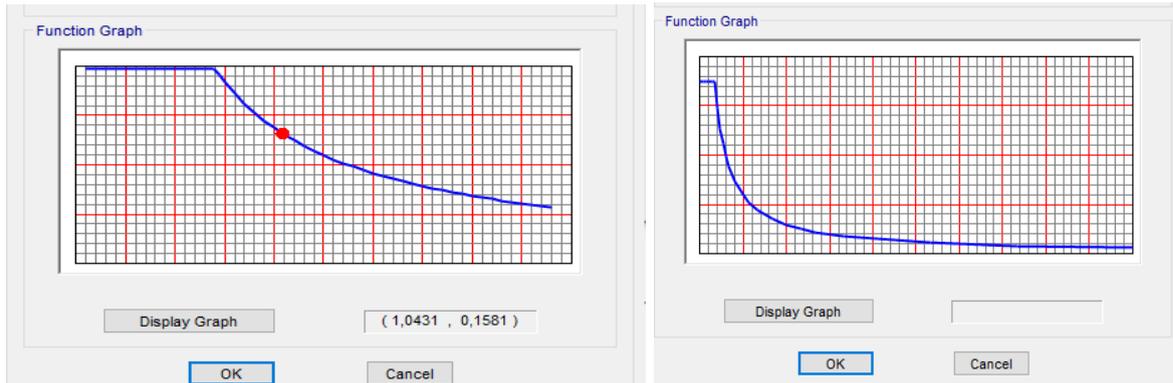


Figura 2.21. Espectro sísmico realizado en Excel y recomendado por la NEC 2015

2.6 Evaluación de resultados

Se procede a realizar el análisis de cargas en la estructura de celosía para ver si algún elemento podría fallar, en el lado derecho tenemos una regleta en la cual el programa SAP 2000 clasifica que de 0.7 hasta 1 la estructura fallara mientras que de 0.7 a 0 la estructura es bastante estable.

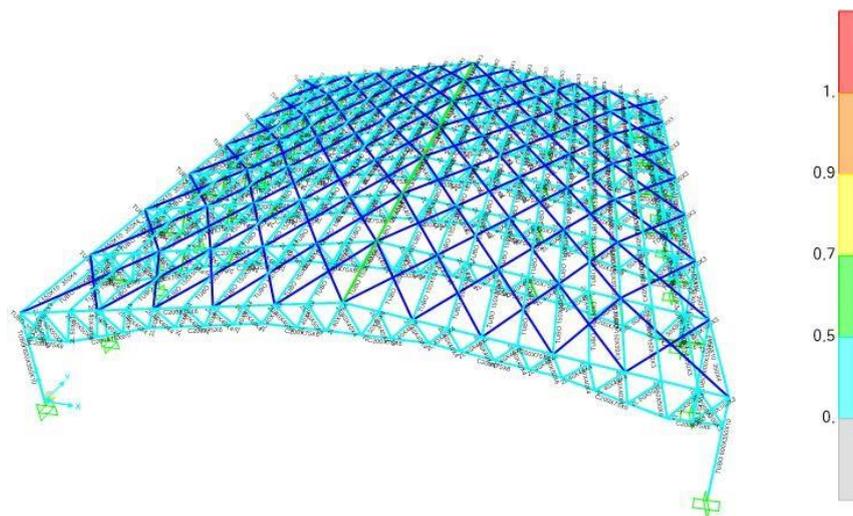


Figura 2.22. Análisis estructural de la nave industrial en celosía

Podemos observar que la estructura se encuentra estable y no hay piezas de color amarillo, tomate o rojo, lo que quiere decir que la estructura se encuentra firme y no tendería a colapsarse por fatiga provocada por las cargas actuantes. También el periodo está en el rango que establece la norma NEC 2015 de un periodo de $T=0.3$ para galpones.

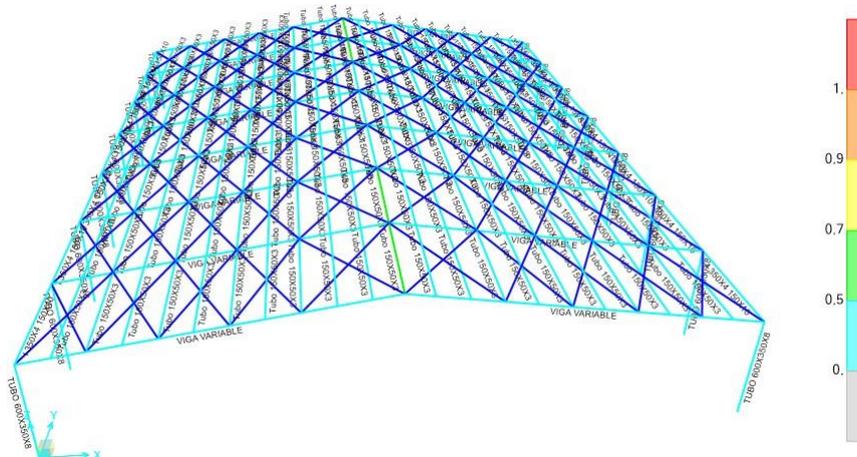


Figura 2.23. Análisis estructural de la nave industrial en alma llena

En el análisis estructural de alma llena, los elementos están en estado estable y no fallarían por las cargas introducidas en el programa.

Una vez realizado el análisis estructural y dimensionando según lo que el programa recomienda, se procede a realizar un análisis comparativo del mismo.

Se puede ver que la estructura diseñada en alma llena tiene baja posibilidad de fallar por cargas actuantes, mientras que la estructura en celosía tiene una buena estabilidad y también cumple con todas las especificaciones para su respectiva construcción.

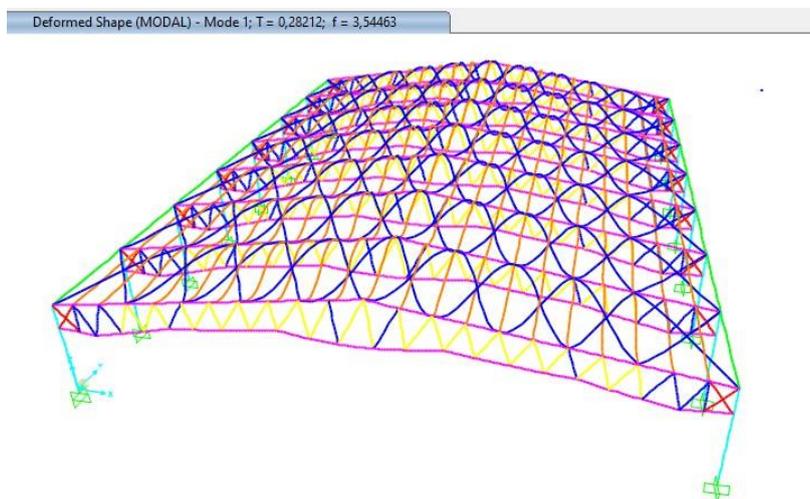


Figura 2.24. Análisis estructural de la nave industrial en alma llena

Podemos notar un periodo de vibración bajo con lo cual la estructura soporta los sismos provocados por el suelo, garantizando un prediseño bastante estable.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

3.1.1 Cálculo de las cargas muertas, vivas y de granizo.

D Carga permanente o carga muerta

E Carga de sismo

L Carga viva

S Carga de granizo

W Carga de viento

Para las cargas muertas (D) y de granizo la norma NEC 2015 establece que para ciertas instalaciones en la cubierta se puede usar una carga de 50 kg/m², y para cargas vivas (L) una carga de 70kg/m². [14]

$$D = 50 \text{ Kg/m}^2$$

$$L = 70 \text{ Kg/m}^2$$

$$S = 50 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Longitud colaborante} = 1.58 \text{ m}$$

$$\text{Largo de la correa} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Área colaborante} = \text{Long COL} * \text{Long COR} = 9.48 \text{ m}^2 \quad (41)$$

Tabla 3.1. Cargas muertas, vivas y de granizo distribuidas.

Carga muerta=	50	kg/m ²	Carga viva =	70	kg/m ²	Carga granizo=	50	Kg/m ²
P= ACOL X CM=	474	kg	P= ACOL X CV=	663.6	kg	P = ACOL X S =	474	kg
p = P/LCOR=	79	kg/m	p = P/LCOR =	111	kg/m	p = P/LCOR =	79	kg/m

3.1.2 Cálculo de las cargas de viento.

Primero se calcula la velocidad instantánea máxima del viento:

La NEC 2015 nos proporciona la velocidad de viento de diseño [14], para alturas de hasta 10 m de $21 \frac{m}{s} (75 \frac{km}{h})$

Segundo buscamos la velocidad corregida del viento:

$$V_b = V \cdot \sigma \quad (42)$$

Donde:

V_b Velocidad corregida del viento en m/s

V Velocidad en un instante máxima del viento en m/s, para 10m de altura sobre el terreno.

σ Coeficiente de corrección

Tabla 3.2. Coeficientes de corrección σ

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Sin obstrucción (Categoría B)	Sin obstrucción (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.8
10	1.00	0.9	0.8
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

Para las estructuras a construir se toma una obstrucción B con una altura de 10 m obteniendo un coeficiente de corrección de:

Tabla 3.3. Velocidad corregida del aire

$V =$	21	m/s	$\sigma =$	0.9
$V_b = V \cdot \sigma =$	18.9	m/s		

Tercero calcular la presión del viento para estructuras.

$$P = \frac{1}{2(\rho)} * V_b^2 * C_e * C_f \quad (43)$$

Donde:

P Presión expresada en Pa (N/m²)

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

C_f Coeficiente de forma (apartado d de la presente sección 3.2.4)

C_e Coeficiente de entorno/altura

El coeficiente de forma y el coeficiente de entorno se toman de las siguientes tablas que propone la NEC 2015 y AISCE [5] [14]

Tabla 3.4. Factor de forma C_f para barlovento y sotavento

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 a 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

Tabla 3.5. Coeficiente de exposición c_e [14]

ft	m	B	C	D
0-15	0-4.6	0.57 (0.70) ^d	0.85	1.03
20	6.1	0.62 (0.70) ^d	0.90	1.08
25	7.6	0.66 (0.70) ^d	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

Cálculo de la presión de viento para columnas

$$P = \frac{1}{2(\rho)} * Vb^2 * Ce * Cf \quad (44)$$

Cf 0.8
 Ce 0.7
 ρ 1.25 kg/m³

P= 125.0235 N/m²
 P= 12.7575 kg/m²

Cálculo de cargas de viento para columnas centrales.

h = 5.7
 Ac= 6

$$\text{Área colaborante} = h \times Ac = 34.2 \text{ m}^2(41) \quad (45)$$

$$C_{viento} = P \times Ac$$

Cviento = 436.31 kg puntual

Cviento = 76.55 kg/m distribuida 77 kg/m

Cálculo de cargas de viento para columnas laterales.

h= 5.7
 Ac= 3

Área colaborante= $h \times Ac$
 Área colaborante= 17.1

Cviento = 259.7 kg puntual

Cviento = 34.6 kg/m distribuida

Cálculo de la presión de viento para vigas en barlovento

Cf 0.3
 Ce 0.7
 ρ 1.25 kg/m³

P= 46.88 N/m²
 p= 4.78 kg/m²

Cálculo de cargas de viento para vigas centrales en barlovento

L= 17.21

Ac= 6

Área colaborante = $L \times Ac$
 Área colaborante = 103.2 m²

$C_{viento} = P \times Ac$

$C_{viento} = 494.00 \text{ kg}$ puntual

$C_{viento} = 28.70 \text{ kg/m}$ distribuida 30 kg/m

Cálculo de cargas de viento para vigas de borde barlovento

L= 17.21

Ac= 3

Área colaborante= $L \times Ac$
 Área colaborante= 51.63

$C_{viento} = P \times Ac$

$C_{viento} = 247.00 \text{ kg}$ puntual

$C_{viento} = 14.35 \text{ kg/m}$ distribuida

Cálculo de la presión de viento para vigas en sotavento

$$P = \frac{1}{2} \rho V_b^2 * C_e * C_f \quad (46)$$

C_f= -0.6

C_e= 0.7

ρ= 1.25 kg/m³

P= -93.77 N/m²

p= -9.57 kg/m²

Cálculo de cargas de viento para vigas centrales en sotavento

$$L = 17.21 \text{ m}$$
$$Ac = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Área colaborante} &= L \times Ac \\ \text{Área colaborante} &= 103.26 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$C_{viento} = P \times Ac$$

$$C_{viento} = -988.00 \text{ kg} \quad \text{puntual}$$

$$C_{viento} = -57.41 \text{ kg/m} \quad \text{distribuida} \quad 58 \text{ kg/m}$$

Cálculo de cargas de viento para vigas de borde barlovento

$$L = 17.21 \text{ m}$$

$$Ac = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Área colaborante} &= h \times Ac \\ \text{Área colaborante} &= 51.63 \end{aligned}$$

$$C_{viento} = P \times Ac$$

$$C_{viento} = -494.00 \text{ kg} \quad \text{puntual}$$

$$C_{viento} = -28.70 \text{ kg/m} \quad \text{distribuida}$$

3.1.3 Análisis de costos

Primero se realiza el cálculo del peso de la estructura tomando en cuenta el peso de las columnas, cerchas, vigas, placa base y correas. Para obtener el peso de la estructura en kg y en kg/m².

Tabla 3.6. Cálculo del peso de la estructura en celosía

		kg/ml	longitud	cantidad	total (kg)
			m		
COLUMNAS	FLEJE DE 600x8	37.68	5.7	32	6,872.83
	FLEJE DE 350X12	32.97	5.7	32	6,013.73
		kg/ml	longitud	cantidad	total (kg)
CERCHA	U 200x75x6 mm	15.91	20	32	10182.4
	Ángulo 50x50x6 mm	4.43	1.25	252	1395.45
	Ángulo 40x40x4 mm	2.39	1.25	480	1434
		kg/ml	longitud	cantidad	total (kg)
correas	tubo rectangular 150x50x4 mm	11.73	5.8	147	10000.998
VIGAS	VIGA I 150X10 350X4	10.99	5.8	14	892.388
	VIGA I 150X10 350X5	11.775	5.8	28	1912.26
	Peso placa base celosía		33.912	16	542.592
#porticos (ojo q se forman de dos placas)				TOTAL	39246.65
METROS CUADRADOS DE CONSTRUCCIÓN =		1632	m ²		
PESO =		24.05	Kg/m ²		

Una vez realizado el cálculo del peso de la estructura se procede al análisis de precios unitarios de la estructura en celosía obteniendo el precio por kilogramo.

Tabla 3.7. Análisis de precios unitarios de la estructura en celosía

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				1 DE 1	
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL					
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL Y ECONÓMICO ENTRE UNA NAVE INDUSTRIAL METÁLICA CON CELOSÍA Y EN ALMA LLENA					
CODIGO:	C2			UNIDAD	Kg
RUBRO:	Acero estructural, A-36. incluye montaje				
DETALLE:				Rendimiento:	0.07 (h/kg)
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= AX B	R	D= C XR
Herramienta menor (5% MO)	1	0.63	0.63	0.06	0.04
Amoladora eléctrica	0.8	0.13	0.104	0.06	0.01
Soldadora eléctrica 350 a	0.8	0.56	0.448	0.06	0.03
Grua móvil	0.8	25	20	0.01	0.20
Equipo Oxicorte	1	0.63	0.63	0.06	0.04
SUBTOTAL M					0.31
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= AX B	R	D= C XR
Maestro soldador especializado (ESTR. OC. C1)	0.8	7	5.6	0.06	0.34
Ayudante de soldador	1	6.2	6.2	0.06	0.37
Maestro mayor (ESTRUC. OCUP. C1)	0.1	5.8	0.58	0.06	0.03
Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1)	0.7	4.75	3.325	0.01	0.03
SUBTOTAL N					0.78
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C= AX B	
Anticorrosivo Azarcón	4000 cc	0.01	20	0.20	
Thinner comercial (diluyente tecni thiñer laca)	4000 cc	0.01	14	0.14	
Disco de corte	u	0.01	1.65	0.02	
Acero en perfil	kg	1	1.16	1.16	
Electrodo E71T-11-1.2mm Autoprotegido	kg	0.07	2.66	0.19	
SUBTOTAL O					1.70
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C= AX B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.79
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15 %					0.42
COSTOS TOTAL DEL RUBRO					3.21
VALOR OFERTADO					3.21

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

El mismo proceso se realiza en la estructura en alma llena, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3.8. Cálculo del peso de la estructura en alma llena

		kg/ml	longitud m	cantidad	total (kg)
COLUMNAS	FLEJE DE 600x8	37.68	5.7	32	6,872.83
	FLEJE DE 350X12	32.97	5.7	32	6,013.73
<hr/>					
		kg/ml	longitud	cantidad	total (kg)
CERCHA	VIGA 1000X8 275X12	62.8	12.1	16	12158.08
	VIGA 1000X8 275X12	21.5875	12.1	32	8358.68
	VIGA1400X8 275X12	75.36	2.4	16	2893.824
	VIGA1400X8 275X12	25.905	2.4	32	1989.504
	VIGA1800X8 275X12	87.92	2.5	16	3516.8
	VIGA1800X8 275X12	25.905	2.5	32	2072.4
<hr/>					
		kg/ml	longitud	cantidad	total (kg)
correas	tubo rectangular 150x50x4 mm	11.73	5.8	147	10000.998
VIGAS	VIGA I 150X10 350X4	10.99	5.8	14	892.388
	VIGA I 150X10 350X4	11.775	5.8	28	1912.26
	Peso placa base alma llena		50.868	16	813.888
#porticos (ojo q se forman de dos placas)				TOTAL	57495.38
METROS CUADRADOS DE CONSTRUCCIÓN =		1632 m2			
PESO =		35.23 Kg/m2			

Tabla 3.9. Análisis de precios unitarios de la estructura en alma llena

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				1 DE 1	
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL					
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL Y ECONÓMICO ENTRE UNA NAVE INDUSTRIAL METÁLICA CON CELOSÍA Y EN ALMA LLENA					
CODIGO:	C2			UNIDAD	Kg
RUBRO:	Acero estructural, A-36. incluye montaje				
DETALLE:				Rendimiento:	0.07 (h/kg)
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= AX B	R	D= C XR
Herramienta menor (5% MO)	1	0.63	0.63	0.04	0.03
Amoladora eléctrica	0.8	0.13	0.104	0.04	0.00
Soldadora eléctrica 350 a	0.8	0.56	0.448	0.04	0.02
Grua móvil	0.8	25	20	0.006	0.12
Equipo Oxicorte	1	0.63	0.63	0.04	0.03
SUBTOTAL M					0.19
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= AX B	R	D= C XR
Maestro soldador especializado (ESTR. OC. C1)	0.8	7	5.6	0.04	0.22
Ayudante de soldador	0.7	6.2	4.34	0.04	0.17
Maestro mayor (ESTRUC. OCUP. C1)	0.1	5.8	0.58	0.04	0.02
Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP.C1 G1)	0.7	4.75	3.325	0.01	0.03
SUBTOTAL N					0.45
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C= AX B	
Anticorrosivo Azarcón	4000 cc	0.01	20	0.20	
Thinner comercial (diluyente tecni thiifer laca)	4000 cc	0.01	14	0.14	
Disco de corte	u	0.01	1.65	0.02	
Acero en perfil	kg	1	1.06	1.06	
Electrodo E71T-11-1.2mm Autoprotegido	kg	0.07	2.77	0.19	
SUBTOTAL O					1.61
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C= AX B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.26
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15 %					0.34
COSTOS TOTAL DEL RUBRO					2.60
VALOR OFERTADO					2.60

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

3.1.4 Análisis comparativo de costos

Los resultados de los precios que costaría construir cada estructura y las diferencias de porcentajes que tienen, como podemos notar el costo de construcción por kilogramo de celosía es mayor que de alma llena y esto se debe a que la estructura en celosía es más compleja dificultando su fabricación, montaje y personal más capacitado. Mientras que para alma llena el precio de construcción por kilo es menor, por ser menos complejo su instalación, fabricación y no necesitar personal tan capacitado. Por otra parte podemos notar que el costo de la obra en celosía es menor que en alma llena, esto se debe a que el peso en alma llena es superior a el peso en celosía abriendo así una brecha de cual es más beneficioso para construir, en este proyecto se ha analizado y se ha sacado la siguiente recomendación que la estructura en celosía se construya cuando el empresario no tenga los recursos necesarios para construir en alma llena y disponga de tiempo ya que en celosía toma más tiempo su construcción y se elija en alma llena cuando se necesite la obra en muy poco tiempo y haya la disponibilidad de recursos.

Tabla 3.10. Comparación de precios de construcción de las dos estructuras

COMPARACIÓN DE PRECIOS	PESO	COSTO POR KILO	TOTAL
CELOSÍA	39246.65	3.21	\$ 125,981.74
ALMA LLENA	57495.38	2.6	\$ 149,487.99
DIFERENCIA	18248.73		\$ 23,506.25
ALMA LLENA VS CELOSÍA		%DIFERENCIA	15.72%

3.2 Conclusiones

El porcentaje de diferencia de costos entre una estructura de celosía y alma llena es alto con un 15% aproximadamente, por lo cual el constructor debe tener en cuenta el tiempo que le tomaría la construcción de cada una.

La estructura en alma llena tiene un peso por metro cuadrado mayor a la de celosía debido a la gran luz que debe soportar y por ende el peralte de la viga es considerable.

Se puede concluir que con las dimensiones diseñadas en el prediseño en el programa SAP 2000, estas estructuras se mantendrán firmes por cargas actuantes naturales.

Se concluye que las mismas cargas muertas, vivas, de viento, y de granizo actúan en ambas estructuras y esto se debe a que las estructuras son del mismo tamaño y la norma NEC 2015 diseña por rangos de altura y longitud.

Se pudo concluir que una estructura en alma llena en el eje z se deforma menos por cargas actuantes obteniendo una deformación de $5 \times 10^{-3} \text{m}$ mientras que para una estructura en celosía se obtiene una deformada de $1 \times 10^{-2} \text{m}$, por lo cual se tendría una estructura de alma llena mas estable y segura que en celosía.

Se concluye que la estructura en alma llena posee menos balanceo que la estructura en celosía ya que por cargas de viento la estructura en celosía tiene una deformación de $1.7 \times 10^{-2} \text{m}$ y una de alma llena de $1 \times 10^{-2} \text{m}$, ya que la estructura en alma llena es más estable y firme.

La estructura con vigas de alma llena tiene un mayor cortante basal con respecto a la estructura en celosía debido a su peso.

Se puede concluir que una estructura en celosía es más económica que una en alma llena, pero su dificultad de construcción es mayor dado que necesita más tiempo y personal más capacitado.

3.3 Recomendaciones

Se recomienda utilizar un programa de análisis de fuerzas donde se pueda realizar los planos automáticamente y no se los realizarlos por separado.

Se debe tener en consideración el periodo de la estructura según lo establezca la norma con la cual se realice el diseño.

Para construcciones metálicas es recomendable usar una soldadura de proceso GMAW ya que es un proceso para soldar piezas metálicas.

Se recomienda diseñar las estructuras de acuerdo con los catálogos existen, para las piezas metálicas como son correas, vigas de amarre, ángulos o perfiles tipo U.

Para el análisis de fuerzas en el programa SAP 2000 es recomendable ir probando con diferentes secciones y diseñar con el menor costo posible.

Es recomendable crear posibles combinaciones de cargas actuantes en la estructura según la experiencia del diseñador.

Se recomienda para hacer el diseño en SAP 2000 de la estructura en celosía primero exportar el dibujo de Auto CAD y replicar.

Se recomienda hacer el análisis del espectro sísmico con un espectro hecho por el constructor por su experiencia y el que recomienda la norma NEC 2015.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Gran celosía estructura de acero, de cerca de foto», *123RF*.
https://es.123rf.com/photo_67709746_gran-celosía-estructura-de-acero-de-cerca-de-foto.html (accedido 21 de febrero de 2023).
- [2] «Celosía (estructura) > Información, Biografía, Archivo, Historia.», *WIKIDAT*.
<https://es.wikidat.com> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [3] «Estructuras Alma Llena | Pousada Group S.A.»
<https://www.pousadagroup.com/estructuras-metalicas-alma-llena.html> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [4] «Uso Del ACERO en La Construcción 01», *pdfcoffee.com*.
<https://pdfcoffee.com/uso-del-acero-en-la-construccion-01-pdf-free.html> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [5] «ASCE 7-16.pdf», *Google Docs*. https://drive.google.com/file/d/1fE-VHQGKAUYEm6ExMQPfKhxH91Dgk5kw/view?usp=embed_facebook (accedido 21 de febrero de 2023).
- [6] «¿Qué son las estructuras de acero? | Sitio Oficial Gerdau Corsa».
<https://www.gerdaucorsa.com.mx/blog/que-son-las-estructuras-de-acero> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [7] Andrey Ferreira P, «Estructuras en celosía», 00:02:46 UTC. Accedido: 21 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://es.slideshare.net/anfep100/estructuras-en-celosa>
- [8] «Armaduras – Clases de Mecánica».
<https://clasesdemecanica.net/index.php/armaduras/> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [9] «CONCEPTOS HIPERESTÁTICA E ISOSTÁTICA - DIFERENCIAS, RESISTENCIA DE MATERIALES», *SISTEMA RETICULADO - EJERCICIOS -*

- CERCHA. <http://angelicaluizagab.blogspot.com/2017/06/sistema-reticulado-ejercicios.html> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [10] «Norma Ecuatoriana de la Construcción», *Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha*. <https://cicp-ec.com/index.php/leyes-y-normativas/norma-ecuatoriana-de-la-construccion> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [11] Ingegeek, «Tipos de apoyos en el análisis estructural», *Ingegeek*, 8 de julio de 2022. <https://www.ingegeek.site/2022/07/08/tipos-de-apoyos-en-el-analisis-estructural/> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [12] «Análisis y Diseño estructural a Tracción - ppt descargar». <https://slideplayer.es/slide/1688682/> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [13] Roger Moreira, «3 metodos de_diseño», 21:22:05 UTC. Accedido: 21 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/Roger199207/3-metodos-dediseño-50778214>
- [14] A. Icaza, «Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015», Accedido: 21 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/33069399/Norma_Ecuatoriana_de_la_Construccion%3Bn_NEC_2015
- [15] «Normas INEN | Mucho Mejor Ecuador», 11 de febrero de 2022. <https://www.muchohomejorecuador.org.ec/tag/normas-inen/> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [16] «Constructor Civil: EDIFICIOS - CARGAS DE VIENTO». <https://www.elconstructorcivil.com/2013/07/edificios-cargas-de-viento.html> (accedido 21 de febrero de 2023).
- [17] «METODOS PARA EL DISEÑO DE PLACA BASE - Ask Hilti». <https://ask.hilti.com.pa/article/metodos-para-el-diseño-de-placa-base/ompv1s> (accedido 21 de febrero de 2023).

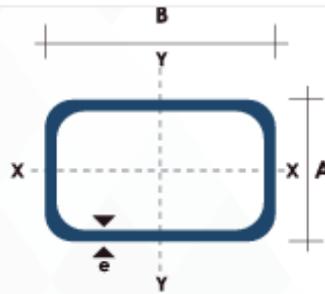
- [18] F. E, «Proyecto y diseño de juntas soldadas según DIN 18800», Accedido: 21 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en:
https://www.academia.edu/10100688/Proyecto_y_dise%C3%B1o_de_juntas_soldadas_seg%C3%BAn_DIN_18800

5 ANEXOS

ANEXO I



TUBO-ESTRUCTURAL-RECTANGULAR



Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espeor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	5.11	52.54	21.02	2.15

Tubería Estructural Rectangular											
Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas							
				Eje x-x				Eje y-y			
				Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro		
B	H	e	A	P	I	W	i	I	W	i	
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	
20	30	1,50	1,35	1,06	1,59	1,06	1,08	0,84	0,84	0,79	
		2,00	1,74	1,36	1,94	1,30	1,06	1,02	1,02	0,77	
20	40	1,40	1,55	1,22	3,09	1,55	1,41	1,04	1,04	0,82	
		1,50	1,65	1,30	3,27	1,63	1,41	1,10	1,10	0,82	
		1,80	1,95	1,53	3,76	1,88	1,39	1,26	1,26	0,80	
		2,00	2,14	1,68	4,06	2,03	1,38	1,35	1,35	0,79	
25	50	1,40	1,97	1,55	6,28	2,51	1,79	2,13	1,71	1,04	
		1,50	2,10	1,65	6,66	2,66	1,78	2,26	1,80	1,04	
		1,80	2,49	1,95	7,72	3,09	1,76	2,60	2,08	1,02	
		2,00	2,74	2,15	8,39	3,36	1,75	2,82	2,25	1,01	
		2,50	3,34	2,62	9,90	3,96	1,72	3,29	2,64	0,99	
		3,00	3,91	3,07	11,20	4,48	1,69	3,70	2,96	0,97	
30	50	1,40	2,11	1,66	7,11	2,84	1,83	3,23	2,15	1,24	
		1,50	2,25	1,77	7,54	3,02	1,83	3,42	2,28	1,23	
		1,80	2,67	2,09	8,77	3,51	1,81	3,96	2,64	1,22	
		2,00	2,94	2,31	9,54	3,82	1,80	4,30	2,87	1,21	
		2,50	3,59	2,82	11,31	4,53	1,78	5,07	3,38	1,19	
		3,00	4,21	3,30	12,86	5,15	1,75	5,73	3,82	1,17	
40	60	1,40	2,67	2,10	13,54	4,51	2,25	7,27	3,63	1,65	
		1,50	2,85	2,24	14,39	4,80	2,25	7,72	3,86	1,64	
		1,80	3,39	2,66	16,85	5,62	2,23	9,01	4,51	1,63	

Tubería Estructural Rectangular											
Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas							
				Eje x-x				Eje y-y			
				Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro		
B	H	e	A	P	I	W	i	I	W	i	
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	
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	
		4,00	16,08	11,73	381,49	50,87	5,05	66,27	26,51	2,11	
60	120	5,00	18,36	14,41	456,54	60,87	4,99	78,32	31,25	2,06	
		1,80	6,27	4,92	199,80	19,97	4,37	41,25	13,75	2,57	
		2,00	6,94	5,45	131,93	21,99	4,36	45,34	15,11	2,56	
		2,50	8,59	6,74	161,25	26,87	4,33	55,17	18,39	2,53	
		3,00	10,21	8,01	189,15	31,53	4,30	64,44	21,48	2,51	
		4,00	13,35	10,48	240,84	40,34	4,25	81,35	27,32	2,47	
70	200	5,00	16,36	12,84	287,23	47,87	4,19	96,25	32,08	2,43	
		3,00	15,61	12,25	749,71	74,97	6,93	145,15	41,47	3,05	
		4,00	20,55	16,13	969,28	96,93	6,87	185,62	53,03	3,01	
		5,00	25,36	19,90	1174,26	117,43	6,81	222,47	63,56	2,96	
75	125	6,00	30,03	23,58	1365,00	136,50	6,74	255,91	73,12	2,92	
		1,80	6,99	5,48	152,92	24,47	4,68	70,06	18,68	3,17	
		2,00	7,74	6,07	168,56	26,97	4,67	77,15	20,57	3,16	
		2,50	9,59	7,53	206,53	33,04	4,64	94,26	25,14	3,14	
		3,00	11,41	8,96	242,88	38,86	4,61	110,55	29,48	3,11	
4,00	14,95	11,73	310,87	49,74	4,56	140,75	37,53	3,07			



ANGULO "L" LAMINADO

Son perfiles angulares estructurales, que forman un ángulo recto de 90 grados de alas iguales, de acero al carbono, laminado en caliente, usados ampliamente en la construcción de estructuras, celosías, vigas, columnas, arcos, diagramas, cerchas, estanterías, en la metalmecánica, industria de muebles metálicos, carrocerías para vehículos, puertas, ventanas, elementos ornamentales, verjas y cerramientos, herramientas manuales, refuerzo para anclaje de maquinaria entre muchas aplicaciones más.

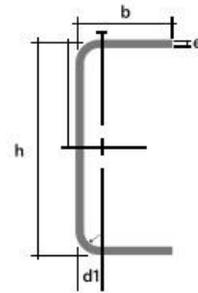
DESCRIPCIÓN

Perfiles Estructurales Ángulos "L" Laminado Especificaciones Generales:

Calidad:	ASTM A36 SAE J 1403 1008
Largo Normal:	6,00m
Espesores:	Desde 2,00mm – 12mm
Acabado:	Acero Negro

Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	
A	e	kg/m	kg/6m	cm ²	
AL 20X2	20	2	0,60	3,62	0,76
AL 20X3	20	3	0,87	5,27	1,11
AL 25X2	25	2	0,75	4,56	0,96
AL 25X3	25	3	1,11	6,68	1,41
AL 25X4	25	4	1,45	8,75	1,84
AL 30X3	30	3	1,36	8,13	1,71
AL 30X4	30	4	1,77	10,63	2,24
AL 40X3	40	3	1,81	11,00	2,31

C 100x50x5	100	50	5	7,91	9,95	1,92	15,2	35,7	30,5	6,76	3,91	1,9
C 100x60x6	100	60	6	9,31	12,02	1,93	18,8	42,25	36,36	10,38	5,89	1,87
C 100x80x8	100	80	8	11,95	15,5	2,06	22,6	52,47	44,52	13,32	7,78	1,83
C 125x50x2	125	50	2	3,42	4,37	1,2	10,5	10,4	16,5	2,74	4,86	1,54
C 125x50x3	125	50	3	5,04	6,45	1,24	149	15,1	23,9	4,02	4,81	1,53
C 125x50x4	125	50	4	6,60	8,47	1,29	192	19,4	30,7	5,24	4,76	1,51
C 125x50x5	125	50	5	8,10	10,4	1,34	231	23,4	37	6,4	4,71	1,5
C 125x50x6	125	50	6	9,55	12,32	1,38	266	27,19	42,67	7,51	4,65	1,48
C 125x60x3	125	60	3	8,89	11,43	1,7	267	39,36	42,71	9,15	4,83	1,86
C 125x60x6	125	60	6	10,49	13,52	1,75	309,3	45,83	49,48	10,78	4,78	1,84
C 125x80x8	125	80	8	13,52	17,5	1,81	383,3	57,3	61,33	13,94	4,68	1,8
C 125x80x6	125	80	6	12,37	15,92	2,61	394,3	102,9	63,08	19,1	4,97	2,54
C 125x80x8	125	80	8	16,03	20,69	2,64	493	130,3	76,88	24,3	4,88	2,5
C 150x60x10	150	60	10	19,45	25,21	2,74	576,6	154,2	92,25	29,31	4,78	2,47
C 150x50x2	150	50	2	3,81	4,87	1,09	138	10,9	21,1	2,8	5,71	1,5
C 150x50x3	150	50	3	5,62	7,2	1,13	230	15,9	30,7	4,11	5,65	1,49
C 150x50x4	150	50	4	7,38	9,47	1,17	297	20,5	39,6	5,36	5,6	1,47
C 150x50x5	150	50	5	9,08	11,7	1,22	359	24,8	47,9	6,55	5,55	1,46
C 150x50x6	150	50	6	10,72	13,82	1,26	416,7	28,8	55,55	7,7	5,49	1,44
C 150x60x5	150	60	5	9,87	12,68	1,56	411,9	41,72	54,91	9,4	5,7	1,81
C 150x60x6	150	60	6	11,67	15,02	1,6	479,9	48,7	63,85	11,07	5,64	1,8
C 150x60x8	150	60	8	15,09	19,5	1,74	598,7	61,55	79,83	14,35	5,54	1,77
C 150x80x6	150	80	6	13,55	17,42	2,43	603,4	109,9	80,45	19,73	5,88	2,51
C 150x80x8	150	80	8	17,60	22,69	2,44	760,2	139,5	101,4	25,09	5,78	2,47
C 150x80x10	150	80	10	21,42	27,71	2,54	886,3	165,9	119,5	30,37	5,68	2,44
C 150x80x12	150	80	12	25,00	32,47	2,64	1013	189,3	135,1	35,31	5,59	2,41
C 200x50x2	200	50	2	4,59	5,87	0,92	316	11,8	31,6	2,88	7,34	1,42
C 200x50x3	200	50	3	6,8	8,7	0,96	462	17,1	46,2	4,23	7,29	1,4
C 200x50x4	200	50	4	8,95	11,5	1,0	600	22,1	60	5,52	7,23	1,39
C 200x50x5	200	50	5	11,05	14,2	1,05	729	26,7	72,9	6,78	7,17	1,37
C 200x50x6	200	50	6	13,08	16,81	1,09	850,8	31,38	85,08	7,97	7,11	1,36
C 200x60x5	200	60	5	11,83	15,18	1,34	853,8	43,209	85,33	9,72	7,5	1,73
C 200x60x6	200	60	6	14,02	18,01	1,39	963,8	53,04	96,37	11,5	7,31	1,71
C 200x60x8	200	60	8	1,23	23,5	1,53	1219	66,96	121,9	14,96	7,2	1,68
C 200x80x6	200	80	6	15,91	20,48	2,14	1190	120,8	119	20,61	7,63	2,43
C 200x80x8	200	80	8	20,74	26,69	2,14	1514	151,9	151,4	26,27	7,53	2,4
C 250x100x8	250	100	8	26,39	33,89	2,58	3069	311,4	243,6	41,96	9,51	3,03
C 250x100x10	250	100	10	32,41	41,71	2,67	3695	375,8	293,6	51,27	9,41	3,0
C 250x100x12	250	100	12	38,19	49,27	2,77	4268	450,3	341,5	62,28	9,31	3,02
C 250x120x10	250	120	10	35,55	45,71	3,40	4272	629,6	641,7	73,21	9,87	3,71
C 250x120x12	250	120	12	41,96	54,07	3,49	4948	732,6	393,8	86,09	9,57	3,68
C 300x80x4	300	80	4	13,96	17,87	1,56	2186	193,35	149,8	14,5	11,06	2,29
C 300x80x5	300	80	5	17,33	22,108	1,61	2685	194,4	179	17,9	11,0	2,27
C 300x80x6	300	80	6	20,62	26,42	1,65	3165	134,6	211	21,19	10,94	2,26
C 300x80x8	300	80	8	27,02	34,69	1,74	4072	172,9	271,4	27,62	10,83	2,23
C 300x80x10	300	80	10	33,19	42,71	1,82	4986	207,7	327,1	33,6	10,71	2,2
C 300x80x12	300	80	12	39,13	50,47	1,91	5678	237,5	378,2	39	10,6	2,17
C 300x100x6	300	100	6	22,5	28,82	2,26	3684	254,6	243,6	32,89	11,3	2,97
C 300x100x8	300	100	8	29,53	37,89	2,35	4754	328,6	316,9	42,95	11,2	2,94
C 300x100x10	300	100	10	36,33	46,71	2,44	5748	397,3	383,2	52,55	11,09	2,91
C 300x100x12	300	100	12	42,9	55,3	2,53	6670	459	445	61,5	11,0	2,88
C 300x120x10	300	120	10	39,47	50,71	3,11	6390	667,5	439,3	75,09	11,4	3,63
C 300x120x12	300	120	12	46,67	60,67	3,21	7664	777,8	530,9	88,49	11,3	3,6
C 300x150x10	300	150	10	44,18	56,71	4,21	7851	1251	523,4	115,3	11,77	4,7
C 300x150x12	300	150	12	52,32	67,27	4,31	9157	1465	630,4	137	11,67	4,67



ANEXO II

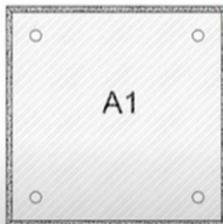
DISEÑO DE PLACA BASE A CARGA AXIAL.

www.ingenierodelacero.com

Se pueden presentar 3 casos:

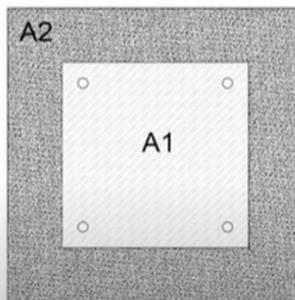
Caso I

$$A_1 = A_2$$



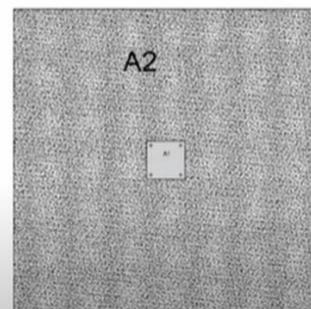
Caso II

$$A_1 < A_2 < 4A_1$$



Caso III

$$A_2 \geq 4A_1$$



Resistencia a los estados limites.

- Fluencia en la interfase de compresión.

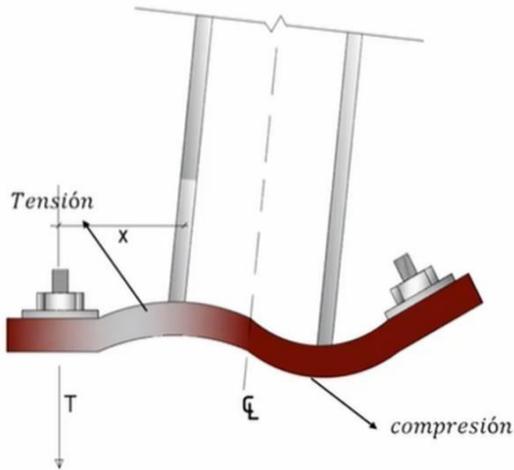
$$Y \geq m \quad t_p = 1,5 * m \sqrt{\frac{f_{p\text{m}\acute{a}x}}{F_y}}$$

$$Y < m \quad t_p = 2,11 \sqrt{\frac{f_{p\text{m}\acute{a}x} * Y * \left(m - \frac{Y}{2}\right)}{F_y}}$$

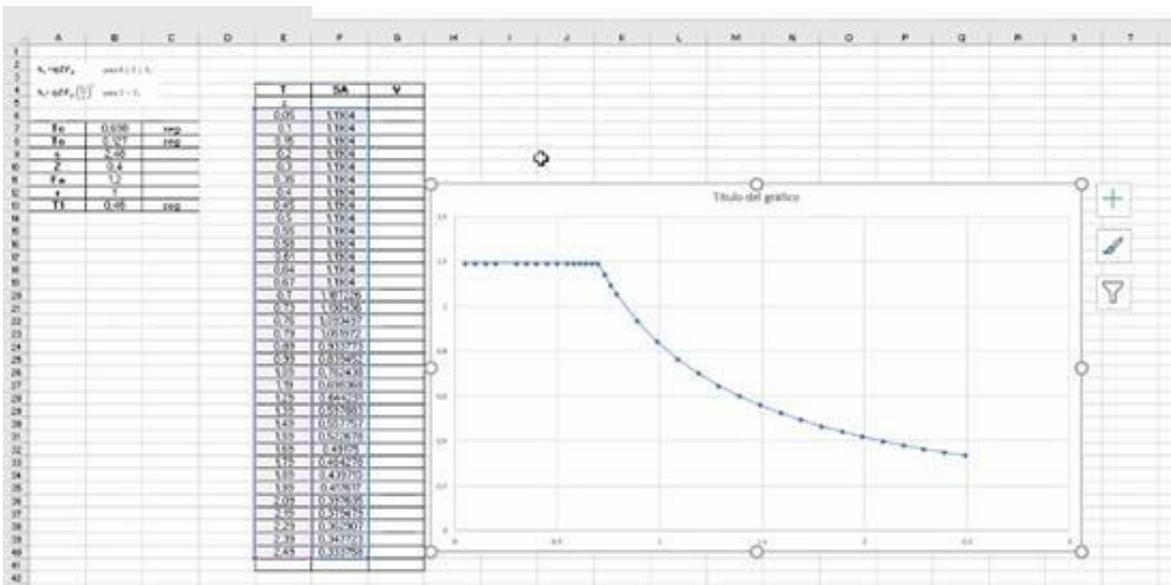
- Fluencia en la interfase de tensi3n.

$$M_{pl} = \frac{T_u * x}{B} \quad \rightarrow \quad t_p = 2,11 \sqrt{\frac{T_u * x}{B * F_y}}$$

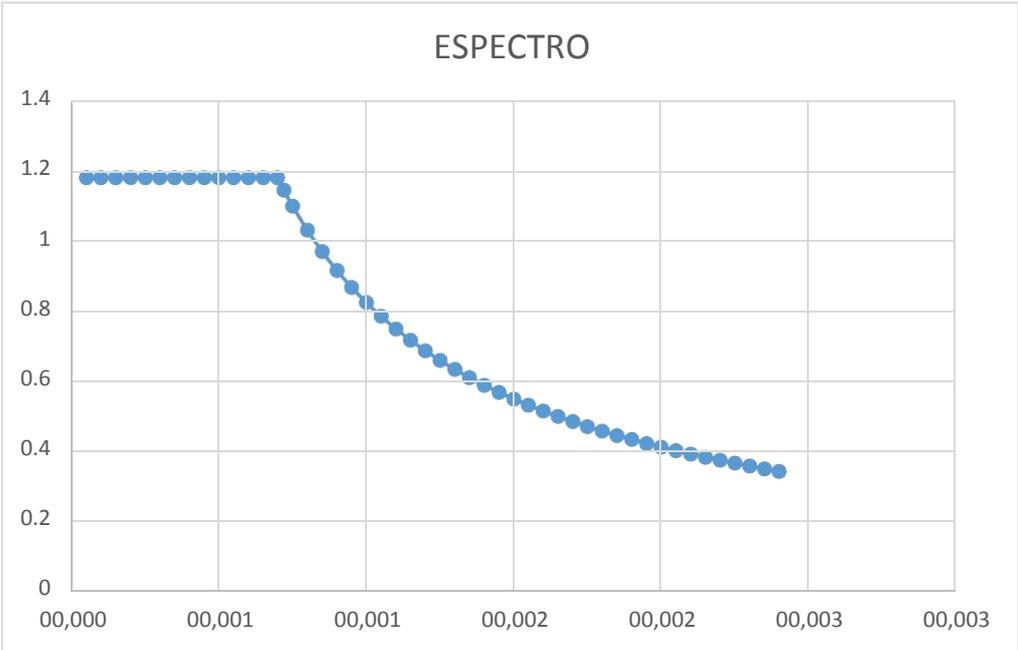
$$x = f - \left(\frac{d}{2} + \frac{t_f}{2}\right)$$



ANEXO III



$S_a = \eta Z F_a$	para $0 \leq T \leq T_c$
$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$	para $T > T_c$
Dónde:	
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto
$r = 1$	para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E.
$r = 1.5$	para tipo de suelo E.
S_a	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura
T	Periodo fundamental de vibración de la estructura
T_c	Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g



	PARA CARGA DE SISMO (S)		
	PARA CARGA DE SISMO (S)		
Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Coficiente C_t =	0.072		Sec. 6.3.3.a
Altura Total del edificio (H_n)=	8.400	m	
Coficiente para Calculo de Periodo (α)	0.800		Planos Arquitectonicos
Periodo Natural de Vibración (T_1)	0.40	seg	Sec. 6.3.3.a
Periodo Natural de Vibración Max (T_2)	0.51	seg	Sec. 6.3.3.a
Factor de importancia (I)=	1.000		Tabla6, Sec.4.1
Factor de Reducción de Respuesta (R) =	5.000		Tabla16 /18,Sec.6.3.4
Relación de amplificación espectral (n)=	2.480		Sec. 3.3.1
Zona Sísmica=	V		Fig. 1, Sec.3.1.1
Factor de Zona (Z)=	0.400		Tabla 1, Sec.3.1.1
Tipo de Suelo=	D		Tabla 2, Sec.3.2.1
Factor de Sitio (F_a)=	1.200		Tabla 3
Factor de Sitio (F_d)=	1.190		Tabla 4
Factor de Comportamiento inelastico del Suelo (F_s)=	1.280		Tabla 5, Sec.3.2.2.a
Periodo T_c =	0.7	seg	Sec.3.3.1
Factor en el Espectro para Diseño Elastico (r)=	1.000		Sec.3.3.1
Periodo Modelo (T_{mod})=	0.460	seg	Sec.6.3.3.a
Aceleración Espectral (S_a)=	1.190		Sec. 3.3.1
Factor de Irregularidad en Planta (I_p)=	1		Tabla 13, Sec.5.2.3
Factor de Irregularidad en Planta (I_e)=	1		Tabla 14, Sec.5.2.3
% de Carga Muerta para (V) Sismo=	0.24	%	Sec. 6.3.2
Periodo T_o =	0.127		Sec. 6.3.1
Periodo T_c =	0.70		Sec. 6.3.1

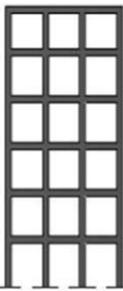
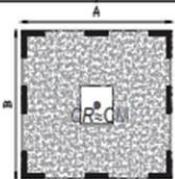
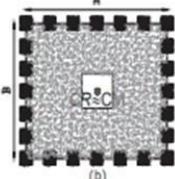
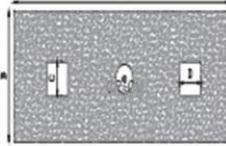
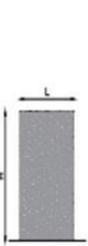
CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN $\phi_E=1$		CONFIGURACIÓN EN PLANTA $\phi_P=1$	
La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporticados, es constante en todos los niveles. $\phi_E=1$		La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa. $\phi_P=1$	  
La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional. $\phi_E=1$	 		

Tabla 11 : Configuraciones estructurales recomendadas

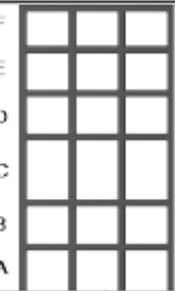
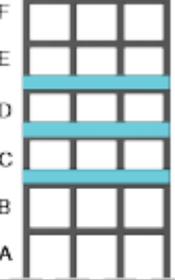
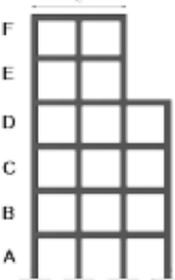
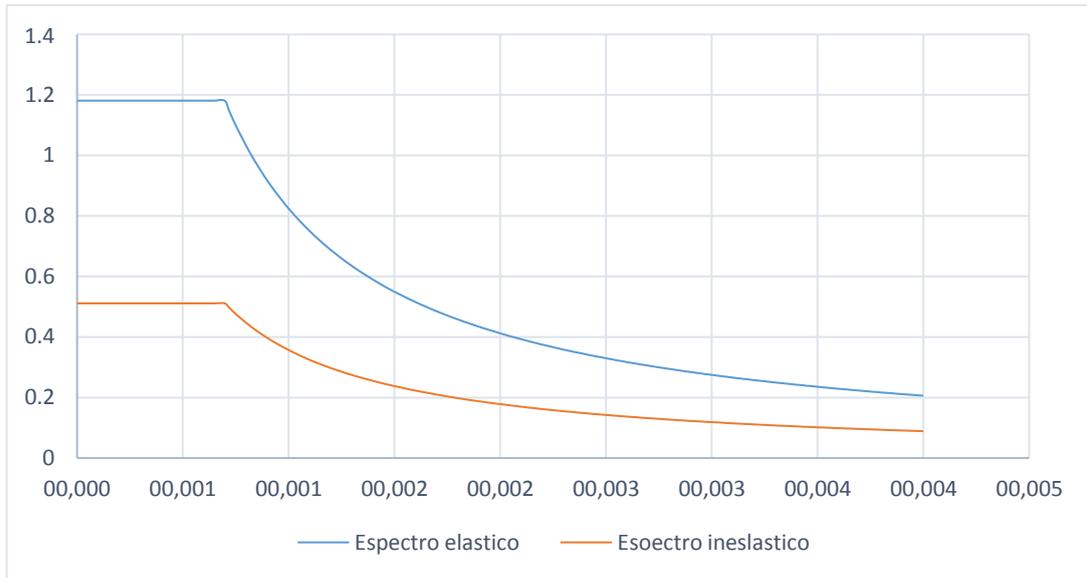
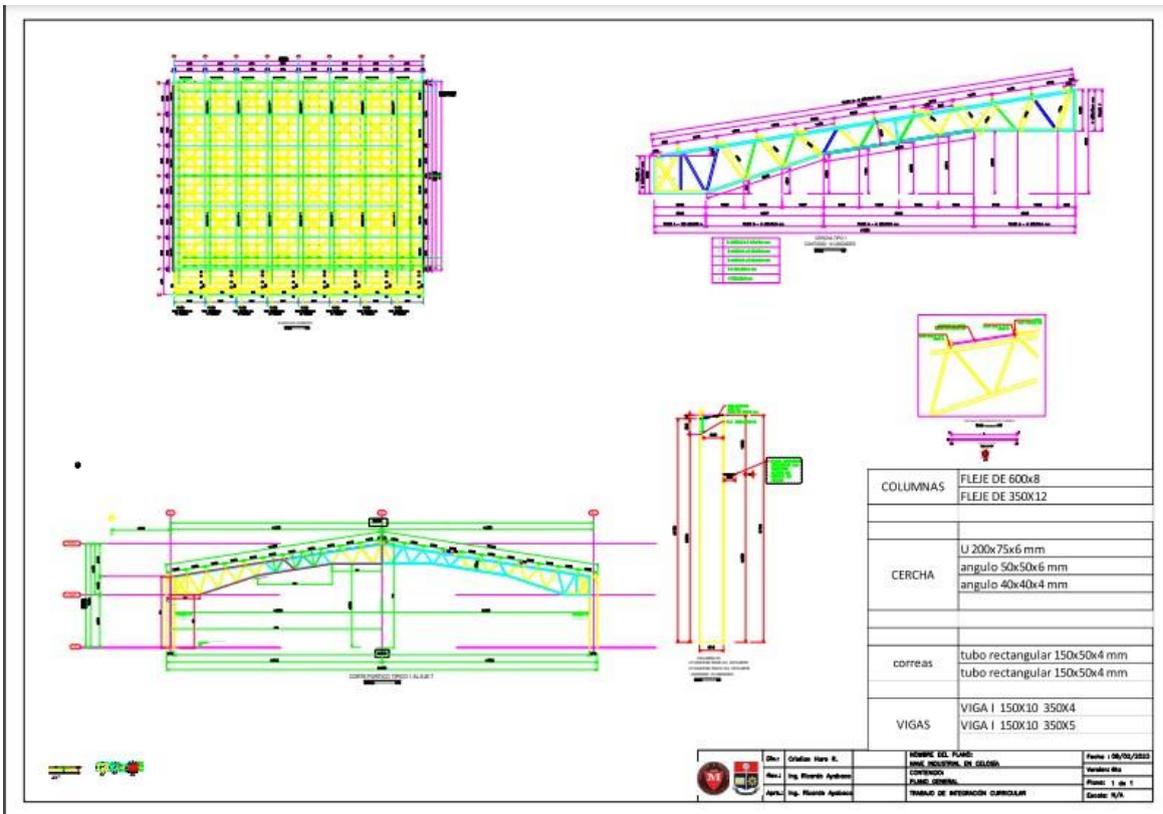
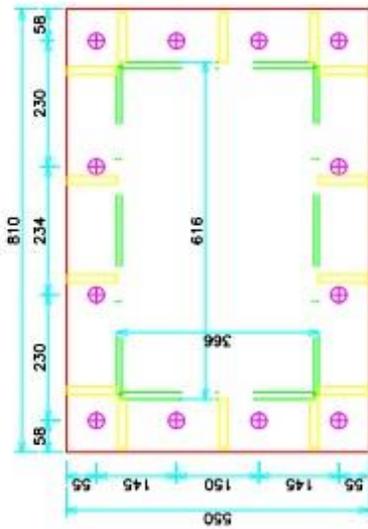
<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_E=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D Rigidez $< 0.80 \frac{(K_D + K_C + K_E)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_E=0.9$ $m_D > 1.50 m_C$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_E=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Tabla 14 : Coeficientes de irregularidad en elevación

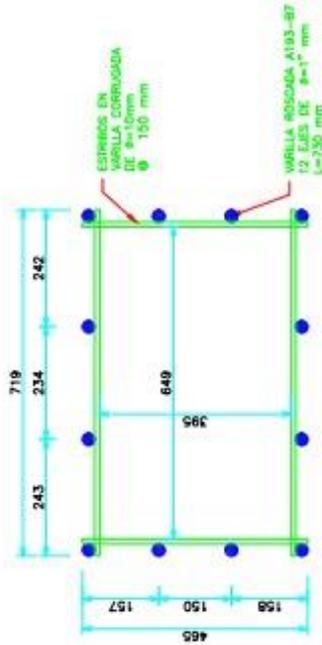


ANEXOS IV



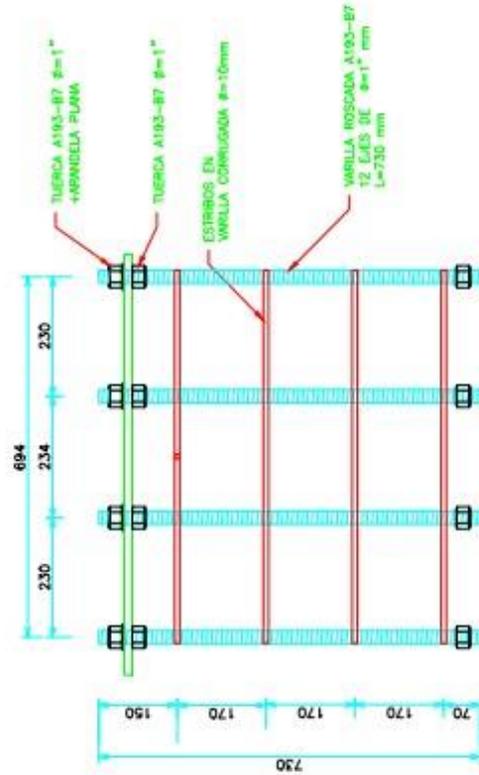


PLACA BASE PL1
PB1 810x550x15 mm
12 PERFORACIONES 1 1/2"
CANTIDAD: 14 UNIDADES
A572-GR 50



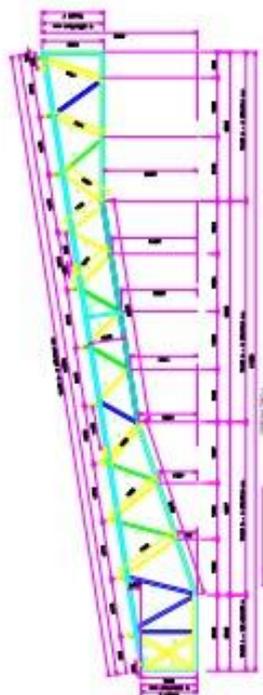
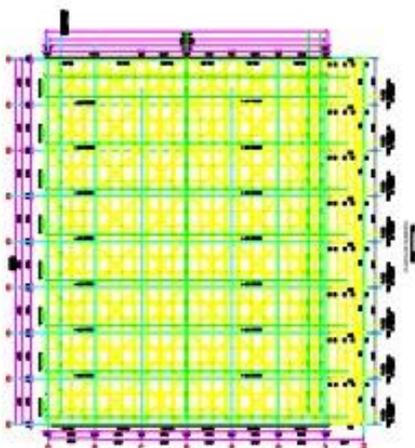
CANASTILLA TIPO 1
12 EJES DE VARILLA ROSCADA A193-B7 Ø=1"
CANTIDAD: 14 UNIDADES

EN CABEZA DE CANASTILLA COLOCAR 2 VARILLAS DE Ø=10 mm

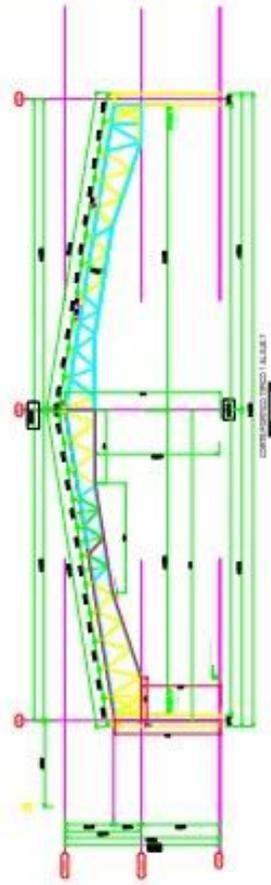
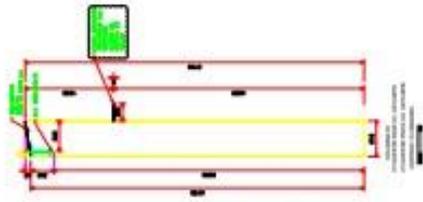
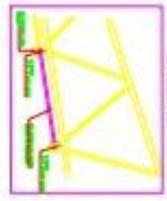


CANASTILLA TIPO 1
12 EJES DE VARILLA ROSCADA A193-B7 Ø=1"
CANTIDAD: 14 UNIDADES

	Ing. Carlos Mora S. Ing. Ricardo Ayala Ing. Ricardo Ayala	VARIANTE DEL PLANO: NÚM. IDENTIFIC. DE COLOR: DISEÑO DE LA PLACA BASE: MATERIAL DE ENTREGA COMPLETA	Fecha: 19/02/2003 Versión No. Plan: 1 de 1 Escala: 1/18
	Ing. Ricardo Ayala Ing. Ricardo Ayala	VARIANTE DEL PLANO: NÚM. IDENTIFIC. DE COLOR: DISEÑO DE LA PLACA BASE: MATERIAL DE ENTREGA COMPLETA	Fecha: 19/02/2003 Versión No. Plan: 1 de 1 Escala: 1/18



1. COLUMNA	2. VIGA	3. CERCHA	4. CORREA
5. FLEJE	6. FLEJE	7. CORREA	8. CORREA



COLUMNAS	FLEJE DE 600x8 FLEJE DE 350X12
CERCHA	U 200x75x6 mm angulo 50x50x6 mm angulo 40x40x4 mm
correas	tubo rectangular 150x50x4 mm tubo rectangular 150x50x4 mm
VIGAS	VIGA I 150X10 350X4 VIGA I 150X10 350X5

	Diseñador: Cristian Torres B. Verificador: Ing. Ricardo Ayala Aprobado: Ing. Ricardo Ayala	Nombre del Proyecto: Fecha: 18/05/2023 Versión: 01 Hoja: 1 de 1 Escala: N/A
---	--	---

