



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Mejoramiento del diseño estructural de coberturas metálicas considerando factores climáticos en zonas altoandinas, anexo

Cuchuquipa, Caylloma 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Sotomayor Gonzales, Karol Vanessa (ORCID: 0000-0003-1088-8210)

ASESOR:

Mg. Requis Carbajal, Luis Villar (ORCID: 0000-0002-3816-7047)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

A mi padre, por su apoyo infinito en cada paso que di en la vida y por ser mi soporte en todo momento, y mi ejemplo a seguir.

A mi madre y hermanos por ser mi fuerza y empuje para cumplir mis metas.

A mi compañero de vida por darme el aliento para cumplir esta meta, gracias por todo.

Agradecimientos

Primero a Dios por darme salud para seguir logrando mis metas.

A compañeros de trabajo y colegas que me apoyaron en la realización de la presente tesis.

A mi asesor de tesis por siempre darme el apoyo técnico y moral y así poder concluir con éxito mi investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	2
Agradecimientos	3
Índice de contenidos.....	4
Índice de gráficos y figuras.....	7
Resumen.....	8
Abstract	9
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1. Marco Situacional.....	11
1.2. Fallas en coberturas metálicas.....	12
1.3. Trabajos previos	15
1.4. Planteamiento del Problema	17
1.5. Objetivos	18
1.6. Justificación e importancia de la investigación.....	18
1.7. Limitaciones de la Investigación.....	20
1.8. Viabilidad de la Investigación.....	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Generalidades	22
2.2. Ventajas del acero como material estructural.....	22
2.3. Desventajas del acero como material estructural	22
2.4. Propiedades del Acero	23
2.5. Normas a emplear.....	24
2.6. Configuraciones estructurales.....	25
2.7. Especificaciones de Diseño.....	33
Tabla 1: Factores de zona.....	39
Tabla 2: factores de uso según categoría de edificación.	40
Tabla 3: Factores de suelo.....	41
Tabla 4: Obtención de periodos T_p y T_l	41
Tabla 5: Coeficientes de reducción sísmica.....	43
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	44
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	44
3.2. Operacionalización de variables:	47
3.3. Matriz de consistencia	47

3.4.	Población y muestra:.....	48
3.5.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:.....	48
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL		50
4.1.	Descripción del Proyecto.....	50
4.2.	Sistema Estructural	50
4.3.	Consideraciones generales para el análisis	51
Tabla 6: factores de forma (C)*		52
Tabla 7: factores de forma para determinar cargas adicionales en elementos de cierre (C)		53
4.4.	Análisis sísmico.....	55
Tabla 8: parámetros sísmicos utilizados.....		56
Tabla 9: periodos fundamentales y fuerzas cortantes basales de edificaciones		58
Tabla 10: desplazamientos máximos y derivas de entrepiso		59
4.5.	Diseño estructural	59
4.6.	Diseño de conexiones.....	74
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		83
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....		84
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.....		85
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS		86

Índice de Tablas

Tabla 1: Factores de zona.....	39
Tabla 2: factores de uso según categoría de edificación.	40
Tabla 3: Factores de suelo.....	41
Tabla 4: Obtención de periodos T_p y T_I	41
Tabla 5: Coeficientes de reducción sísmica.....	43
Tabla 6: Factores de forma (C)*	52
Tabla 7: Factores de forma para determinar cargas adicionales en elementos de cierre (C)	53
Tabla 8: Parámetros sísmicos utilizados.....	56
Tabla 9: Periodos fundamentales y fuerzas cortantes basales de edificaciones	58
Tabla 10: Desplazamientos máximos y derivas de entrepiso	59

Índice de gráficos y figuras

Figura 1.	Falla por aplastamiento ocurrido por un sismo en Mexico 7 septiembre de 2017.	12
Figura 2.	Colapso de estructura metálica por fuertes viento, autor desconocido toma 2007 ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 3.	Falla en viga de alma abierta por pandeo local, fuente San Salvador 2012.	13
Figura 4.	Falla en armadura de techo por pandeo a compresión, fuente San Salvador 2012 ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 5.	Falla por colapso de estructura, Minera Bateas, Caylloma, enero 2019.	14
Figura 6.	Colapso del Polideportivo en la provincia de Gerona, tras una fuerte nevada en el 2010.	14
Figura 7.	Mapa eólico del Perú, periodo de retorno 50 años	38
Figura 8.	Mapa de zonas sísmicas	39
Figura 9.	Hernández, Fernández y Baptista, 2014, pag. 5.....	46
Figura 10.	Matriz de consistencia.....	47
Figura 11.	Vista 3D de estructura metálica	50
Figura 12.	Espectro de diseño para las direcciones X y Y.....	57
Figura 13.	Pórtico principal con cerramiento.....	57
Figura 14.	Pórtico principal típico sin cerramiento, con secciones según Manual AISC.....	58
Figura 15.	Diagrama de momento flector en vigas VM-1 y VM-2 (tonf-m), donde se muestra la combinación mas critica (1.2D+1.6S+0.8W3), W3 es el caso 3 del viento en la dirección Y.	65
Figura 16.	Diagrama de fuerza axial en vigas VM-1 y VM-2 (tonf).....	65
Figura 17.	Diagrama de momento flector en columna CM-01 (tonf-m). ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 18.	Diagrama de fuerza axial en columna CM-01 (tonf)	70
Figura 19.	Definición de casos de diseño automático.....	73
Figura 20.	Ratio de diseño en pórtico principal típico.	74

Resumen

La siguiente investigación tiene como objetivo principal de realizar el mejoramiento de las coberturas metálicas destinadas a distintos usos en zonas de Caylloma 2021.

Para el presente diseño, nos basamos en normatividad peruana y extranjera, realizando una recolección de datos y entrevistas con el dueño del terreno que solicito el diseño de dicha cobertura metálica, se tomó en cuenta los parámetros de sitio, parámetros climáticos, características de materiales a usar, dimensiones de terreno, estas serán validadas por fuentes donde nos darán la confiabilidad de todo el estudio aplicado para la presente investigación.

Basándonos en dichos resultados se procedió al predimensionamiento del diseño estructural de la cobertura metálica, en base a dichos resultados iniciales se procedió al cálculo de las cargas de acuerdo a la normativa y se procederá al modelar con el programa SAP 2000, basándonos en la metodología de diseño AISC – LRFD empleado para la estructura metálica.

Dicho diseño tiene que cumplir con las expectativas del solicitante y así comprobaremos que se puede mejorar el diseño de estructuras metálicas en zonas altoandinas, optimizando dicho diseño teniendo en cuenta las cargas a tener y de esta manera no tener inconvenientes al momento de ejecución y uso del mismo.

Palabras claves: cobertura metálica, normatividad para el diseño, cargas consideradas, aplicación de método LRFD, diseño óptimo.

Abstract

The main objective of the following research is to improve the metallic covers for different uses in areas of Caylloma 2021.

For this design, we are based on Peruvian and foreign regulations, carrying out a data collection and interviews with the owner of the land who requested the design of said metallic coverage, taking into account the site parameters, climatic parameters, characteristics of materials to use, terrain dimensions, these will be validated by sources where they will give us the reliability of the entire study applied for the present investigation.

Based on these results, we proceeded to the predimensioning of the structural design of the metal roof, based on the initial results, the loads were calculated according to the regulations and we will proceed to modeling with the SAP 2000 program, based on the methodology of AISC - LRFD design used for the metallic structure.

Said design has to meet the expectations of the applicant and thus we will verify that the design of metallic structures in high Andean areas can be improved, optimizing said design taking into account the loads to have and in this way not having problems at the time of execution and use of the same.

Keywords: metallic covering, design regulations, loads considered, application of the LRFD method, optimal design.

INTRODUCCIÓN

Mediante cálculos numéricos y modelamientos con software, se procederá a realizar el diseño de cobertura metálicas para la zona de Cuchuquipa, Caylloma 2021.

Este diseño contemplará el diseño de vigas, tijerales, conexiones y tipo de cobertura, teniendo en cuenta el tipo de zona, área geográfica, climatología y el uso que se le dará, cumpliendo con las normativas nacionales e internacionales.

Lo que se pretende con la presente investigación es realizar un correcto diseño, ya que en la zona se tuvo antecedentes de colapso de cobertura metálica, lo cual alerto a la población de dicho anexo y teniendo dicho antecedente se realizara un correcto predimensionamiento para no tener fallas ni inconvenientes al momento de la construcción y uso.

Capítulo I, se determinará el problema, objetivos e hipótesis de la investigación.

Capítulo II, se desarrollará el marco teórico en la cual nos basaremos.

Capítulo III, plantearemos la metodología de la investigación.

Capítulo IV, se planteará el análisis y diseño estructural de la propuesta a plantear.

Capítulo V, discusión.

Capítulo VI, conclusiones.

Capítulo VII, recomendaciones.

Capítulo VIII, referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Marco Situacional

En el distrito de Caylloma, Anexo Cuchuquipa la población en su mayoría su fuente de ingreso es el criar ganado camélido, y el sembrío de distintos alimentos, en el cual, y a raíz de los agentes climáticos y presencia de animales salvajes hacen que estos se vean afectados, reduciendo la crianza y sembrado de alimentos.

De igual manera la necesidad de la población conlleva al presente estudio teniendo en cuenta todos los factores y antecedentes para el diseño de coberturas metálicas, donde la familia Supo Ccama desea evitar problemas de colapso que se suscitaron en dicha zona por la construcción de una cobertura

Es así que el dueño de una de las viviendas del anexo solicitó el diseño de una cobertura metálica que servirá como albergue de su ganado y almacén de los alimentos que sembrará.

El presente trabajo formula el diseño de la cobertura metálica, en el cual se contempla una infraestructura de vigas columnas, correas y arriostres con conexiones empernada y uniones soldadas, esto según lo solicitado por el propietario en el cual nos basaremos en las siguientes normas:

- RNE Norma Técnica E.020 – Cargas.
- RNE Norma Técnica E.0.30 – Diseño sismo resistente
- RNE Norma Técnica E.0.90 – Estructura Metálicas.
- AISC – LRFD 99

Este aporte de la investigación a realizar, tiene un fin de tener un antecedente con respecto al diseño de acuerdo al análisis determinando así una evaluación de la misma para las coberturas metálicas en las zonas altoandinas, esto se trabajara de acuerdo a lo solicitado por el propietario con la utilización de materiales metálicos, y así el dueño a realizar la inversión sea favorable y fomente el uso de estas coberturas ya que en temporadas de lluvias y nevadas afecta tanto a la siembra de alimentos y animales que se cría en el lugar.

1.2. Fallas en coberturas metálicas

Existen una variedad de fallas en la construcción de coberturas metálicas, por diferentes motivos, esto sucede en distintas partes del mundo, es por eso que se debería de tener claro todos los factores para el desarrollo de un buen diseño de las estructuras metálicas, es así que se muestra las siguientes fallas:



Figura 1. Falla por aplastamiento ocurrido por un sismo en Mexico 7 septiembre de 2017.



Figura 2. Colapso por fuertes vientos.



Figura 3. Falla en viga de alma abierta por pandeo local, fuente San Salvador 2012.



Figura 4. Falla en armadura de techi por pandeo a compresión, fuente San Salvador 2012



Figura 5. Falla por colapso de estructura, Minera Bateas, Caylloma, enero 2019.

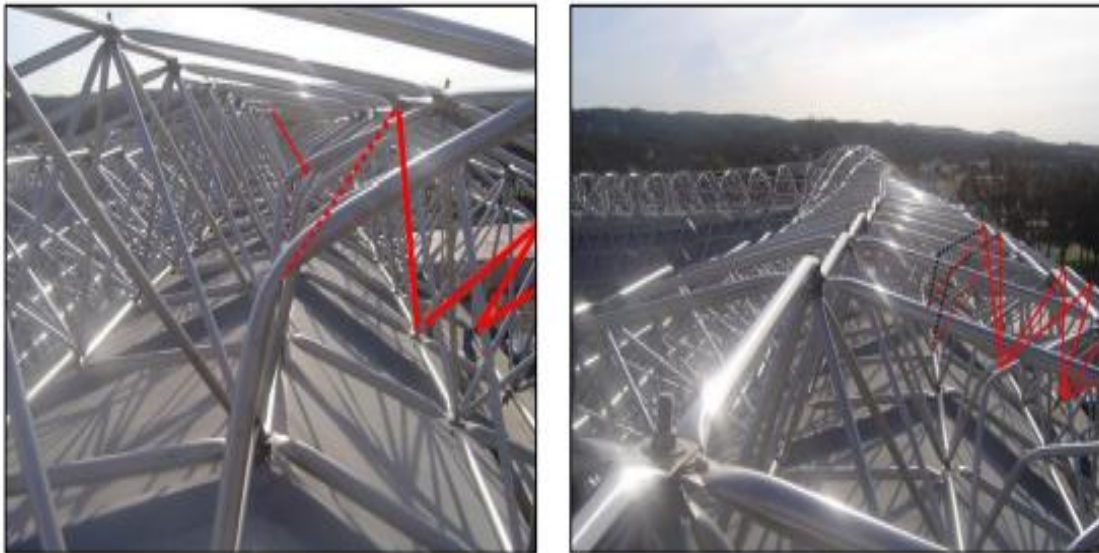


Figura 6. Colapso del Polideportivo en la provincia de Gerona, tras una fuerte nevada en el 2010.

1.3. Investigaciones previas

1.3.1. Antecedentes a nivel nacionales

Larico Quispetupac, 2015. Análisis y diseño en acero de una nave industrial con dos puentes grúa de Arequipa-Perú 2015 [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa. 321 p. Esta tesis comprende el diseño estructural de una nave industrial que esta destinada a mantenimiento de equipos pesados, cuenta con 2 puentes grúa de 60 ton y se enfoca en el diseño en general tomando en cuentas todas las cargas que trabajaran en dicho lugar.

Goñi Vega, Cáceres Calle, 2018. Comparativo Técnico-Económico de una nave industrial con un sistema de tijerales y de pórtico [Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil]. Universidad Pontificia Católica del Perú. Comprende de nave industrial, ubicado en el cercado de Lima el cual está destinado para almacén de materiales de construcción, en el cual hace la aplicación de normatividad nacional e internacional, teniendo en cuenta la aplicación de 2 sistemas estructurales en el cual se realizará un comparativo técnico y económico de los mismos.

Urquiaga Oblitas, Angel Jimmi, 2019. Diseño estructural y optimización de pórticos tipo tijeral de una nave industrial de 30 metros de luz, Lima – 2019 [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Cesar Vallejo. 134 p. La presente investigación comprende en enfocar el diseño estructural para una nave industrial, que tiene una luz de 30 metros, se planteó pórticos tipo tijeral los cuales contarán con una separación óptima e ideal, esta se encuentra ubicada en una zona industria del cercado de Lima, el fin de esta investigación es dar solución al comportamiento de las superestructuras de una nave industrial, esta se encuentra conformada por tubos de acero de carbono.

1.3.2. Antecedentes a nivel internacionales

Cruz, C.L.; Figueroa, P y Hernández, C. 2012. Estructuración, análisis y diseño estructural de elementos de techo con perfiles metálicos utilizando

el método LRFD. San Salvador 2012 [Trabajo de graduación previo a la obtención de Grado de Ingeniero Civil]. Universidad El Salvador. 462 p. La presente investigación brindara lineamientos para el diseño estructural de un techo, esto con materiales más comunes y usadas en el país de San Salvador, haciendo el uso del método LRFD, esto correspondiente a las combinaciones de carga, así mismo se hará el uso de un software en el cual se hará una comparación.

Martinez Valderrama, 2017. Estudio experimental de los efectos del viento de una nave industrial con cubierta tipo arco, considerando diferentes rugosidades en la cubierta. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil]. Universidad Nacional Autónoma de México. México. El objetivo principal de esta investigación es estudiar los efectos que ocasiona el viento para una nave industrial la cual se encuentra soportada en columnas mediante pruebas de túnel de viento, así como una cobertura en forma de arco, es así que se concluye que lo propuesto es óptimo en base al comportamiento del viento y la presión que este ocasiona.
para naves industriales.

Luna Esquivel, 2014. Análisis y diseño estructural en acero para una nave industrial en un empaque de aguacate en Uruapan, mich. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil]. Universidad Don Vasco A.C. – México. La presente investigación se basa en el análisis y diseño de una nave industrial el cual se encuentra ubicado en Uruapan, Michoacan, dicha nave se encuentra destinado para un almacén, se vienen considerando todas las cargas que actúan sobre esta estructura, es así que se viene considerando materiales adecuados para luces grandes en el cual se quiere garantizar la seguridad de personas y los equipos que se tendrán en ese lugar así mismo se hará el uso del SAP 2000 para la comparación del diseño.

1.4. Planteamos el Problema

1.4.1. Formulación del problema

Esta investigación se plantea a raíz del pedido realizado por uno de los dueños de la zona de Cuchuquipa específicamente familia Supo Ccama, en el cual tiene la necesidad de construir una cobertura metálica el cual será utilizado para almacén para alimentos y el ganado con el que cuenta, esto según Pino Gotuzzo, Raúl. (2010).

En la actualidad en nuestro país, el tema de estructuras metálicas en general no cuenta con mucho reconocimiento, y su utilización se observa que con el tiempo viene a ser más frecuente, es así que no se cuenta con una normatividad nacional para realizar el cálculo del diseño de las coberturas metálicas en general.

En el preciso momento de realizar algún tipo de diseño de una estructura se procede a seleccionar materiales que cumplan con la resistencia requerida, pero en algunas ocasiones el problema se centra en el planteamiento de conexiones, falta de planos con detalles al momento de la ejecución de una cobertura metálica, incumplimiento en el uso de los materiales con el espesor indicado en planos y fallas en la supervisión al momento de la ejecución, con dicha investigación se pretende determinar el mejor diseño conveniente para cubrir las necesidades del usuario y así cumplir con la normatividad, eligiendo materiales adecuados para así tener los elementos estructurales correctos para la cobertura metálica, teniendo en cuenta el área a diseñar, parámetros de clima par así garantizar la funcionabilidad y viabilidad de una estructura correcta y segura.

1.4.2. Problema principal

¿Cómo son los diseños de estructuras metálicas en las zonas altoandinas, teniendo en cuenta los factores climáticos en Caylloma 2021?

1.4.3. Problemas secundarios

- a) ¿El terreno es el indicado para poder construir una cobertura metálica sin necesidad de mejorarlo en la zona de Cuchuquipa, Caylloma 2021?
- b) ¿Según la zona donde se realizará la construcción al realizar el diseño consideramos todos los factores para el correcto funcionamiento de la cobertura?
- c) ¿Se diseña correctamente la cobertura metálica, realizando un correcto modelamiento y teniendo los diseños adecuados para cada parte de la estructura en la zona de Caylloma 2021?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Realizar el diseño estructural de una cobertura metálica, tomando en cuenta los factores climáticos en zonas altoandinas, distrito de Caylloma, 2021.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar el terreno para evaluar si se puede construir una cobertura metálica sin necesidad de mejorarlo, para así evitar fallas y problemas en el diseño.
- b) Considerar en el diseño todas las cargas según la ubicación geográfica donde se realizará dicho proyecto.
- c) Modelar dicha propuesta de diseño, teniendo en cuenta todos los factores para poder así comprobar que lo diseñado funcionara correctamente en la zona de Caylloma 2021.

1.6. Justificación e importancia de la investigación

Según Méndez (2012), esta justificación puede ser de manera teórica, metodológico o practico, esto según el fin de nuestra investigación.

Esta investigación se viene realizando con el fin de plantear un correcto diseño de coberturas metálicas en la zona de Cuchuquipa-Caylloma,

teniendo en cuenta a normativa vigente nacional e internacional, así como los aspectos climáticos que se suscitan en las zonas altoandinas.

Dicho diseño se realizará para un proyecto en específico para la familia Supo Ccama, el cual pretende entregar un aporte para los demás pobladores de la zona en mención el cual tiene las mismas características y se podrá plantear una configuración estructural el cual garantizará un correcto comportamiento estructural de acuerdo a lo requerido por el propietario, esto según normatividad en el cual se diseñara un modelo óptimo.

El presente proyecto partió debido a la necesidad de tener un lugar donde poder guardar sus alimentos de las cosechas y el ganado con el que la familia cuenta, así mismo la familia Supo Ccama busco realizar un correcto diseño, ya que en la zona ocurrió un accidente en el cual la cobertura metálica fallo y colapso en el cual causó daños materiales y perjuicio a la empresa minera que tuvo dicho problema, esto debido a que uno de los problemas fue el no considerar la carga de nieve ya que en la zona por la altitud a la que se encuentra se generan precipitaciones de nieve, lluvia y granizo, llegando la nevada hasta una altura de 10cm, es así que se solicitó el realizar dicho diseño teniendo en consideración todos los factores para el correcto funcionamiento.

Inicialmente se planteará un modelamiento numérico basándonos en ecuaciones de acuerdo a la normatividad vigente, posteriormente se hará el uso del software SAP2000 con el cual se comparara resultados y se concluirá si el diseño escogido es el más óptimo y seguro.

Se tendrá en cuenta todos los parámetros incluido el del sismo, donde nos basaremos en los diseños indicados por el MVCS. (2020).

Luego se propondrá distintos sistemas de conexiones tanto en las zonas principales como secundarias de los elementos estructurales de la cobertura metálica, el cual se modelará con el software mencionado y de

esta manera se determinará la geometría de la estructura y sus dimensiones el cual se tomará en cuenta para la ejecución de la misma.

1.7. Limitaciones de la Investigación

Son aquellas situaciones en las cuales el investigador se encontrara en base al desarrollo de la investigación , esto debido alguna razón, es así que toda limitación tiene que estar bien justificada por una buena razón. Ávila (2001, 87).

La siguiente investigación se planteará un diseño en el cual se toma solo en cuenta la estructura metálica para el almacén requerido, en el cual se tendrá los planos de las estructuras mas no el de arquitectura.

Así mismo dicha estructura esta diseñada de acuerdo a las condiciones geológicas y atmosféricas para la zona de Cuchiquipa, distrito de Caylloma, provincia de Arequipa, teniendo en cuenta que para cada zona los diseños estructurales varían.

1.8. Viabilidad de la Investigación

El fin de esta tesis es para dar una pauta y generar un antecedente para un correcto diseño de cobertura metálica, el cual servirá de apoyo y ayuda para la población de dicha zona donde se viene proyectando el diseño de cobertura, no obstante y según los antecedentes que se tuvieron en la zona se quiere determinar un estándar para poder realizar dicho diseño teniendo en cuenta todos los factores de carga que puedan afectar la cobertura, es así que se determinara pautas para realizar las conexiones, teniendo en cuenta que la normatividad peruana no se cuenta con estándares ni se especifica el diseño de dichas conexiones como se tiene en otros países vecinos, en el cual cuentan con normas vigentes.

Para realizar dicho proyecto se cuenta con todos los parámetros, información y permisos para realizar el diseño de cobertura metálica, así como tesis, libros, artículos de investigación, normas nacionales e internacionales, página web, etc., el cual será un aporte para obtener un

buen resultado, y se realizará el uso del SAP 2000 donde se realizará la simulación y modelación de la cobertura metálica que será usada como almacén por los propietarios.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

En el siguiente capítulo se desarrollará conceptos teóricos el cual se requiere en la presente investigación, dicha información servirá para el desarrollo de la misma.

Es así que nos basaremos en distintas normatividades ya sean nacionales e internacionales, las cuales mencionaremos y aplicaremos para el diseño de la estructura metálica teniendo en cuenta todos los factores que afectan a la misma y considerando el uso que se le dará a la cobertura.

2.2. Ventajas del acero como material estructural

Según Hector Soto Rodriguez (diseño de estructuras metálicas, volumen I), las estructuras del acero vienen del resultado final entre el hierro y carbono dichos materiales se mezclan, teniendo como resultado el acero el cual en la presente investigación será principal, también pueden ser adheridos a distintos componentes el cual hacen más versátil a dicho material.

Hoy en día existe una gran demanda de estructuras de acero o metálicas el cual se usan para todo tipo de construcción en todo el mundo, de tal modo existe ciertas ventajas que nos permite su uso el cual son construcciones más rápidas, alta resistencia, uniformidad, elasticidad, durabilidad, ductilidad, etc. El cual permite su uso en todas las formas y moldes.

En el mercado en general se encuentra una gama amplia de secciones, pesos y grados, el cual permitirá la optimización del diseño, realizando conexiones con pernos de anclaje o simplemente soldadas.

2.3. Desventajas en el acero como material estructural

En general los metales incluidos el acero son bien delicado al fuego, ya que sus resistencias se reducen considerablemente a temperaturas muy altas, además, de ser un conductor de calor, de tal manera la composición

del acero de un edificio debe de protegerse por medio de materiales que contengan propiedades aislantes o contemplar el acondicionar un sistema contra incendios, los cuales cumplirá de manera segura los requisitos ante el fuego.

El acero al estar expuesto a los distintos cambios climáticos, aire y agua, este es muy susceptible a la corrosión, llegando a alterar sus características, por consiguiente, se tiene que proteger mediante pintura periódicamente, es así que en algunos casos se usa cobre como un ingrediente anticorrosivo.

Los distintos perfiles metálicos tienen la característica de tener una gran resistencia a la compresión, se debe de tener en cuenta que si dicho elemento llega a ser demasiado largo y con una esbeltez notoria este puede llegar a sufrir daños por pandeo, es así que se debe de realizar una compensación realizando la rigidización de la estructura, llegando este a aumentar el costo de la infraestructura metálica, debido a estos temas se debe conseguir que la estructura trabaje a esfuerzos límites y no a esfuerzos variables.

2.4. Propiedades del Acero

El acero tiene distintas propiedades esto según Orihuela y Dávila (2016), las cuales son:

- Coeficiente de Poisson (ν): 0.3
- Coeficiente de dilatación térmica (α): $1.2 \times 10^{-5} \text{ (C}^\circ\text{)}^{-1}$
- Módulo de elasticidad (E): $2.10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- Esfuerzo de fluencia (F_y): 2.53 ton/cm^2
- Peso específico (δ): 7.85 kg/m^3
- Esfuerzo de fractura (F_u): 4.08 ton/cm^2

Se sabe que todas las estructuras conformada por estructuras de acero a consecuencia de las fuerzas de los vientos, son propensas a sufrir agites, esto sucede también con las fuerzas de sismo y hasta el propio peso de la estructura, es así que todas estas cargas perjudican a la estructura

metálica y teniendo en cuenta la ubicación en donde se construirá dicha cobertura, de tal manera es necesario implementar un buen diseño estructural el cual permitirá resistir tales daños y así garantizar que la cobertura metálica tenga un control de resistencia, ductilidad y rigidez.

Se tiene una variedad de perfiles de acero, dentro de los más principales están se sección tipo S, L, W, C y T, de los cuales se pueden establecer características, esto dependiendo del uso y solicitud del usuario.

2.5. Normas a emplear

En la presente investigación se hará el uso de distintas normas, ya sean nacionales e internacionales teniendo así las siguientes:

2.5.1. RNE

- E020. Norma de Cargas
- E030. Norma de Diseño Sismorresistente
- E090. Norma de Estructuras metálicas

2.5.2. Normas Internacionales

2.5.2.1. Combinaciones de cargas

- ASCE 7-10: “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures”, Cargas mínimas de diseño para edificaciones y otras estructuras.
- IBC 2012: “International Building Code”, Código internacional de la construcción.

2.5.2.2. Diseño para el Acero

- AISC 325-11 “Steel Construction Manual” Manual para la construcción en acero.
- AISC 341: “Seismic Provisions for Structural Steel Building” Provisiones sísmicas para edificios de acero.
- AISC 358: “Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications” Conexiones precalificadas para pórticos especiales

resistentes a momentos y pórticos intermedios resistentes a momentos para aplicaciones sísmicas.

- AISI 2007: “North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members” Especificación norteamericana del diseño de miembros estructurales formados en frío.
- AISC Guide Design N°1: “Base Plate and Anchor Rod Design”, Diseño de pernos de placa base y pernos de anclaje.
- AISC Guide Design N°7: “Industrial Buildings Roofs to Anchor Rods”.

2.5.2.3. Soldadura

- AWS D1.1 “Structural Welding Code” Códigos en la soldadura para estructuras.

2.6. Configuraciones estructurales

De los elementos estructurales existentes para las coberturas metálicas resistentes son los siguientes:

2.6.1. Soportes

Son elementos verticales que soportan principalmente esfuerzos de compresión, aunque también parte de compresión, sobre todo en los elementos más esbeltos donde logra sufrir pandeo.

Estos elementos transmiten las cargas verticales las cuales se trasladan al suelo por medio de bases y cimientos, cabe mencionar que estos últimos también se tiene que diseñar, esto de acuerdo a un estudio de suelo realizado previamente.

Al realizar el predimensionamiento de un soporte se debe tener en cuenta la carga que recibirá este teniendo en cuenta las cargas vivas y muertas, también debemos de considerar el tipo de acero a

usar, la longitud de soporte esto con el fin de saber si es que existirá pandeo, y la carga axial que se genera por la compresión.

Para las estructuras metálicas se consideran varios tipos de soporte de acuerdo a nuestro diseño, los cuales son:

- Soporte tipo simple; es aquel que se encuentra formado por uno o varios perfiles.

Este soporte simple por estar conformado por un solo perfil este exige menor trabajo para la preparación de acuerdo a la forma en la cual se está diseñando, es así que al momento de trabajar con este tipo es de menor trabajo.

Dentro de todos los modelos, los más usados son los de tipo H, ya que estos ya que se tiene sección abierta y son trabajables con mucha facilidad en los nudos, y poca mano de obra, estos pueden ser usados en cualquier tipo de apoyo.

De los soportes más comunes usados para las estructuras metálicas son los formados por 2UPN.

- Soporte tipo compuesto; este tipo se obtendrán uniendo perfiles separados, dichos perfiles son enlazados por varios elementos de manera transversal de forma discontinua, es así que pueden unirse mediante celosías o presillas.
- Soporte tipo mixto; es aquel que se encuentra conformado con un soporte mixto armado y un soporte metálico.

2.6.2. Vigas

Este tipo de elementos son los que trabajan exclusivamente a flexión, conformados horizontalmente, en su mayoría de veces

suelen optar la forma tipo I, este tipo son los más usados, ya que estos tienen el mayor módulo de resistencia y obtener máxima inercia.

Estas vigas al recibir cargas verticales producen en su sección momento flector, torsión y esfuerzo cortante, dichas cargas son transmitidas hacia las columnas y de ahí a los apoyos o cimentaciones.

La clasificación de las vigas se divide de la siguiente manera:

- Vigas simples; los más usados son los perfiles laminados IPN, ya que el costo correspondiente a la mano de obra es mínimo, ya que en muchas ocasiones el corte del perfil es suficiente de acuerdo a la medida deseada, otro perfil más usado es el IPE, este de igual forma resulta muy económico, ya que tiene un alto rendimiento mecánico, así como en la utilización en los empalmes y uniones ya que estos proporcionan el espesor indicado que sea uniformes en las alas.
- Vigas múltiples; son aquellas que están conformadas por perfiles I los cuales están adosados por dos o más de las mismas características, los cuales están unidos mediante tornillos, pasantes, presillas, etc, estos a través de elementos como perfiles.
- Vigas reforzadas; son aquellas que están reforzadas con chapas o pletina, se aplica esto ya que se lograra conseguir economizar en cuestión del uso de materiales, para lograr esto se debe de tener en cuenta los valores relativos del refuerzo, dichos refuerzos se utilizan cuando los valores de módulos resistentes (W) sean mayores a los existentes en el mercado.

- Vigas armadas; este tipo de vigas o jácenas están conformadas a través de varias platinas, chapas o laminas, las cuales se unen mediante roblones, tronillos, angulares o lo más común soldadura. Según las solicitaciones de parte del área usuaria se tiene el perfil lamino no obstante se puede encontrar una viga armada de menor peso que se adecue a lo solicitado. Hay que tener en cuenta que estos perfiles laminados existentes son de menor coste que las vigas armadas, ya que influye bastante la mano de obra de fabricación.
- Vigas aligeradas; son aquellas jácenas que tiene la zona del alma aligerada, estas son las más usadas en aquellas construcciones donde las luces sean grandes y cargas moderadas las soluciones con este tipo de viga pueden resultar muy económicas, este tipo de viga tiene diversas designaciones las cuales pueden ser como vigas void en panal de abeja, vigas alveoladas, etc.
- Vigas de celosía; son las más usadas en construcciones de estructuras metálicas, por el mismo hecho de que son muy útiles para luces grandes para edificaciones industriales, en base a la distancia de luz libre, el peso de la viga inferior y a la viga del alma llena, se tiene que tener en cuenta que el coste de una estructura metálica depende de 3 factores los cuales son precio, fabricación y montaje de los elementos estructurales, teniendo una variación en los últimos dos ya que estos podrían variar según las circunstancias que se dieran en el momento. Teniendo en cuenta los efectos de resistencia entre una viga de celosía con respecto a la viga de alma llena, se conoce que esta última está compuesta por tensiones

máximas correspondiente al agotamiento ubicado en dos puntos de su sección, sin embargo, en una barra triangulada se logra ubicar en toda la sección, hasta que estos cordones como en las diagonales se agoten uniformemente, sabiendo que dichas barras que trabajan a compresión tienen que dimensionarse de acuerdo al pandeo.

Estas vigas de celosía vienen constituidas por; cordones ya sea superior e inferior, elementos estructurales como montantes, diagonales y unidas mediante soldadura, cartelas tornillos, etc, estos en base a planos diseñados para su ejecución.

Existen una variedad en cuestión de vigas de celosía, dependiendo según el trazo de cordones de soldadura y las disipaciones que se tiene en forma triangular, no obstante, existe varios tipos de vigas los cuales son, Howe, Pratt y Warren.

Para poder realizar el cálculo de las vigas estas se rigen en tres puntos importantes los cuales son:

- Primer principio: se debe de tener en cuenta los ejes que coinciden en un nudo, deben de llegar al mismo nudo sin excepciones.
- Segundo principio: todas las cargas que soporte la viga debe de estar contenida en la misma, considerando así que la colocación de los perfiles a usar deben de ser simétricos con respecto al plano de la cercha.
- Tercer principio: al realizar el cálculo del diseño estructural correspondiente a las estructuras triangulares, solicita que todas las cargas consideradas deben de estar apoyadas en los nudos directamente.

2.6.3. Correas

Son aquellas vigas son aquellos que soportan su propio peso, así como el peso de carga de nieve y viento, estas están debidamente apoyadas en pórticos o cerchas, estas se encuentran habitualmente en un plano inclinado, por ende, al momento de sufrir algún daño estas se flectan en el sentido de la inclinación que se encuentran, se debe de tener en cuenta que la separación de estas estructuras depende de la cubierta a usar.

La unión para los apoyos de las correas se hará mediante uniones soldadas, empernadas o remachadas.

Estas correas se calcularán como una tipa de viga apoyada, en el cual la carga será uniformemente distribuida., los más usado son perfil Z, perfil simple T, perfil IPN o vigas de celosía.

2.6.4. Arriostramiento

Su función principal es el transmitir aquellos esfuerzos producidos por la carga de viento frontal el cual se da hacia las paredes laterales y pórtico extremo, las cuales serán transmitidas hacia el suelo.

El más usado es el de forma de aspa también conocido como la Cruz de San Andrés, las cuales se colocan entre dos cerchas o pórticos, de tal modo que puedan cubrir varias o todas las correas, para así se pueda evitar el tener ángulos para así repartir los esfuerzos existentes hacia las barras.

Debido a que el arriostramiento es estáticamente indeterminado, implica realizar el cálculo del diseño respectivo para poder lograr obtener un resultado óptimo para dicho arriostramiento.

Este diseño hay que realizarlo en base a la diagonal está trabajando bajo tensión, su opuesta o contra diagonal debe de

estar a compresión, es así que se debe de tomar dos métodos de análisis los cuales son:

- Si las diagonales se diseñan de forma esbelta, se debe de saber que estas no aguantaran esfuerzos bajo compresión, ya que si se aplica dicho esfuerzo estas se pandearían con mucha facilidad, es así que para que estas fuerzas cortantes sean absorbidas se coloca o se toma en cuenta las diagonales bajo tensión y estas diagonales bajo compresión se tomara como un elemento el cual no trabajara.
- Si estas diagonales se diseñan robustas, estas serán las encargadas de recibir las fuerzas de compresion y tensión, en tal sentido se toma a la mitad cada diagonal y se divide dicha fuerza respectivamente para que estos la soporten.

2.6.5. Tipos de Uniones

Estas uniones se dividen en:

- Uniones atornilladas; Según Bermúdez (2005), este tipo de unión es un perno o esparrago hilado respectivamente con cabeza generalmente hexagonal, el roscado con el que cuenta puede llegar a cubrir hasta la cabella del tornillo, son elementos que se fabrican fácilmente de acuerdo al cálculo realizado para la unión. El uso de arandelas permitirá que el contacto de tornillo y los elementos se unirán tengan mayor área de contacto, cabe señalar que dichas arandelas fallan ya que estas no son uniformes. Se debe de tener en cuenta que el espesor de los elementos a usar no debe de exceder en la longitud del tornillo, en lo cual se debe de tener en cuenta las distancias mínimas existentes lo cual va a depender del diámetro, este tornillo deberá de sobresalir una vez sea ajustada la tuerca del mismo.

Estas uniones que se realizaran de manera atornillada de forma simple pueden ser de dos tipos; deslizamiento crítico y aplastamiento.

Atornillamiento por aplastamiento, todos los esfuerzos son transmitidos haciendo contacto directo entre los elementos ya perforados y el tornillo respectivamente.

Atornillamiento por deslizamiento crítico, las fuerzas se transmitirán ya que los elementos a unir realizan fricción es así que se requiere que dicha tracción sea equivalente al 70% de la resistencia mínima especificada esto en función a la tracción que existe en el tornillo(Bermúdez, 2005, p.32).

- Soldadura para elementos estructurales; Para este tipo de unión hay que tener en cuenta el grado con el que se hará la soldadura, para la ejecución de este tipo de trabajo se debe de tener en cuenta un procedimiento de cómo se realizará para así no tener inconvenientes al momento de realizar dicho trabajo, teniendo en cuenta que esta aplicación debe de ser la óptima para así obtener una continuidad en la unión de los elementos metálicos con dicha unión (Pascual, 2009, p.31).

Se tiene distintos métodos de soldadura en el cual se puede aplicar los siguientes métodos según Pascual (2009, p.35).

- Soldadura semiautomática bajo protección gaseosa.
- Soldadura semiautomática con hilo tubular.
- Soldadura manual con electrodo recubierto de tipo rutilo o básico.
- Soldadura automática con arco sumergido.

2.7. Especificaciones en el Diseño

2.7.1. AISC, Diseño de estructura metálica

El método AISC toma en cuenta el diseño por medio de factores de resistencia y carga por medio de LRFD, Load and Resistance Factor Design, dicho método toma en cuenta los estados límites de la resistencia con las de servicio, los cuales se utilizan en base a una condición que se tiene dentro de una estructura.

Este estado se determina de acuerdo a su capacidad de poder sufrir distintas cargas. Debiendo de tener en cuenta que pueden existir situaciones de fluencia, esto debido a la fractura proveniente del pandeo o hasta incluso por la fatiga que se pueda dar y el estado límite de servicio se inclina por el comportamiento del elemento ya sea deflexión, agrietamiento, deslizamiento o por el deterioro al paso de los años.

Es así que viendo distintos diseños estructurales y visualizando su comportamiento con el paso de los años, se observó que dichos elementos no solo trabajan a con los esfuerzos existentes, sino que estas vienen sujetas a una serie de fuerzas las cuales se combinan, llegando incluso a amplificar cada una de ellas en base a las que actúan en la estructura. Por tal motivo se planteó la relación entre la carga producida y la resistencia, de manera que así se pueda minimizar la probabilidad de falla, en la cual puede ser por falla de servicio o por tener poca resistencia.

2.7.1.1. Método LRFD, combinaciones de carga

Para este método, se planteó que cada carga que actúa en la estructura a diseñar sea multiplicado por un factor de seguridad, en su mayoría este valor tiende a ser mayor a 1.0, y es así que se denomina cargas factorizadas. Lo que se busca es hallar la envolvente de los valores mayorados ya sea en el cálculo para momentos, cortantes, fuerzas axiales, etc. Se tiene que tener en

cuenta que estos no pueden sobrepasar la resistencia nominal del elemento multiplicándolo por un factor de reducción (ϕ).

Estas combinaciones para este método se realizaron para considerar las condiciones mas desfavorables en el elemento, ya sea por viento o nieve, siendo las siguientes (McCormac 2012:53-54):

1. $U=1.4D$
2. $U=1.2D+1.6L+0.5(L \text{ o } S \text{ o } R)$
3. $U=1.2D+1.6(L \text{ o } S \text{ o } R) + (L^* \text{ o } 0.5w)$
4. $U=1.2D+1.0W+L^*+0.5(L \text{ o } S \text{ o } R)$
5. $U=1.2D+1.0E+L^*+0.2S$
6. $U=0.9D+1.0W$
7. $U=0.9D+1.0E$

(*) Se tiene en cuenta que en los puntos (3), (4) y (5) se considerara la carga viva (L) como (1). Esto es para pisos de reunión pública, aquellas cargas que sobrepasen los 100kg/m² para las cargas destinadas a estacionamientos, en otra situación se reducirá a la mitad (0.5).

Dichas abreviaturas se interpretarán de la siguiente manera (McCormac 2012: 54):

U= carga factorizada o de diseño

D= carga muerta

L= carga viva según su función

S= carga de nieve

R= carga nominal a la precipitación pluvial o hielo

W= carga de viento

E= carga de sismo

2.7.2. Cargas de diseño

Las cargas consideradas en este punto se dividen en dos, unas que corresponden a cargas de gravedad las cuales son esfuerzos internos de la estructura y cargas ambientales las cuales provienen de los esfuerzos externos que afectan a la estructura.

2.7.2.1. Cargas de gravedad

Estas cargas son las producidas por la carga muerta de la cobertura metálica (elementos de la estructura) y cargas vivas (producto de aquellas que son móviles)

✓ Carga muerta

Son aquellas de magnitud constante las cuales permanecen fijos en el sitio donde fueron colocados. Se tomará en cuenta el peso propio de cada elemento estructural y de aquellos elementos que estas sujetas a la misma como cargas muertas. Al realizar un diseño se debe de considerar el peso de cada elemento, en el cual se realizará un predimensionamiento, partiendo de asumir un perfil inicial el cual tiene dimensiones y pesos esto de acuerdo al Manual de Acero.

✓ Carga viva

Estas se consideran en función al tipo de estructura que se usara para la cobertura metálica, en este caso se solo se contara con la cubierta metálica teniendo en cuenta una carga de 100kg/m², caso contrario se puede considerar una carga conforme a la carga muerta aplicada sobre el área a diseñar dicho almacén, esto en función a espacios con luces mayores a 2.50m (Cfr. E.020 2006:9).

2.7.2.2. Cargas ambientales

Estas cargas son las cuales se produce por el medio ambiente en donde se ubicará la estructura metálica, las cuales son las siguientes:

✓ Carga de nieve

Esta carga se debe tener en cuenta en la zona de la sierra del Perú, estas cargas se producirán en temporadas de baja temperatura. Se tiene como valor mínimo según la Norma E.20 de 40kg/m², equivalente a 0.40 m de nieve fresca.

Para:

$$\theta \leq 15^\circ \quad Q_t = Q_s \quad (1)$$

$$15^\circ < \theta \leq 30^\circ \quad Q_t = 0.8Q_s \quad (2)$$

$$\theta > 30^\circ \quad Q_t = [1 - 0.25(\theta - 30^\circ)]0.8Q_s \quad (3)$$

Donde:

θ = ángulo de inclinación del techo a una o dos aguas

Q_t = carga de diseño

Q_s = carga de nieve sobre el suelo

✓ Cargas de lluvia

Estas cargas aparecen mayormente en la zona selva del Perú y zonas con alta precipitación. Si se tiene un techo que no cuenta con cierta pendiente estas producen cargas considerables para dicha cobertura. Si se va a considerar una cobertura a dos aguas, no se tomara en cuenta la carga de lluvia ya que esta tiene una inclinación central en la estructura.

✓ Cargas de viento

La carga de viento varía en todo nuestro territorio teniendo valores distintos tanto en la costa, selva y sierra del Perú, siendo en nuestro caso la zona de la sierra en el cual los vientos son fuertes y concentrados, esto por la presencia de la cordillera que redirige el viento, siendo la más importante en nuestro diseño ya que la ubicación se encuentra en la sierra de Arequipa, debemos de saber que estas cargas de viento pueden llegar a ser mucha más críticas que las cargas de sismo.

En este caso de la cobertura metálica se asumirá que la carga de viento es aplicada uniformemente sobre toda la superficie de contacto, se debe de tener en cuenta de que las presiones se van a considerar de la misma manera, en este caso se considerara asumir parámetros para simplificar dicho sistema. Se recomienda que estos valores que se consideraran hayan sido medidos en un periodo mínimo de 33 años.

Se cuenta con un mapa donde se muestra las grafica de las curvas de velocidad, en un periodo de retorno de 50 años, es así que en la zona de Caylloma llega a 15 km/h.

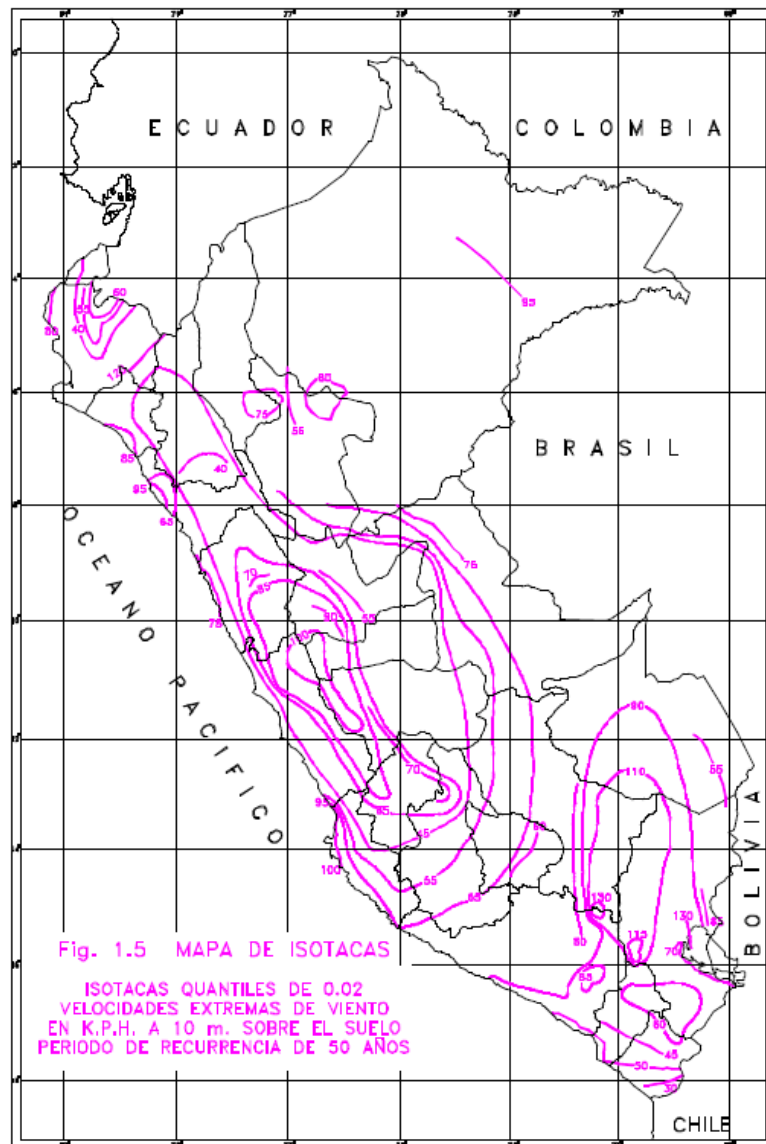


Figura 7. Mapa eólico del Perú, periodo de retorno 50 años

Fuente: Zapata Baglieto - Diseño en Acero

✓ Carga de sismo

Para la obtención de esta carga tendremos en cuenta la Norma E.030, donde la fuerza cortante se basará en la siguiente ecuación:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P \quad (4)$$

Donde:

V = cortante basal (kg)

Z = factor de zona sísmica

U = factor de uso e importancia

C = factor de amplificación sísmica

S = factor de tipo de suelo

R = coeficiente básico de reducción sísmica

P = cargas de gravedad (kg)

Cada coeficiente tiene sus restricciones y particularidades para el análisis, cada valor se obtiene de la siguiente manera:

- Factor de zona sísmica (Z)

Según la actual norma, este valor se divide en (4) zonas de peligro sísmico, las cuales son:



Figura 8. Mapa de zonas sísmicas

Fuente: E.030

Estos factores son obtenidos para una aceleración máxima horizontal en el suelo, teniendo en cuenta un 10% de ser excedido en 50 años (Norma E.030), se tiene la siguiente tabla:

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Tabla 1: Factores de zona

Fuente: Norma E.030

- Factor de uso e importancia (U)

De acuerdo a la función que cumpla la estructura que se analizará se le deberá dar un mayor valor, ya que se busca que este soporte eventos o desastres por mas tiempo que una estructura convencional, de la cual se distribuye de la siguiente manera:

CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A	Establecimientos de salud, edificaciones esenciales, todas aquellas edificaciones que puedan servir a refugio después de un desastre.	1.5
B	Edificios con gran cantidad de personas como cines, teatros, estadios, centros comerciales, etc.	1.3
C	Edificaciones comunes tal como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, entre otras.	1.0
D	Edificaciones temporales como son los depósitos, casetas.	A criterio del proyectista

Tabla 2: factores de uso según categoría de edificación.
Fuente: Norma E.030

- Factor de suelo (S)

Este factor se divide en 4 categorías, las cuales son: Roca dura (S_0), Rocas a suelos muy rígidos (S_1), Suelos intermedios (S_2) y Suelos blandos (S_3), en el cual nos basaremos según la siguiente tabla:

Zona / Suelo	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Tabla 3: Factores de suelo
Fuente: E.030

- Factor de amplificación sísmica (C)

Se debe de tener las siguientes condiciones:

Si:

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_l \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_l \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p \times T_l}{T^2} \right)$$

Teniendo en cuenta que los valores de T_p y T_l se obtendrá de la siguiente tabla:

Periodo/Suelo	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p	0.3	0.4	0.6	1.0
T_l	3.0	2.5	2.0	1.6

Tabla 4: Obtención de periodos T_p y T_l
Fuente: E.030

El valor de T (Periodo fundamental de vibración), se obtendrá de la siguiente ecuación:

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

Donde:

h_n = altura de la edificación

$C_t = 35^\circ$ para pórticos de concreto armado son muro de corte y pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, 45° para pórticos de concreto armado con muros de ascensor y pórticos de acero con arriostres y 60° para edificaciones de concreto armado con muros de ductilidad limitada.

- Coeficiente básico de reducción sísmica (R)

Para la obtención de dicho valor nos basaremos en la siguiente tabla:

Sistema Estructural	Coeficiente básico de reducción
Acero:	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	7
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	6
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	8
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	6
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
Concreto armado:	
Pórticos	8

Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería armada o confinada	3
Madera	7

Tabla 5: Coeficientes de reducción sísmica
Fuente: Norma E.030

Se debe de tener en cuenta que estos valores son validos siempre y cuando la estructura sea regular, caso contrario los valores de la tabla 4 por factores de irregularidad esto según norma E.030.

- Cargas de gravedad (P)

Son las cargas muertas y vivas, donde se considera como un porcentaje de las mismas teniendo en cuenta lo siguiente:

- Edificaciones tipo A y B se tomará en cuenta 100% carga muerta y 50% carga viva.
- Edificaciones tipo C se tomará en cuenta 25% carga viva.
- En depósitos se tomará en cuenta el 80% total de lo que pueda almacenar.
- Para azoteas y techo se considera 25% carga viva.
- En tanques, silos y estructuras similares se usará el 100% de carga a contener.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño para la Investigación

3.1.1 Tipo de investigación:

La presente tesis de investigación tiene como función indagar sobre alguna respuesta la cual se aplicará al problema que se tiene o consultas que tiene el público en general, en el cual nos basaremos en informaciones de carácter tecnológico ya realizado de acuerdo a la investigación fundamental teniendo en cuenta los procedimientos que se relacionan entre teorías y solución (Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria, 2014 pág. 34).

En ese sentido en la realización de este proyecto nos basaremos en principalmente en incorporar información a un problema teniendo así objetivos principales a solucionar.

3.1.2 Diseño de Investigación:

Según Kerlinger (2002), pág. 83 afirma lo siguiente:

Nos indica que por lo general se le denomina si ya que este contiene un plan y una estructura de estudio. “Es el plan y estructura de una investigación concebidas para obtener respuestas a las preguntas del estudio”.

Por consiguiente y basándonos en lo que se indica, este diseño de investigación busca la manera de conceptualizar un problema de la investigación para así buscar la forma de como ingresarlo en una estructura el cual nos servirá de guía para realizar la experimentación.

Es así que esta investigación es descriptiva, porque es un tipo de diseño en el cual nos basaremos en teorías el cual se realizara una recopilación de estas, para posteriormente realizar el análisis y representación de estos en los resultados a obtener.

3.1.3 Nivel de la Investigación:

Para esta investigación será de tipo descriptivo, esto según Valderrama (2013), donde nos dice que “Consiste en dar a saber todas las características más importantes de la investigación y así dar a saber un resultado” (pág. 80).

En la tesis el objetivo para este tipo de investigación debe ser únicamente el establecer la descripción más completa en todo sentido de acuerdo a un fenómeno o situación que se dé en base al problema planteado. En el cual se medirá las características observado la configuración y procesos que componen los fenómenos os, sin pararse a valorarlos.

3.1.4 Enfoque:

Según lo descrito por Hernández, Fernández y Baptista (2014, pág. 4), nuestro enfoque será cuantitativo el cual está basado en obras como las de Auguste Comte y Émile Durkheim.

Esta investigación cuantitativa se basa en que el conocimiento debe ser de manera objetiva, el cual se va a generar por un proceso deductivo que se realizara, en base a cálculos numéricos y análisis estadístico inferencial, en el cual se probaran hipótesis que ya se encuentran previamente formuladas. Dicho enfoque se va asociar comúnmente con prácticas y normas de las ciencias naturales y del positivismo. Este enfoque basa su investigación en casos “tipo”, con la intención de obtener resultados que permitan hacer generalizaciones (Bryman, 2004, pag.19).

Es así que esta investigación tendrá un enfoque cuantitativo ya que el desarrollo será en base a conjuntos de procesos en el cual se tendrá un fin o conclusión, dicho proceso tiene que ser de manera secuencial, obteniendo respuestas de manera probatoria, es así que no se puede evadir o dejar de lado pasos, ya que cada paso hará más confiable el procedimiento.

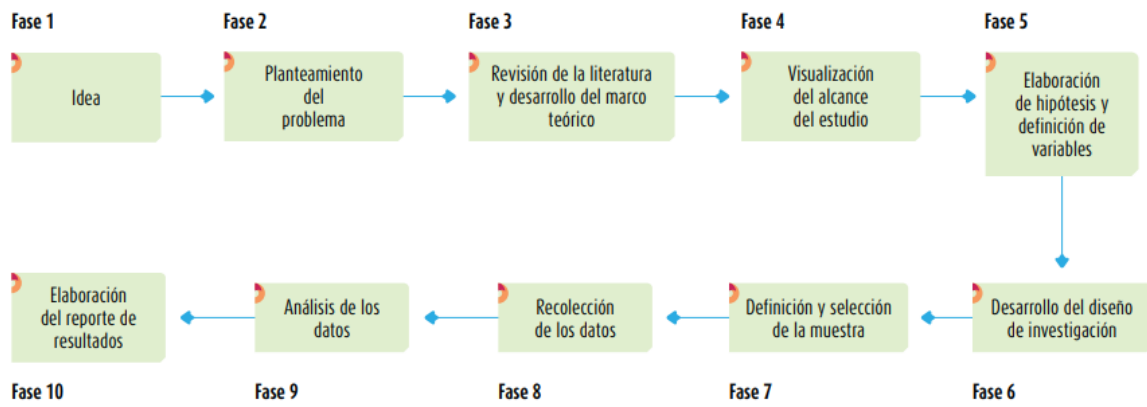


Figura 9. Hernández, Fernández y Baptista, 2014, pag. 5.

3.2. Operacionalización de variables:

3.2.1 Variables:

- V1: Factores climáticos en zonas altoandinas = V. I.
- V2: Mejoramiento del diseño estructural de coberturas metálicas = V.D.

3.3. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo son los diseños de estructuras metálicas en las zonas altoandinas, teniendo en cuenta los factores climáticos en Caylloma 2021?	OBJETIVO GENERAL Determinar el diseño estructural tomando en cuenta los factores climáticos en zonas altoandinas, en el distrito de Caylloma, 2021	HIPÓTESIS GENERAL Tomando en cuenta los factores climáticos se mejorará el diseño estructural de coberturas metálicas.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Factores climáticos en zonas altoandinas	Parámetros de zona	<ul style="list-style-type: none"> • Norma técnica peruana • Tipo de clima • Análisis estructural con software 	Método de Investigación: Lógico inductivo. Tipo de Investigación: Aplicada. Enfoque de Investigación: Cuantitativo Nivel de Investigación: Descriptivo. Diseño de Investigación: No experimental (Descriptivo).
PROBLEMA ESPECÍFICO N.º 1 ¿El terreno es el indicado para poder construir una cobertura metálica sin necesidad de mejorarlo en la zona de Cuchubambilla, Caylloma 2021?	OBJETIVO ESPECÍFICO N.º 1 Evaluar el terreno para evaluar si se puede construir una cobertura metálica sin necesidad de mejorarlo, para así evitar fallas y problemas en el diseño.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA N.º 01 En el diseño de la cobertura metálica se debe considerar las propiedades físicas del suelo para obtener un buen producto, mediante el estudio de suelo óptimo.		Condiciones climáticas	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentación • Columnas • Vigas • Anclajes • Cercha parabólica 	Método general: Científico. Población: Cobertura metálica Muestra: Elementos estructurales y no estructurales. Técnicas e Instrumentos: Técnica Observación directa no participante. Instrumentos: Ficha de recolección de datos.
PROBLEMA ESPECÍFICO N.º 2 ¿Según la zona donde se realizará la construcción al realizar el diseño consideramos todos los factores para el correcto funcionamiento de la cobertura?	OBJETIVO ESPECÍFICO N.º 2 Considerar en el diseño todas las cargas según la ubicación geográfica donde se realizará dicho proyecto.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA N.º 02 Diseñar la cobertura debe haciendo el uso de todas las cargas, teniendo en cuenta los factores climáticos.	VARIABLE DEPENDIENTE: Mejoramiento del diseño estructural de coberturas metálicas	Estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura TR4 	
PROBLEMA ESPECÍFICO N.º 3 ¿Se diseñó correctamente la cobertura metálica, realizando un correcto modelamiento y teniendo los diseños adecuados para cada parte de la estructura en la zona de Caylloma 2021?	OBJETIVO ESPECÍFICO N.º 3 Modelar dicha propuesta de diseño, teniendo en cuenta todos los factores para poder así comprobar que lo diseñado funcionara correctamente en la zona de Caylloma 2021.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA N.º 01 Realizar el modelamiento de la propuesta de diseño para coberturas metálicas en zonas altoandinas.		No estructural		

Figura 10. Matriz de consistencia.

3.4. Población y muestra:

3.4.1 Población:

En base a lo que nos indica Arias (2006, pág. 81), define población como el grupo o conjunto de uno o varios elementos los cuales tienen características similares, en el cual se tiene que aplicar en generales las conclusiones realizadas a la investigación. Es así que esta quedara fijada por los problemas planteados y objetivos del estudio”.

En ese sientto esta, se definirá la población específicamente para la zona de Cuchuquipa ubicada en Caylloma Arequipa.

3.4.2 Muestra:

Según Valderrama (2007, pág. 16), nos indica que las muestras son como un conjunto de piezas o población, elegida estratégicamente por parte del investigador, que esta nos servirá para el resultado definitivo esto en beneficio de todo el conjunto.

La muestra de esta investigación se tomará la cobertura metálica en general la cual esta siendo proyectada en la zona de Cuchuquipa, Caylloma, Arequipa.

3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:

3.5.1 Técnica:

Según Hernández (2006), indica que para la recolección de datos nos basaremos en 03 actividades, estas deben de estar vinculadas entre sí, las cuales son:

- Elegir algún método de recolección de datos o algún tipo de instrumento para realizar dicha tarea.
- Aplicación de los datos tomados según el instrumento elegido.
- Adjuntar información para así tener toda la documentación según a los datos obtenidos.

El poder lograr ejecutar estas tres actividades previas, se debe considerar las siguientes metodos: observación, entrevista, encuesta y pruebas estandarizadas, Borja (2016, pág. 33).

En la presente investigación se planteará la observación directa, ya que se debe de tener en cuenta las características de diseño, así mismo saber el lugar donde se aplicará dicho diseño teniendo en cuenta todos los factores que influirán en el mismo.

3.5.2 Instrumento de recolección de datos:

Se manejará mediante fichas, las cuales se realizará al propietario en el cual nos indicará sus necesidades para la elaboración de la presente investigación.

CAPÍTULO IV: DISEÑO ESTRUCTURAL Y ANALISIS DEL MISMO

4.1. Descripción del Proyecto

La estructura está conformada por un techo a 2 aguas, sostenido por 8 pórticos metálicos resistentes a momentos. Además, se tienen cerramientos laterales parciales desde la altura de 4.45 m hacia arriba.

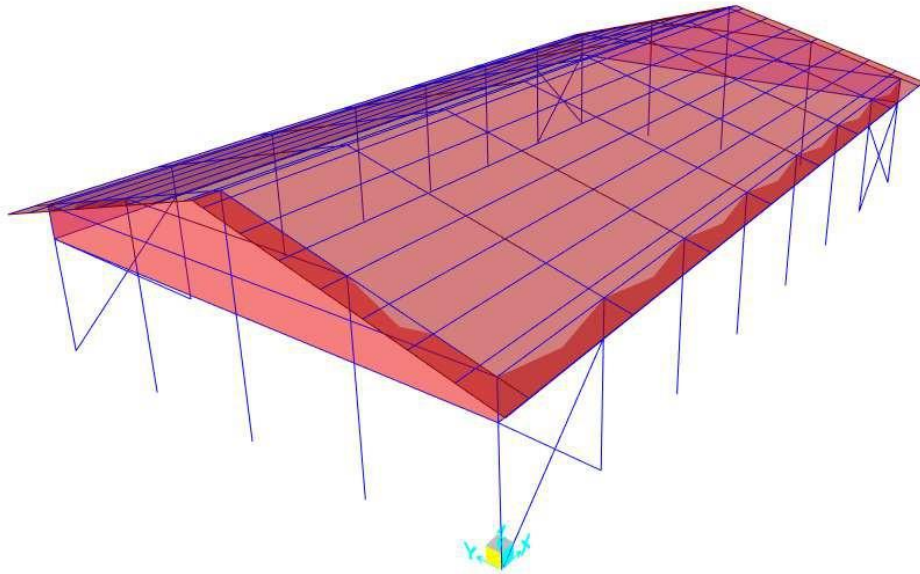


Figura 11. Vista 3D de estructura metálica

4.2. Sistema Estructural

Para realizar el diseño estructural de los elementos con el que se compone se hará la utilización de la norma E.090 Estructuras Metálicas.

Las columnas y vigas, las planchas de las conexiones, tubos rectangulares, ángulos y arriostres de fierro liso son de calidad ASTM-A36. Las correas utilizadas en los techos y cerramientos laterales son ASTM A1011 gr. 36. Los pernos de las conexiones de pórticos principales son ASTM-A325, mientras en viguetas de techo y cerramientos pueden utilizarse pernos ASTM-A307. Para el anclaje de las planchas base en las zapatas se tiene varillas ASTM A193 B-7.

Las columnas y vigas son perfiles W de 35 cm de peralte, con conexiones a momento. En la dirección transversal, se tienen vigas W de 20 cm de peralte y arriostres de fierro liso de 5/8" de diámetro. En el techo se tienen

correas Z de 10", arriostradas a cada tercio de su luz mediante arriostres transversales de fierros lisos de 1/2". También se tienen arriostres diagonales en el techo de fierros lisos de 5/8". En los cerramientos laterales se tienen correas C de 6" y arriostres de fierros lisos de 1/2".

4.3. Consideraciones generales para el análisis

El peso por carga muerta que soporta la cobertura metálica es de 30 kg/m² aproximadamente.

Para techos con coberturas livianas, la carga viva mínima para cualquier pendiente es 30kg/m², valor considerado en el diseño.

Para las cargas sísmicas revisar la sección 2.4 Análisis Espectral donde se explica el procedimiento para la asignación de cargas de sismo para la estructura.

Para determinar la carga de viento se consideró una velocidad de 80 km/h.

Los valores que se tiene por cargas de gravedad de gravedad se tomaran en cuenta según la Norma E.020. Lo que se debe de tener en cuenta es que todas las sobrecargas con las que se contarán se tomaran en cuenta como cargas vivas y cargas muertas.

Azoteas 30kg/m²

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

$P_h = 0.005CVh^2$

El factor “C”, se asumirá según tabla de la Norma E.020

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
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 45°	±0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 -0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.7 -0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6
Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas) paralelas a la dirección del viento	-0.7	-0.7
* El signo positivo indica presión y el negativo succión.		

Tabla 6: Factores de forma (C)*
Fuente: Norma E.020

Y el viento interior se obtiene de la siguiente tabla:

Aberturas		
Uniformes en lados a barlovento y sotavento	Principales en lado a barlovento	Principales en lado a sotavento o en los costados
± 0.3	+0.8	-0.6

Tabla 7: Factores de forma para determinar cargas adicionales en elementos de cierre (C)

Fuente: Norma E.020

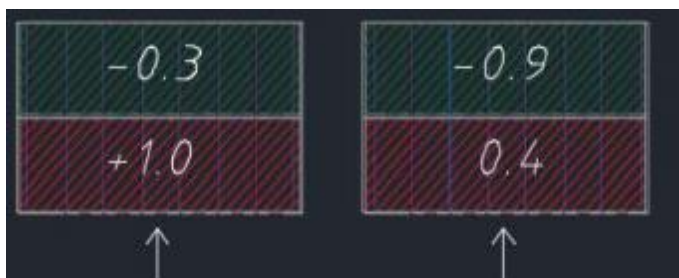
Es así que se muestra los valores de C, para los diferentes casos analizados:

Dirección Y

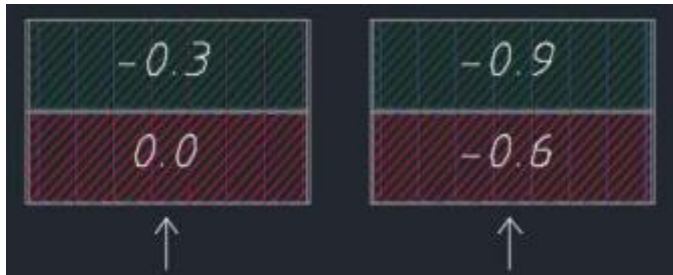
Casos 1 y 2:



Casos 3 y 4, donde se añadió y resto la presión del viento al caso 1:



Casos 5 y 6, donde se añadió y resto la presión de viento al caso 2:

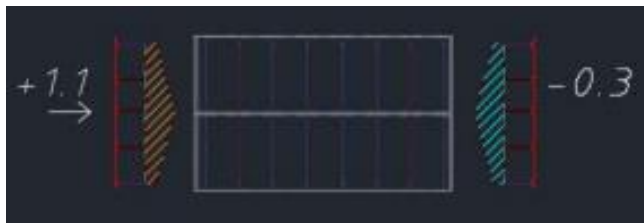


Dirección X

Caso 1:



Caso 2, donde se aumentó la presión del viento interior



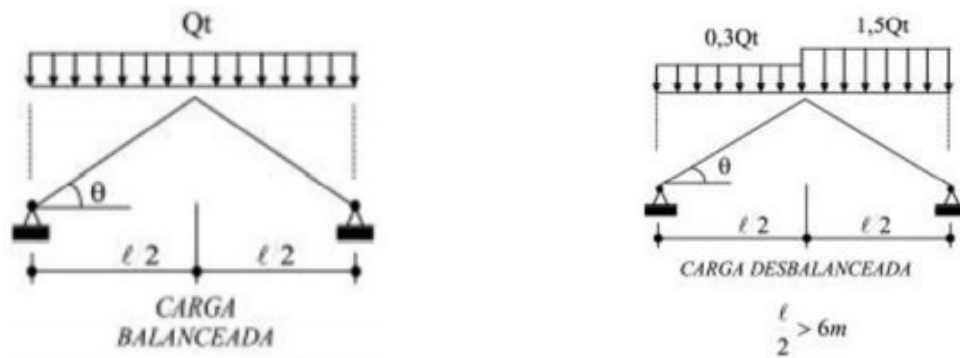
Caso 3, donde se resta la presión del viento interior



Cargas de nieve

Se ha considerado como carga básica de nieve sobre el suelo $Q_s = 100\text{kg/m}^2$ y la carga sobre el techo por tener pendiente mayor a 15° será de $Q_t = 0.80 * Q_s$, teniendo el valor de $Q_t = 80\text{kg/m}^2$.

Para el caso de la carga de nieve se tendrá casos de carga balanceada y desbalanceada:



4.4. Análisis sísmico

Dada la sismicidad de la zona geográfica del proyecto, es necesario realizar un análisis del comportamiento del edificio bajo solicitaciones sísmicas.

El objetivo de este análisis será dotar a las edificaciones de la rigidez, resistencia y ductilidad adecuadas para cumplir con los requisitos que exige la Norma E.030 Diseño Sismo Resistente.

4.4.1 Parámetros considerados

El análisis sísmico se realizó en base a lo indicado por la Norma E.030. teniendo como parámetros en el cual se definirá el diseño, siendo los siguientes:

Factor de Zona	Zona 3	Z=0.35
Factor de Importancia	Edificación Importante	U=1.30
Perfil de Suelo	Perfil de Suelo S2	S=1.15 Tp=0.40

Factor de Reducción	Coeficiente de reducción	Rxx=Ryy=6.0
----------------------------	--------------------------	-------------

Tabla 8: Parámetros sísmicos utilizados
Fuente: propia

4.4.2 Regularidad de las edificaciones

- Irregularidad en altura:
La cobertura metálica no tiene irregularidad en la altura , ya que se tiene elementos continuos y secciones geométricamente iguales.
- Irregularidad en planta:
No se considero evaluar irregularidad torsional en las plantas de la cobertura metálica debido a que las derivas inelásticas de entepiso de ambas direcciones se análisis se encuentran por debajo de 5%, dicho valor que la norma E.030 indica como límite máximo n estructuras metálicas para no aplicar el criterio de irregularidad torsional.
La edificación no presenta irregularidad por esquinas entrantes en las dos direcciones de análisis.

4.4.3 Espectro de diseño

Con los parámetros sísmicos ya definidos se construyó el espectro de diseño para ambas direcciones de análisis de todos los edificios del presente proyecto, que se muestra en la figura 2.

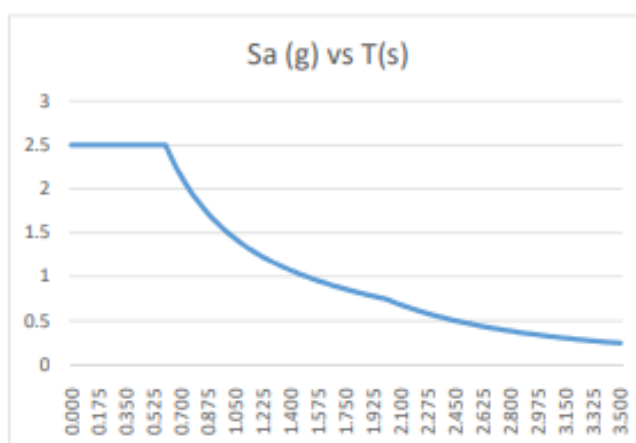


Figura 12. Espectro de diseño para las direcciones X y Y

4.4.4 Modelo para el análisis

Para el análisis estructural se empleó un modelo tridimensional construido en el programa de computación SAP 2000. Se consideró los apoyos de la base como empotrados sobre el terreno.

Se consideraron las secciones de vigas, columnas y viguetas huecas como elementos tipo Frame y las coberturas como elementos tipo Membrane. Las figuras 3 y 4 muestran algunas vistas de los modelos realizados.

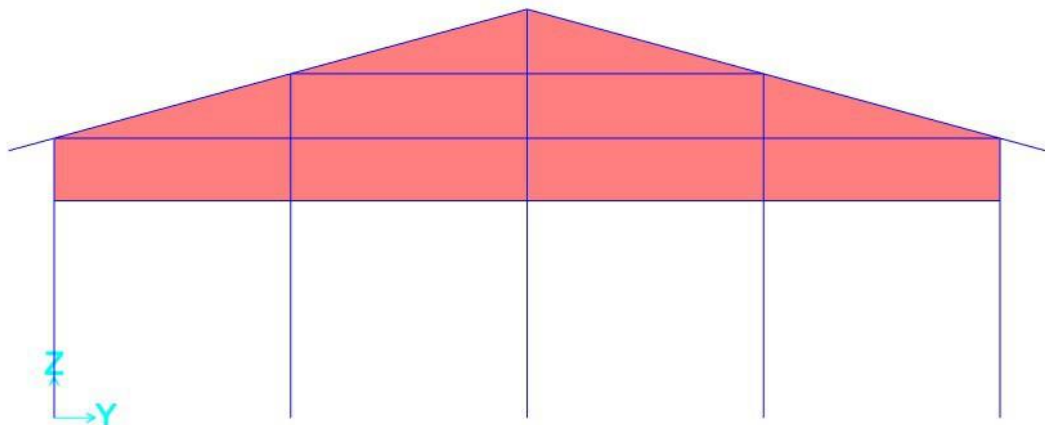


Figura 13. Pórtico principal con cerramiento

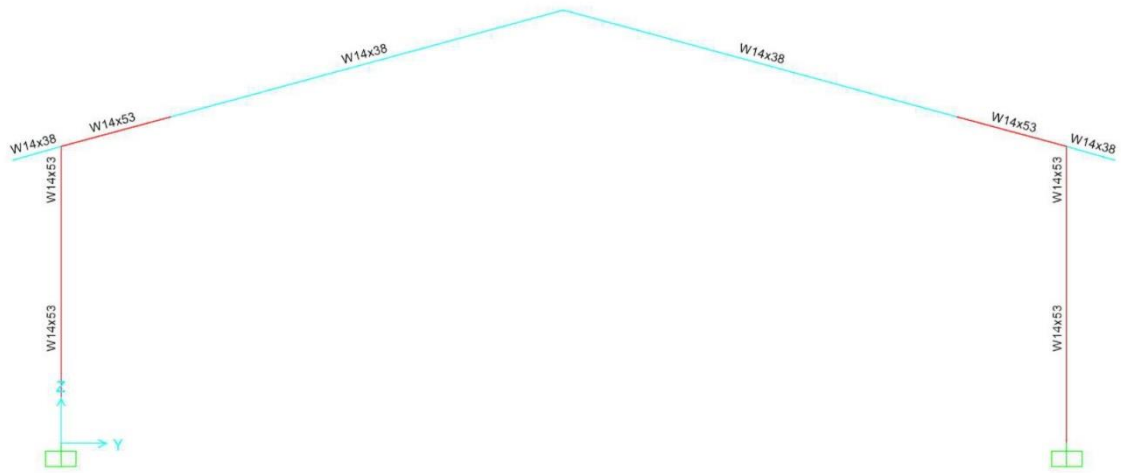


Figura 14. Pórtico principal típico sin cerramiento, con secciones según Manual AISC.

4.4.5 Respuesta modal espectral de las edificaciones

A continuación, se muestran los períodos de vibración fundamentales y las cortantes estáticas y dinámicas estimadas en cada dirección para los edificios.

	Periodo	V estática	V	80% Vest	f
Txx	0.300	8.0	9.7	6.4	1.00
Tyy	0.230	8.0	8.6	6.4	1.00

Tabla 9: Periodos fundamentales y fuerzas cortantes basales de edificaciones

En la tabla 9 se muestra el factor de escala “f” del cortante dinámico para que sea por lo menos igual que el 80% del cortante estático. La Norma E.030 indica que el porcentaje de 80% es aplicable solo a estructuras regulares.

Desplazamientos máximos

Los desplazamientos máximos absolutos y las distorsiones de entrepiso, calculadas a partir del análisis sísmico, se resumen en la Tabla 10.

Direc	Desplazamientos Máximos (cm)		Derivas(entrepiso) 1/1000	
	X-X	Y-Y	X	Y-Y

Val	1.84	0.88	2	1.4
-----	------	------	---	-----

Tabla 10: Desplazamientos máximos y derivas de entrepiso

El valor de las derivas en las direcciones X-X e Y-Y son menores al máximo permisible de 10, especificado para estructuras de concreto armado. Por tanto, se puede afirmar que las edificaciones cumplen con los requerimientos de rigidez de la Norma E.030.

4.5. Diseño estructural

4.5.1 Consideraciones de diseño y combinaciones de cargas

Nos basaremos en el método LRFD para obtener la carga de acuerdo a las combinaciones, en el cual se considerará todas las cargas de acuerdo a cargas de gravedad y ambientales en la zona donde se trabajará.

4.5.2 Diseño de elementos sometidos a distintas solicitaciones

Diseño para viguetas metálicas

La resistencia nominal a flexión de las viguetas metálicas queda determinada por los valores de M_e y M_y .

Se define:

$$M_e = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_b \cdot d \cdot I_{yc}}{2 \cdot L_b^2}$$

$$M_y = S_x \cdot F_y$$

Donde:

F_y = esfuerzo de fluencia mínimo.

L_b = distancia entre puntos de arriostre contra el desplazamiento lateral del ala en compresión, o entre puntos arriostrados para prevenir la torsión de la sección recta.

C_b = factor de modificación para diagramas de momentos no uniformes.

S_x = módulo de sección alrededor del eje mayor.

E= modulo de elasticidad del acero

I_{yc} = momento de inercia de la porción en compresión de la sección respecto al eje de gravedad de la sección completa, paralela al alma, usando la sección completa no reducida.

Finalmente, la resistencia nominal a flexión está determinada por:

Para:

$$M_e \geq 2.78M_y$$

$$M_n = M_y$$

$$2.78M_y > M_e > 0.56M_y$$

$$M_n = \frac{10}{9} \cdot M_y \cdot \left(1 - \frac{10}{36} \cdot \frac{M_y}{M_e}\right)$$

$$M_e \leq 0.56M_y$$

$$M_n = M_e$$

Según las fórmulas expuestas, en las correas Z 10"x3" que sostienen las coberturas, se tiene el siguiente calculo:

Cargas	
Cmuerta=	0.03 ton/m ²
Cviva=	0.05 ton/m ²
Cviento=	0.03055 ton/m ²
Cnieve=	0.1 ton/m ²
wu=	0.220 ton/m ²
s=	1.57 m
L=	5.50 m
Angulo=	15°
wu 22=	0.21 ton/m ²
wu 33=	0.06 ton/m ²
Mu 33=	1.26 ton.m
Mu 22=	0.04 ton.m

Cálculo de My	
Mn=	2.26
ΦMn 33=	2.03

Cálculo de My	
Mn=	0.42
ΦMn 22=	0.38

$$\frac{Mu_{33}}{\Phi M_{n 33}} + \frac{Mu_{22}}{\Phi M_{n 22}} = 0.72 \leq 1$$

Diseño de vigas metálicas

La resistencia nominal a flexión de las vigas metálicas depende de la relación de L_p , L_b y L_r .

Para perfiles con simetría doble y canales con $L_b < L_p$, la resistencia nominal es (RNE, pág. 461)

$$M_n = M_p = F_y Z \leq 1.5 M_y$$

Para perfiles con simetría doble y canales con $L_b \leq L_r$, la resistencia nominal es (RNE, pág. 461)

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

Para perfiles con simetría doble y canales con $L_b > L_r$, la resistencia nominal es (RNE, pág. 463)

c1) Para elementos de sección I con simetría doble y canales:

$$M_{cr} = \frac{C_b S_x X_1 \sqrt{2}}{L_b / r_y} \sqrt{1 + \frac{X_1^2 X_2}{2 \left(\frac{L_b}{r_y}\right)^2}}$$

La longitud no arriostrada limite L_r , y el momento de pandeo M_r , se determinan de la siguiente manera (RNE pág. 462 y 463):

Para elementos de sección I con simetría doble y canales:

$$L_r = \frac{r_y X_1}{F_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 F_L^2}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{l_y} \left(\frac{S_x}{GJ}\right)^2$$

Donde:

F_y = esfuerzo de fluencia mínimo.

Z = módulo plástico de la sección.

M_y = momento correspondiente al inicio de la fluencia en la fibra extrema debido a una distribución elástica de esfuerzos.

L_b = distancia entre puntos de arriostre contra el desplazamiento lateral del ala em compresión, o entre puntos arriostrados para prevenir la torsión de la sección recta.

M_n = resistencia nominal a flexión.

M_p = momento plástico.

M_r = momento de pandeo limite

Lr= longitud lateral no arriostrada limite.

Cb= factor de modificación para diagramas de momentos no uniformes.

Sx= módulo de sección alrededor del eje mayor.

E= módulo de elasticidad del acero.

G= módulo de elasticidad al corte del acero.

FL= el menor valor de (Fyf-Fr) o Fyw.

Fr= esfuerzo de compresión residual en el ala.

Fyf= esfuerzo de fluencia en el ala.

Fyw= esfuerzo de fluencia en el alma.

Iy= momento de inercia alrededor del eje Y

Cw= constante de alabeo.

Diseño a compresión

Pandeo por flexión:

$$P_n = A_g \times F_{cr}$$

$$\Omega_c = 1.67$$

Donde:

Ag= área bruta

Fcr= tensión crítica

Tensión crítica:

Si, $\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ entonces $F_{cr} = (0.658)^{\frac{F_y}{F_e}} F_y$

Si, $\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ entonces $F_{cr} = 0.877F_e$

Donde:

E= módulo de elasticidad

F_e = tensión crítica de Euler

R= radio de giro de la sección

Kl= longitud de pandeo

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Luego se utiliza la siguiente fórmula para verificar el ratio de diseño de flexión y compresión:

$$\frac{Pu}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

Se verificará el diseño en la viga VM-1:

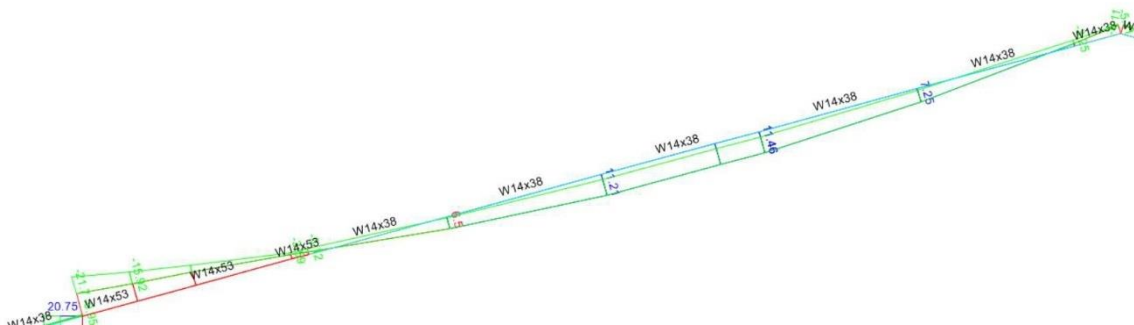


Figura 15. Diagrama de momento flector en vigas VM-1 y VM-2 (tonf-m), donde se muestra la combinación mas critica (1.2D+1.6S+0.8W3), W3 es el caso 3 del viento en la dirección Y.

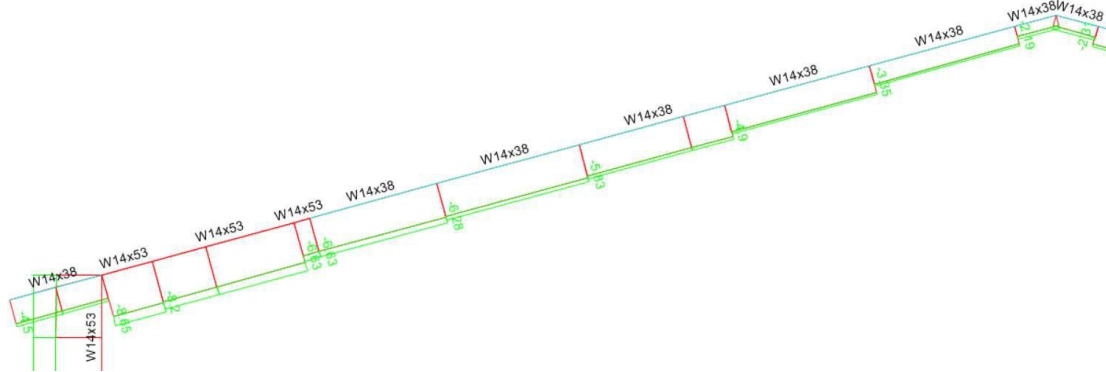


Figura 16. Diagrama de fuerza axial en vigas VM-1 y VM-2 (tonf)

Pu=	8.65 ton
Mux=	21.70 ton.m
Muy=	0 ton.m
Vux=	0 ton
Vuy=	9.93 ton

Fy=	2500
E=	200000
G=	77200

Longitud Efectiva			
Kx=	1	Lx=	11.4
Ky=	1	Ly=	4.9
Kz=	1	Lz=	11.4

1. DISEÑO POR COMPRESION	
1.1 Pandeo por Flexion	1.2 Pandeo Flexo-Torsional
$\lambda_{cx} = $ <input type="text" value="0.85"/> <small>usa Lx</small>	$F_e = $ <input type="text" value="291.73"/> <small>Mpa</small>
$\lambda_{cy} = $ <input type="text" value="1.12"/> <small>usa Ly</small>	$\lambda_e = $ <input type="text" value="0.92"/>
$F_{crf} = $ <input type="text" value="145.06"/> <small>Mpa</small>	$F_{crft} = $ <input type="text" value="172.46"/> <small>Mpa</small>
$\phi P_{nf} = $ <input type="text" value="126497.27"/> <small>kg</small>	$\phi P_{nft} = $ <input type="text" value="150.4"/> <small>ton</small>

$\phi P_n \text{ FINAL} = $	126.50	<small>ton</small>
-----------------------------	---------------	--------------------

2. DISEÑO POR FLEXION	
$L_b = $ <input type="text" value="4.9"/> <small>m</small>	
$L_p = $ <input type="text" value="2454.32"/> <small>mm</small>	
$L_r = $ <input type="text" value="8707.74"/> <small>mm</small>	
$M_p = $ <input type="text" value="349929043"/> <small>N.mm</small>	
$M_r = $ <input type="text" value="223321831"/> <small>N.mm</small>	
$M_{nx} = $ <input type="text" value="30.62"/> <small>ton.m</small>	OK
$M_{ny} = $ <input type="text" value="9.01"/> <small>ton.m</small>	OK

3. DISEÑO POR CORTE	
$h/t_w = $ <input type="text" value="29.39"/>	
$F_{yw} = $ <input type="text" value="245.17"/> <small>Mpa</small>	
$\phi V_n = $ <input type="text" value="44.78"/> <small>ton</small>	OK

Ratio de diseño por flexo compresión:

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) = 0.83 \leq 1$$

La ratio final indica que la sección esta al 83% de su resistencia de diseño. La sección escogida es la mas conveniente posible, ya que, si se utilizara una sección menor, la ratio se deseño sobrepasara el 100%.

Posteriormente se mostrará la comprobación con el diseño automático del programa.

Diseño para columnas metálicas

Las columnas metálicas están sometidas a solicitaciones de flexo-compresión, por tanto, para el diseño de estos elementos se siguen las disposiciones de la sección “Elementos con simetría Simple y Doble en Flexión y Compresión” (RNE, pág. 475 y 476).

La interacción de la flexión y de la compresión en secciones simétricas debe de estar limitada por las siguientes ecuaciones:

a) Para $(P_u)/(\phi P_n) \geq 0.2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

b) Para $(P_u)/(\phi P_n) \leq 0.2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

Donde:

P_u = resistencia requerida a la compresión.

P_n = resistencia nominal a la compresión.

M_u = resistencia requerida a la flexión.

M_n = resistencia nominal a la flexión.

x = subíndice relativo al eje mayor de flexión.

Y = subíndice relativo al eje menor de flexión.

Φ = Factor de resistencia a la compresión: 0.85

Φ_b = factor de resistencia a la flexión: 0.90



Figura 17. Diagrama de momento flector en columna CM-01 (tonf-m)

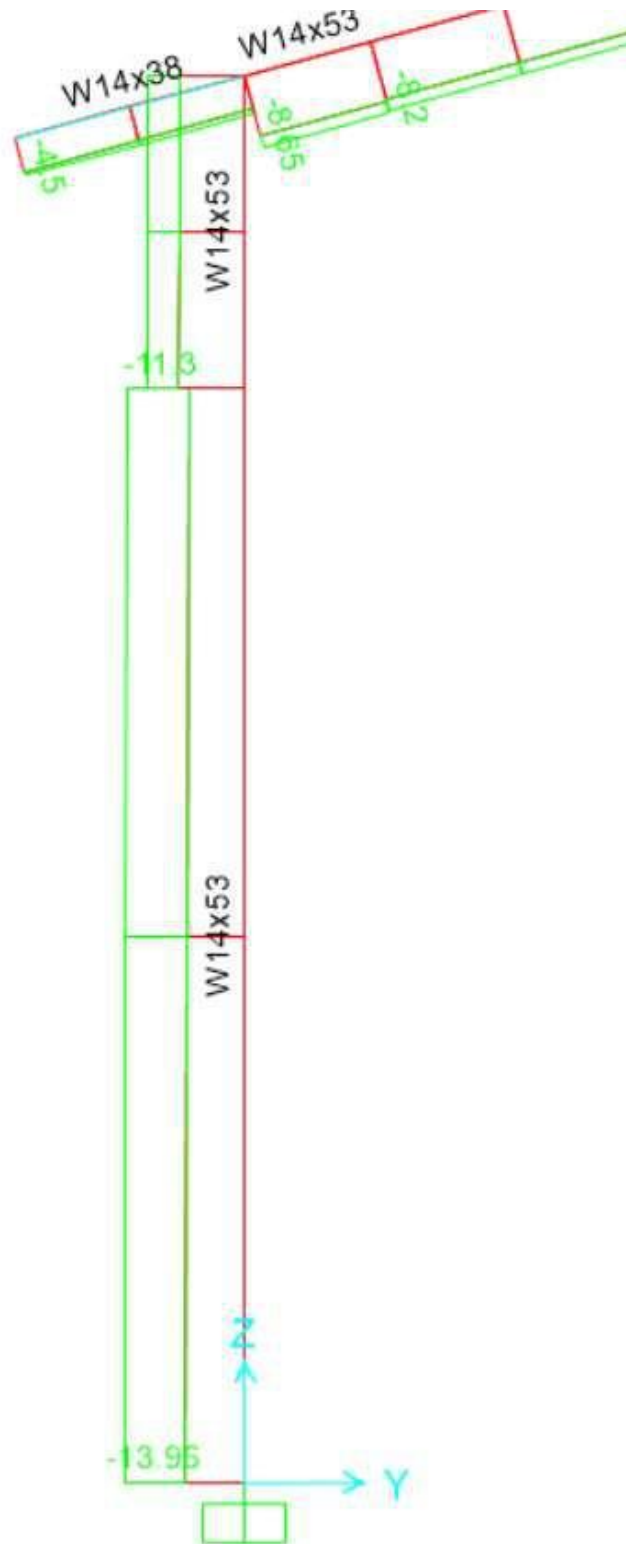


Figura 18. Diagrama de fuerza axial en columna CM-01 (tonf)

Se verifica el diseño de la columna CM-1 en su extremo superior:

Pu=	11.30 ton
Mux=	20.75 ton.m
Muy=	0.6 ton.m
Vux=	0 ton
Vuy=	5.4 ton

Longitud Efectiva			
Kx=	0.7	Lx=	6
Ky=	1	Ly=	1.45
Kz=	0.7	Lz=	6

1. DISEÑO POR COMPRESION	
<p>1.1 Pandeo por Flexion <i>Mccormac Pag. 149</i> $\lambda_{cx} =$ <input type="text" value="0.31"/> <i>usa Lx</i> $\lambda_{cy} =$ <input type="text" value="0.23"/> <i>usa Ly</i> $F_{crf} =$ <input type="text" value="235.32"/> Mpa $\phi P_{nf} =$ <input type="text" value="205214.97"/> kg</p>	<p>1.2 Pandeo Flexo-Torsional <i>usa Lz</i> $F_e =$ <input type="text" value="556.44"/> Mpa $\lambda_e =$ <input type="text" value="0.66"/> $F_{crft} =$ <input type="text" value="203.88"/> Mpa $\phi P_{nft} =$ <input type="text" value="177.79"/> ton</p>

ϕP_n FINAL=	177.79	ton	OK
-------------------	---------------	-----	-----------

2. DISEÑO POR FLEXION		
$L_b = $	<input type="text" value="1.36910017"/> m	
$L_p = $	<input type="text" value="2454.32"/> mm	
$L_r = $	<input type="text" value="8707.74"/> mm	
$M_p = $	<input type="text" value="349929043"/> N.mm	
$M_r = $	<input type="text" value="223321821"/> N.mm	
$M_{nx} = $	<input style="color: red;" type="text" value="35.67"/> ton.m	OK
$M_{ny} = $	<input style="color: red;" type="text" value="9.01"/> ton.m	OK

3. DISEÑO POR CORTE		
h/tw=	29.39	
Fyw=	245.17	Mpa
ϕVn=	44.78	ton
OK		

Ratio de diseño por flexo compresión:

$$\frac{Pu}{2\phi Pn} + \left(\frac{Mux}{\phi_b Mnx} + \frac{Muy}{\phi_b Mny} \right) = 0.80 \leq 1$$

Comprobación de diseño automático en programa

Posteriormente, se realizó una comprobación con el diseño integrado en el Sap2000. Para ello, se definieron casos de diseño automático, donde el programa escoge la sección más adecuada entre diferentes perfiles W:

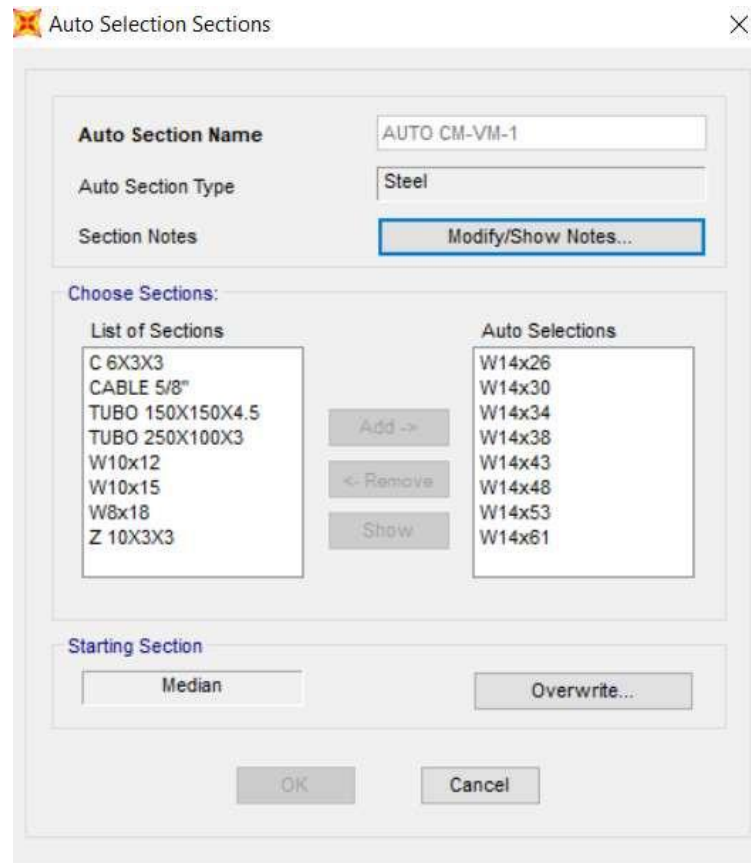


Figura 19. Definición de casos de diseño automático.

El programa escogió las secciones de W14X53 y W13X38 para los perfiles. En la figura 3.5 se muestra el ratio de diseño de las vigas y columnas metálicas diseñadas con el programa, en el pórtico principal típico:

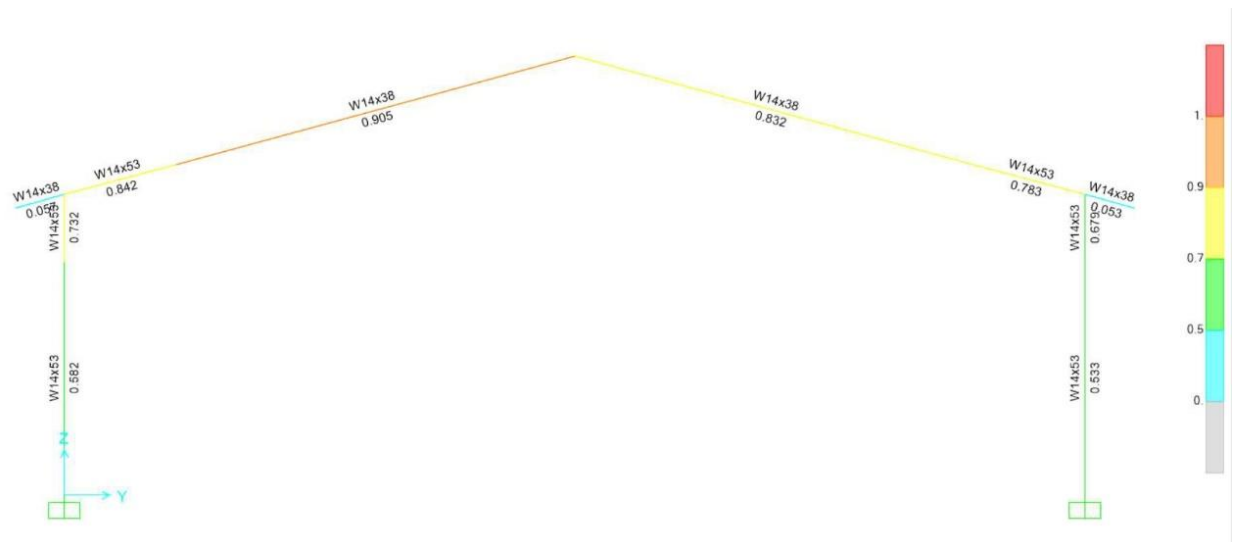


Figura 20. Ratio de diseño en pórtico principal típico.

Se observa que las ratios máximas obtenidos son de 0.84, 0.73 y 0.90, valores similares a lo obtenido con el diseño mostrado previamente.

4.6. Diseño de conexiones

Plancha base de columna C-01:

$P_u = 14460.00 \text{ kg}$

$M_u = 13140.00 \text{ kg.m}$

$V_u = 5652.00 \text{ kg}$

Verificación de la resistencia al aplastamiento del concreto y tracción de las barras de anclaje:

- Compresión pura en el diagrama de interacción:

$$\phi_{f_p} = \phi(0.85f'_c) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 169.84 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 = 1.46 \text{ (Factor de confinamiento)}$$

$$\phi P_n = \phi f_p \times N \times B = 326.95 \text{ ton}, \text{ Para } \phi=0.65$$

- Tracción pura y corte en el diagrama de interacción:

$$F_{nt} = 6591 \frac{kg}{cm^2} \qquad F_{nv} = 3515 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\phi P'_{nt} = \phi \left[1.3 F_{nt} \Sigma n_{rod} A_{rod} - V_u \left(\frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \right) \right] \leq \phi P_{nt}$$

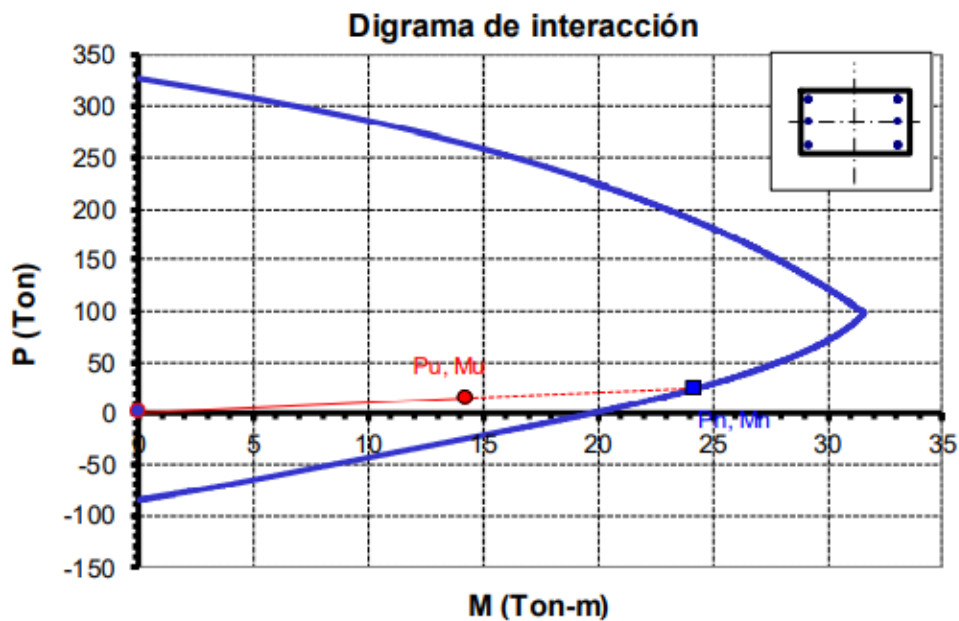
$$\phi P'_{nt} = 100.14 \text{ ton} \qquad > \qquad \phi P_{nt} = 84.54 \text{ ton}$$

$$\phi P_{nt} = 84.54 \text{ ton}, \text{ Para } \phi=0.75$$

- Resistencia del conjunto a flexo-compresión:

$$P_n = 24.98 \text{ ton} \qquad > \qquad P_u = 14.68 \text{ ton}$$

$$M_n = 24.20 \text{ ton-m} \qquad < \qquad M_u = 14.20 \text{ ton-m}$$



El diseño es satisfactorio

Ratio= 0.59

- Máxima tracción en los pernos para el estado limite de agotamiento en conjunto:

$$T = 42269.97 \text{ kg}$$

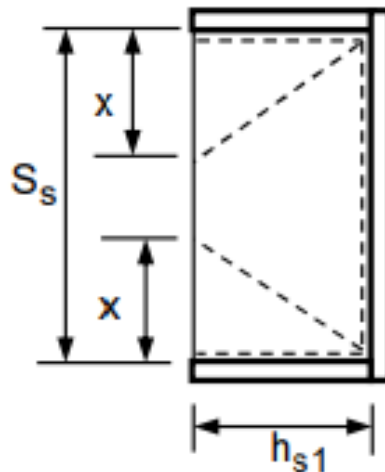
$$T_{rod} = \frac{T}{n_{rod}} = 14089.99 \text{ kg}$$

Calculo del espesor requerido para la plancha base:

a.- Flexión de la plancha en la interfase de compresión:

- **Momento plástico para la cedencia en los paneles centrales de la plancha**

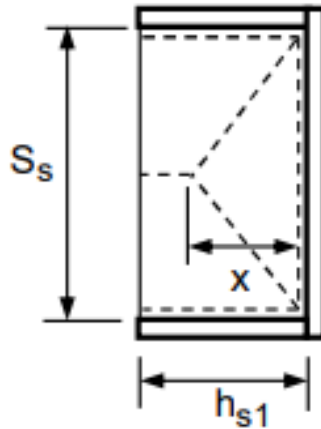
Patrón de líneas de cedencia 1:



$$x = \frac{-2h_{s1}^2 + h_{s1}\sqrt{4h_{s1}^2 + 6S_s^2}}{2S_s} = 87.92 \text{ mm}$$

$$M_p = \frac{f_p h_{s1} \left(\frac{S_s}{2} - \frac{x}{3} \right)}{\left[\frac{(S_s + 2x)}{h_{s1}} + \frac{4h_{s1}}{x} \right]} = 1818.26 \text{ kg} - \text{m/m}$$

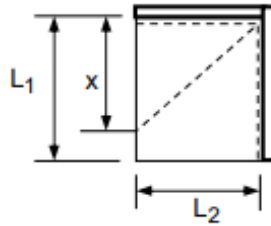
Patrón de líneas de cedencia 2:



$$x = \frac{-S_s^2 + S_s\sqrt{S_s^2 + 12h_{s1}^2}}{4h_{s1}} = 98.50 \text{ mm}$$

$$M_p = f_p \frac{(3S_s h_{s1} - S_s x)}{12 \left(\frac{4h_{s1}}{S_s} + \frac{S_s}{x} \right)} = 1101.32 \text{ kg} - \text{m/m}$$

- **Momento plástico para la cedencia en los paneles laterales de la plancha**



$$L_1 = \max(h_{s1}, h_{s2}) = 98.50 \text{ mm}$$

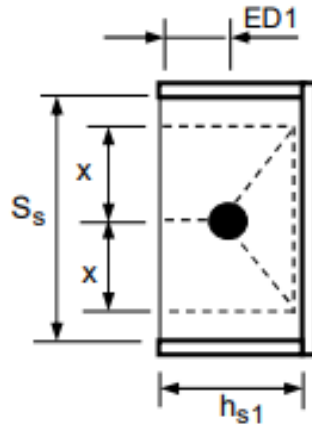
$$L_2 = \min(h_{s1}, h_{s2}) = 41.50 \text{ mm}$$

$$x = \frac{-L_2^2 + L_2 \sqrt{L_2^2 + 3L_1^2}}{L_1} = 56.49 \text{ mm}$$

$$M_p = \frac{f_p L_2 \left(\frac{L_1}{2} - \frac{x}{6} \right)}{\left(\frac{2L_2}{x} + \frac{x}{L_2} + \frac{L_1}{L_2} \right)} = 539.54 \text{ kg} - \text{m/m}$$

b.- Flexión de la plancha en la interfase de tensión:

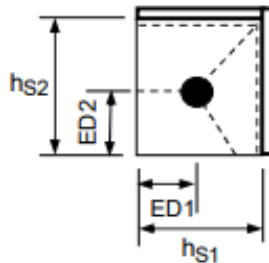
- **Momento plástico para la cedencia en los paneles centrales de la plancha**



$$x = \min\left(\frac{S_s}{2}\sqrt{h_{s1}(h_{s1} - ED1)}\right) = 69.12 \text{ mm}$$

$$M_{p} = \frac{T_{rod}}{4\left[\frac{h_{s1}}{x} + \frac{x}{(h_{s1} - ED1)}\right]} = 1235.87 \text{ kg-m/m}$$

- **Momento plástico para la cedencia en los paneles laterales de la plancha**



$$M_p = \frac{T_{rod}}{2\left(\frac{h_{s1}}{h_{s2} - ED2} + \frac{h_{s2}}{h_{s1} - ED1}\right)} = -656.41 \text{ kg-m/m}$$

$$x = \sqrt{h_{s1}(h_{s1} - ED1)} = 69.12 \text{ mm}$$

$$M_p = \frac{T_{rod}}{2\left[h_{s1}\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{h_{s2} - ED2}\right) + \frac{(h_{s2} - ED2 + x)}{h_{s1} - ED1}\right]} = N.A.$$

c.- Espesor de la plancha base (AISC 360, Cap. F, Sec. F.1.1)

$M_p = 1818.26 \text{ kg-m/m}$

$$t_{p(req)} = \sqrt{\frac{4M_p}{0.9F_{yp}}} = 17.87 \text{ mm} \quad \text{Espesor seleccionado----> } t_p = 19 \text{ mm}$$

Ratio = 0.88

Diseño de los rigidizadores:

$L_s = a = 147.75 \text{ mm}$

$H_{s1} = b = 98.5 \text{ mm}$

Donde:

L_s = longitud de los rigidizadores.

h_{s1} = ancho de los rigidizadores.

a.- Calculo de la resistencia requerida:

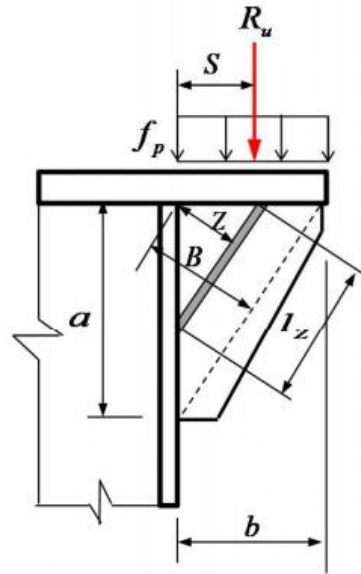
Esfuerzo de reacción en el concreto: $\phi f_p = 169.84 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo que resiste la plancha sin rigidizadores: $\sigma_{pl} = 35.24 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo que deben tomar los rigidizadores: $\sigma_{st} = 134.60 \text{ kg/cm}^2$

Área tributaria del rigidizador mas solicitado: $A_t = 143.56 \text{ cm}^2$

Fuerza de diseño: $R_u = A_t \times \sigma_{st} = 9324.05 \text{ kg}$



b.- Resistencia a la compresión rigidizador:

Coefficiente longitud efectiva: $K= 0.65$ $S=49.25$ mm

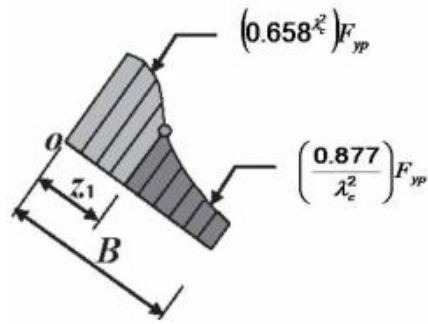
$$Z_1 = \frac{\sqrt{3} \pi}{4 K} \sqrt{\frac{E}{F_{yp}}} \left[\frac{\frac{a}{b}}{1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2} \right] t_s = 361.77 \text{ mm} \quad B = \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2}} = 81.96 \text{ mm}$$

Resistencia nominal a la compresión, para: $B/Z_1 > 1$

$$R_n = \frac{\pi^2}{12K^2} \frac{\left(\frac{a}{b}\right)^2}{\left[1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2\right]^2} t_s^3 \times \left[0.72877 + 0.28777 \log_e \left(\frac{B}{Z_1}\right) \right] \times \frac{E}{S}$$

Resistencia nominal a la compresión, para: $B/Z_1 \leq 1$

$$R_n = \frac{\pi^2}{12K^2} \frac{\left(\frac{a}{b}\right)^2}{\left[1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2\right]^2} t_s^3 \times \left[\frac{0.658 \left(\frac{12K^2 F_{yp} \left[1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2\right]}{\pi^2 E \left(\frac{t_s}{b}\right)^2} \right)}{2 \log_e 0.658} \right] \times \frac{E}{S}$$



$$B/z_1 = 0.23 < 1$$

$$\text{-----} \rightarrow R_n = 21895.08 \text{ kg}$$

Para $\Phi=0.90$

Resistencia minorada $\Phi R_n = 19705.57 \text{ kg} > R_u$

OK

Ratio = 0.98

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos aceptamos la hipótesis, donde se le debe de dar importancia los factores climáticos que se suscitan en las zonas altoandinas, ya que estos generan esfuerzos en el cual, al no ser considerados, resultara fallando la estructura, en el cual teniendo en cuenta las normas aplicadas y los máximos valores admitidos se obtuvo un diseño optimo para el uso que se le dará.

Según las inquietudes del propietario y en base a un suceso que ocurrió cerca de la zona donde se viene proyectando dicha investigación, se concluye que se debe de tomar todas las cargas ya sean de gravedad o ambientales, ya que estas influyen en la estructura metálica y así poder evitar fallas, es así que la presente investigación se obtuvo resultados con ratios menor a 1, y se analizaron las zonas mas criticas de la estructura para así poder cotejar datos que se obtuvieron en la memoria de calculo comparados con los del software.

Según el análisis que se realizó a la presente investigación, se aplicó normas nacionales e internacionales, de la misma forma se aplicaron solicitudes de acuerdo a los parámetros que fueron propuestos por el manual de diseño del AISC-LRFD, esto según Orihuela y Dávila (2016) afirma en su tesis que en la actualidad no existe ningún parámetro o norma peruana que nos indique la forma como es que se debería realizar dichos diseños, es así que por estas limitaciones nos tenemos que centrar en el diseño sísmico espectral, ya que está más se asimila a la realidad teniendo en cuenta las combinaciones de carga a usar.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- En base a la necesidad del propietario y teniendo en cuenta lo descrito por su persona según a lo sucedido, se analizo el posible diseño a realizar, en el cual este debe de cumplir con las normas aplicadas ya sea nacional o internacional.
- La cobertura metálica estará conformada por un techo a 02 agua con una inclinación de 15°, sostenidos por correas el cual estará soportado por 8 pórticos metálicos resistente a momentos, considerando también cerramientos laterales parciales, esto esta siendo proyectado en un área de 850 m². La estructura portante para cargas verticales y sísmicas consiste en pórticos metálicos el cual resistirá momentos, conformados por columnas y vugas secciones W con conexiones empernadas.
- El tipo de materiales y espesores para las estructuras metálicas varía de acuerdo a la ubicación del proyecto, ya que influye bastante el factor climático, tipo de suelo, sismicidad en la zona, velocidad del viento y el uso que se le dará, para así tener en cuenta las cargas vivas que se considerará.
- Al construir una estructura metálica, se debería de tener en cuenta la guía de planos para realizar dicho trabajo y el tipo de materiales a usar, ya que esto nos dará confiabilidad de que la cobertura será correctamente ejecutada y habrá un responsable, el cual analizo todos los factores para llegar a la conclusión de las medidas de materiales a usar.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Saber escuchar la necesidad del propietario para el desarrollo de la cobertura metálica y realizar la visita de campo y poder saber que factores y cargas afectaran a la estructura y esta sea duradera cumpla con lo requerido por el usuario.
- Se debe de contar con planos aprobados por un especialista en la rama, esto con el fin de tener un diseño confiable y optimo ya que esto hará que el propietario pueda invertir en los materiales justos de acuerdo a su necesidad, así mismo dicho profesional debería de estar como supervisión para que así pueda absolver dudas que se presentaran al momento de la ejecución.
- Uno de los problemas de las estructuras metálicas en general es el alto nivel de oxidación, el cual altera sus características y configuración, en el cual se debe de tener un plan en el cual se realizará el mantenimiento cada cierto tiempo, esto dependerá de la zona en la que se encuentra ubicada dicha estructura y teniendo en cuanto a los factores climáticos a la que se somete.
- Cumplir con lo especificado en los planos ya que al momento de la ejecución algunos disminuyen el espesor, utilizan otro tipo de conexiones generando alteración al diseño, lo cual a la larga o corta puede llegar a fallar dicha estructura.
- Se debe saber elegir el diseño optimo, teniendo en cuenta que se debe de considerar que los desplazamientos vayan en relación con el peso en general de la cobertura, todo esto nos basaremos en las normas técnicas nacionales e internacionales, así mismo se debe hacer uso de un Software, en el cual se lograra comparar dichos resultados y elegir el más óptimo.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS

1. AISC. Manual Steel Construction. 30va ed. USA , 2005.
2. MCCORMAC, Jack y CSERNAK, Stephen. Diseño de estructuras de acero. 5ta Ed. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2012. 724 pp.
3. METODO LRFD. [Mensaje en un blog]. Lima: Cortez, G. y Sánchez, B. (26 de noviembre de 2016).
4. Norma E0.20, diseño de cargas.
5. Norma E.030, diseño sismorresistente.
6. Norma E.090, estructuras metálicas.
7. AWS D1.1 “Structural Welding Code” Código de la soldadura estructural.
8. ASTM American Society for Testing and Materials. 27 de setiembre de 2017, Disponible en: <https://www.astm.org>
9. Pascual Urban Brotons, 4ta edición, Construcción de estructuras metálicas.
10. PICAZO IRANZO, Álvaro. Departamento de Tecnología de la Edificación (5420). Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica - U.P.M. Grupo Energía, Edificación y Patrimonio. MEDIOS DE UNIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.
11. Washington Raphael Vásquez Vilca, 2013, Diseño de nave industrial para Molienda, Universidad Católica Santa María.
12. Jose Luis Larico Quispetupac, 2015, Análisis y diseño de acero de una nave industrial con dos puentes grúa, Universidad Nacional de San Agustín.

13. Junior Didi Orihuela Davila y Riccardo Francesco Davila Rios, 2016, cálculo y diseño estructural de una nave industrial aplicando la normativa AISC en la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
14. Vargas Córdova, William Gerald, 2017, Diseño estructural de nave industrial metálica para mejoramiento de almacenes en Av. Argentina, Callao-2017, Universidad Cesar Vallejo.
15. Jimmy Jefferson Robles Huaman, 2017, Análisis estructural para diagnosticar la integridad estructural de una nave industrial de acero en la región Tacna – 2017, Universidad Cesar Vallejo.
16. Ricardo Diego Mendoza Acosta, 2018, “Sistema metálico Tubest para la optimización en la construcción de naves industriales en Lima en el 2018”, Universidad Cesar Vallejo.
17. Edwin Franklin Cahuana Ccopa, 2018, Optimización del diseño de una nave industrial tipo pesado aplicable a la pequeña y mediana industria en el Perú ubicada a menos de 2500 msnm, con luz entre 15m y 25m, Universidad Nacional de San Agustín.
18. Goñi Vega, Cáceres Calle, 2018. Comparativo Técnico-Económico de una nave industrial con un sistema de tijerales y de pórtico, Universidad Pontificia Católica del Perú.
19. Alama Villanueva, Santos Alberto y Isusquiza Blas, Franco Joel, 2018, Propuesta de Análisis y Diseño Estructural de una Nave Industrial para Almacén en la zona 4 del territorio peruano, ubicado en el distrito de Villa el Salvador con Sistema Constructivo de Prefabricado, basado en la

Norma Técnica Peruana de Edificaciones y la Norma Internacional del ACI-318.

20. Urquiaga Oblitas, Angel Jimmi, 2019, Diseño estructural y optimización de pórticos tipo tijeral de una nave industrial de 30 metros de luz, Lima – 2019, Universidad Cesar Vallejo.
21. Euscategui Bobadila, Luis Antonio, 2019, “Modelamiento, análisis y diseño de una estructura metálica en la provincia de Gran Chimú.”, Universidad Cesar Vallejo.
22. Estrada Salvador Ramirez, Jose Luis y Diaz Felices, Teresa Alessandra, Análisis y diseño estructural de una nave industrial con puente grúa en el distrito de Talara, Provincia de Piura – año 2019, Universidad Ricardo Palma.
23. Armas Malca, Dercy Omar, 2020, Diseño estructural de una nave industrial metálica de 16m de luz para el Área de Mantenimiento en Talleres Yanacocha Norte – Minera Yanacocha 2019, Universidad Cesar Vallejo.
24. Garcia Benitez Cristian Alexy, Sorto Maltez Fidel Alexander y Villalobos Amaya Juan Carlos, 2009, Manual de diseño de naves industriales metálicas utilizando un software especializado, Universidad de El Salvador.
25. Fabiola Gonzales Flores, 2009, Análisis y diseño estructural de una nave industrial para una planta de reciclaje de desechos sólidos, bajo efectos de sismo y viento con el criterio del reglamento de construcciones del D.F. y sus N.T.C. y el manual de diseño de obras civiles de la comisión federal de electricidad, Instituto Politécnico Nacional.

26. Marta Pérez Rodríguez, 2009, Diseño y cálculo de la estructura metálica y de la cimentación de una nave industrial, Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior.
27. Pino Gotuzzo, Raúl. (2010) Metodología de la Investigación. Lima: Editorial San Marcos, pp. 78-79.
28. Cruz, C.L.; Figueroa, P y Hernández, C. 2012. Estructuración, análisis y diseño estructural de elementos de techo con perfiles metálicos utilizando el método LRFD. San Salvador 2012, Universidad El Salvador.
29. David Ricardo Contreras Lojano, 2016, Tipificación de naves de estructura de acero utilizadas para la industria, Universidad de Cuenca-Ecuador.
30. Luna Esquivel, 2014. Análisis y diseño estructural en acero para una nave industrial en un empaque de aguacate en Uruapan, mich, Universidad Don Vasco A.C. – México.
31. Martínez Valderrama, 2017. Estudio experimental de los efectos del viento de una nave industrial con cubierta tipo arco, considerando diferentes rugosidades en la cubierta, Universidad Nacional Autónoma de México.
32. Diseño de estructuras metálicas Volumen I- Hector Soto Rodriguez.
33. Méndez, C., (2012), Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales, México D.F., México: Limusa S. A.
34. Ávila Acosta, R. (2001). Guía para elaborar la tesis: metodología de la investigación; cómo elaborar la tesis y/o investigación, ejemplos de diseños de tesis y/o investigación. Lima: ediciones R.A.
35. LOZADA, José. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. CienciAmérica, [S.I.], v. 3.

36. Kerlinger, F. (2002). Enfoque conceptual de la Investigación del comportamiento.
37. Valderrama (2013), nivel de la investigación.
38. Hernández, Fernández y Baptista (2014), enfoque que se toma para una investigación.
39. ZAPATA, Luis. Diseño estructural en Acero. Lima : s.n., 1997. 398 pp.
40. DICCIONARIO de la lengua española [en línea]. 22.a ed. España: Real Academia Española. 2019.