



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSTRUCCIÓN DE NAVE INDUSTRIAL
REGSA, UBICADA EN EL CARRIL DE SAN
CRISTOBAL 107, AMOZOC, PUEBLA.**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:
JOSUÉ HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR:
M. I. JUAN LUIS CASTILLO PENSADO**

PUEBLA, PUE.

AGOSTO 2022

AGRADECIMIENTO

Quiero que estas líneas sirvan para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con ayuda de alguna u otra forma colaboraron para la culminación de este trabajo.

A mis padres Lourdes y Jaime por el apoyo económico y emocional durante todo este proceso, si hay algo que se hacer bien es por ustedes; detrás de este logro se encuentra su respaldo, gracias por su apoyo incondicional, confianza, amor y paciencia, reitero mi agradecimiento por darme la oportunidad de hacer realidad mis metas, por alentarme hacer lo que quiero y ser como soy, que esto sea la satisfacción y recompensa por tantos años de entrega y apoyo.

En general quiero agradecer a cada uno de los integrantes de mi familia especialmente a mis hermanos y sobrinos, por creer en mi y en mis capacidades y habilidades. También aprovecho para agradecer a mis amigos y compañeros de universidad por cada momento vivido.

Por último, pero no menos importante a la facultad de ingeniería y especialmente al ingeniero por darme la oportunidad de realizar este proyecto, por su confianza, ayuda y apoyo en todo momento y facilitarme los medios para culminar mi grado profesional.

Este es un momento especial que espero perdure en el tiempo, no ha sido sencillo el camino, pero gracias a todos por contribuir a esta gran satisfacción, hago presente mi gran afecto hacían ustedes.....

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todas aquellas personas que creyeron en mí en todo momento y que con sus palabras y acciones fortalecían mis deseos de continuar, aquellos que me brindaron su apoyo incondicional gracias por todo; a mi familia, maestros y amigos.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, principalmente a mi madre Lourdes que es el cimiento para la construcción de mi vida profesional y emocional, sentó en mí las bases de responsabilidad y deseo de superación.

A cada uno de ustedes agradezco y dedico este trabajo.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de logística de almacenamiento de productos que en la actualidad se utilizan, tuvieron sus orígenes en las ciudades de Roma y Grecia. Ambas ciudades desarrollaron una técnica muy eficaz, que permitió abastecer de insumos a sus milicias.

Durante la Edad Media, se produjeron diversos sistemas o técnicas para poder suministrar los almacenes. Por otra parte, en los inicios de la Revolución Industrial se realizaron varios avances en cuanto a la logística de cadena de suministro, gran parte de esto fue ocasionado por la incursión de ferrocarriles y barcos.

La industria inició otra transformación a comienzos de la Primera Guerra Mundial. De igual forma la Segunda Guerra Mundial también dio origen a cambios relevantes, como fue el caso de comunicación, transporte, área de almacenamiento, y las naves industriales, que fueron de vital importancia debido a que se ocupaban amplios espacios para resguardar insumos.

El origen de las primeras naves industriales se dio con las construcciones durante la Revolución Industrial. En esta época, era muy cotidiano el uso de rocas, madera o vigas para la edificación de naves industriales, sin embargo, estas edificaciones tenían dificultades con la iluminación y ventilación en el interior, debido a que no se consideraban estas características al momento de construirlas.

A lo largo del tiempo el desarrollo de almacenamiento, ha implicado un beneficio para las empresas puesto que satisfacen las necesidades de sus almacenes. Estas áreas pueden ser propias o rentadas, ya que depende de la necesidad de cada comercio.

Como ya se ha visto el almacenamiento es uno de los principales elementos de la cadena de suministro, debido a que en estos espacios se almacenan diversos productos, de igual forma también se realizan otras actividades de logística. La ubicación de estos es importante, ya que siempre es más óptimo ubicarlos en sitios idóneos, para que a las empresas les sea fácil distribuir sus insumos sin ningún inconveniente.

Adentrándonos en materia, una nave industrial se puede definir como aquella construcción de uso industrial, que se utiliza para la producción y/o almacenaje de insumos industriales. Los tipos de construcción y requerimientos que tiene que tener este tipo de edificios, depende de las diversas actividades económicas que se vayan a desarrollar.

En un principio había distintas limitaciones en cuanto a las construcciones industriales, pero con el paso de los años, estas evolucionaron y se fueron solucionando diversos aspectos como la funcionalidad e iluminación, llegando a tener grandes áreas más productivas.

Debido a todo lo mencionado anteriormente, también los materiales de construcción para este tipo de obras, evolucionaron. Esto dio origen a avances en la siderurgia, permitiendo que las naves industriales fueran totalmente metálicas, además de implicar una mejora en este tipo de construcción.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Planteamiento del problema.	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	5
1.5 Hipótesis	6
1.6 Metodología.....	6

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES	7
---------------------	---

CAPÍTULO 3

DATOS Y GENERALIDADES DE LA NAVE INDUSTRIAL REGSA	13
3.1 Localización	13
3.2 Orografía	14
3.3 Hidrografía	15
3.4 Clima	15
3.5 Características y uso del suelo.	16

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN DE NAVE INDUSTRIAL REGSA, UBICADA EN EL CARRIL DE SAN CRISTOBAL 107, AMOZOC,	17
4.1 Estructuras inferiores.....	17
4.1.1 Cimentación	17
4.1.2 Contratraves	23
4.1.3 Instalaciones sanitaria.....	26
4.2 Estructuras superiores	29
4.2.1 Marcos rígidos.....	29
4.2.2 Muros colindantes	32
4.2.3 Cubierta	34
4.3 Análisis estructural.....	38

CONCLUSIONES.....	40
-------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	42
--------------------	----

ANEXOS.....	43
-------------	----

CAPÍTULO 1.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En el transcurso de la historia del hombre siempre fue necesario buscar lugares seguros para almacenar primeramente comida, si esta afirmación es cierta, nos remontamos al tiempo en el que el hombre era nómada, podemos imaginar al hombre buscando un lugar donde existiera comida, ya sea a través de la caza o a través de la recolección de los frutos silvestres que en el lugar se encontraban, una vez que se terminaban estos, el hombre tendría que cambiar de ubicación para repetir este ciclo de búsqueda. Sin embargo, como su definición lo indica el homo sapiens u hombre que piensa, entendió que era necesario buscar un lugar seguro para el almacenamiento de comida, de ahí viene el término almacén.

Fueron los grandes depósitos los que convirtieron a las culturas antiguas en grandes potencias mundiales, así lo menciona el libro más antiguo “la Biblia”, donde habla de siete años o siete vacas gordas en donde la producción agrícola fue de lo mejor para la cultura egipcia; posteriormente, de acuerdo a este libro venía “El tiempo de las siete vacas flacas” que significaba siete años de sequías, esto permitió a la cultura egipcia la producción durante los primeros siete años, la cual fue buena o excelente, por lo que tuvieron la oportunidad de almacenar grandes cantidades de comidas, materias primas, granos y enseres necesarios para la supervivencia de esta cultura para los siguientes años difíciles.

El simple hecho de tener almacenes saturados con comida, granos, materia prima, hizo que se potencializara a la cultura egipcia y que está fuera una de las primeras potencias mundiales en hegemonía, así de importante son los almacenamientos o lugares donde guardar mercancía. Tan sólo pensemos lo siguiente, una cisterna saturada de agua en un tiempo de sequía, o qué tal el siguiente ejemplo, una gasolinera a cientos de kilómetros de la siguiente, son ejemplos sencillos que nos dan una idea de lo importante que puede ser una nave industrial o lugar de almacenamiento grande.

1.2 Planteamiento del problema.

Es dar la información real y óptima para la construcción de una estructura moderna ligera y eficiente donde se almacenan mercancías maquinarias y equipos, así como cualquier materia prima lo que en ingeniería civil se conoce como nave industrial.

El presente trabajo es una investigación acerca de un caso real para el proceso constructivo de una nave industrial localizada en Amozoc, en la cual yo fui residente general, posteriormente me ascendieron a superintendente de obra por parte de una empresa regionalmente conocida que se dedica a los aceros estructurales comerciales.

La investigación se inicia con la información acerca de los antecedentes y todo lo que se debe considerar para la construcción de un almacén grande seguro versátil y sobre todo económico. Por lo que parte de los objetivos podrían ser el dar un costo paramétrico por metro cuadrado de construcción de esta estructura o almacén con todos los servicios que se requiere para cualquier industria y que, como ingeniero civil, podríamos tener una idea del costo aproximado para la construcción de un gran almacén.

1.3 Justificación

Se dice que un ingeniero es aquel que utiliza su ingenio para resolver problemas teniendo como fundamento las matemáticas, una manera de utilizar el ingenio es la construcción de naves industriales o almacenamientos a gran escala en puntos estratégicos, donde la economía de lugar o de la región será activada a través de esta. En el caso de Puebla, su cercanía a la ciudad más grande de México, CDMX y a así como de los puertos, la convierte en las coordenadas ideales para la construcción de grandes naves industriales y que los productos sean trasladados de manera segura y más rápida.

Desde el momento en que tomé la obra como residente, los problemas fueron diversos y las soluciones se diversificaron en un conocimiento que conlleva diferentes áreas de la ingeniería civil, es por eso de mi interés como justificación a la exposición de la información de la problemática y de las soluciones que se presentaron durante todo el proceso constructivo de la nave industrial, ubicada en el corredor industrial de Amozoc municipio perteneciente a Puebla.

En términos sociales, buscar mejores materiales para para la construcción de naves industriales requiere de investigaciones modernas y adecuadas a las necesidades de lo que se va a almacenar. Con la creación de los nuevos materiales ligeros versátiles y de alguna manera económicos, se tiene un importante impacto en los niveles de bienestar de la sociedad en su conjunto. En suma, el sector Almacenamientos Industriales necesariamente debiera tener efectos importantes en nuestro crecimiento económico. Y la historia comprueba que así ha sido, sobre todo en Puebla donde existe la planta de producción Volkswagen y Audi la cual genera una gran cantidad de recursos para nuestro entorno estatal.

Por lo anteriormente descrito, es totalmente justificable la investigación que se presenta en esta tesis, ya que es un proceso real constructivo en la ubicación que se describe en el tema de investigación de tesis con casos, problemas y soluciones reales de las cuales interviene directamente como pasante de ingeniería civil.

Otro factor que es bien cierto, es que la tasa de crecimiento poblacional ha ido ascendiendo paulatinamente en los últimos 20 años, las proyecciones de Consejo Nacional de Población (CONAPO) estiman que para el año 2030 habitarán 138 millones en nuestro país. Este escenario demográfico, enmarcado por las condiciones sociales, políticas y económicas de nuestro país, presenta un desafío formidable para el Estado y las instituciones en su capacidad de atender las necesidades de una sociedad creciente y cada vez más compleja, especialmente los desafíos relacionados con la provisión de alimentos, materias primas y todo lo que el estado necesita en su desempeño económico.

En los últimos años, la construcción de zona de almacenamiento industrial en México ha estado caracterizada por la importante presencia de la autoconstrucción que representa entre el 25 % y el 35 % de todas las nuevas naves industriales en nuestro país cada año. Este tipo de construcción de almacenes suele estar vinculado al surgimiento de asentamientos irregulares, a elevados costos de construcción y de equipamiento de servicios básicos y a peligrosos niveles de riesgo para las familias que habitan cerca de dicha nave industrial, ya que no cuentan con las normas necesarias para la construcción de estas. Por esto, lejos de que los almacenes autoconstruidos generen plusvalía y se constituyan como generadores de empleos en lugares seguros, estas se ven ancladas a la pobreza técnica e ingenieril por ser construcciones que no cumplen con las normas mínimas y de servicios para instalaciones especiales, manejo de residuos peligrosos los cuales son generalmente desechados a los drenajes comunitarios de la sociedad.

Para entender la magnitud del problema, basta decir que de las nuevas necesidades de construcción de naves industriales son estimadas en 1500 de unidades por año, el 5% son pertenecientes al almacenamiento de metales preciosos, el 32% corresponden materias primas y materiales de construcción y el 53% son para almacenaje de comidas y perecederos. Este escenario demográfico, enmarcado en las condiciones sociales, políticas y económicas de nuestro país, representa un reto enorme para el Estado y sus instituciones en cuanto a su capacidad de respuesta a las crecientes y cada vez más complejas demandas de la sociedad, en particular, las relacionadas con creación de zonas industriales con todos los servicios vialidades y ubicaciones necesarias para la efectividad y la optimización de recursos por parte de los empresarios.

1.4 Objetivos

Objetivo general.

Presentar una propuesta alternativa que sea parte de una solución para los ingenieros civiles a través de los eventos vividos y dinámicas realizadas durante el proceso constructivo de la nave industrial denominada REGSA, ubicada en Amozoc Puebla y que sea la base de información para poder tener una guía para los próximos ingenieros que se dediquen a la construcción de naves industriales.

Objetivos particulares.

- Demostrar los nuevos materiales que se utilizaron en la construcción de la nave industrial REGSA en Amozoc Puebla.
- Con toda la información, buscar un costo paramétrico dependiendo de la zona y de los servicios para tener noción de cuánto costaría un almacén con los materiales utilizados en determinada zona.
- La ejemplificación de diferentes problemáticas que se presentaron durante la construcción de la nave industrial presentada en esta tesis.
- El apoyo requerido necesario para las diferentes ramas de mi ingeniería civil intervenga en la realización y la concepción de una nave industrial que trabaje de manera óptima.
- Descripción de cuáles fueron los retos mayores a los que me enfrenté como un recién egresado de la facultad ingeniería para la construcción de esta nave industrial.

1.5 Hipótesis

Partiendo del problema que enfrenta nuestro estado con la construcción de naves industriales que no cumplen con las normas y que son realizadas de forma ilícita, se podría obtener de esta investigación una base de datos que nos ayude a que ese tipo de construcciones se pueda regularizar aplicando la ingeniería civil.

De continuar con la investigación y el diseño de nuevos materiales un cambio se dará en los próximos años en lo referente a la construcción de naves industriales o almacenes grandes, para diferentes necesidades que requiere nuestra sociedad poblana, lo que evolucionará la forma de hacer las cosas, obligara a la creación de nuevas herramientas de análisis, de diseño y de producción, por ende habrá rapidez, control de calidad, limpieza de trabajo pero sobre todo, un costo accesible deseable a la concepción de cualquier nave industrial en la zona industrial de Amozoc en donde los ingenieros civiles tendríamos que ser los líderes para la correcta ejecución en la construcción de estas.

1.6 Metodología

A partir del exposición del conocimiento que rodeo la construcción de este proyecto podemos guiar en todos y cada uno de los procesos con pasos necesarios a considerar para la construcción de naves industriales, ya que un servidor intervino desde la elaboración de las plataformas de terracerías y las compactaciones necesarias de acuerdo al estudio de mecánica de suelos, hasta la construcción de cimentaciones, columnas, trabes, marcos rígidos, muros divisorios sintéticos, así que como la concepción de todas las instalaciones necesarias para el funcionamiento óptimo de dicho inmueble.

CAPÍTULO 2.

GENERALIDADES

De acuerdo al libro más antiguo que ha leído el hombre, como se mencionó anteriormente, la Biblia describe que Egipto fue la primera potencia mundial, gracias al gran almacenaje que tuvo durante siete años, pudieron sobrevivir los siguientes siete años donde hubo hambruna y sequía en el resto de la región.



Figura 2.1 Pirámides de Egipto (Ruiz, 2017)

Sólo Egipto tuvo la iniciativa de la construcción de grandes almacenes debido a la interpretación de un sueño por parte de un hombre llamado José el soñador, el cual indicó al faraón el sueño que tuvo acerca de siete vacas gordas en buen estado y que de repente eran devoradas por siete vacas flacas y en mal estado. De acuerdo a la Biblia la interpretación de este sueño era el siguiente: las siete vacas gordas en buen estado representaban siete años de prosperidad para el cultivo la producción y la recolección de la siembra para la generación de riquezas a los Egipcios, la otra parte del sueño, las siete vacas flacas que se comían a las vacas gordas representaban los siete años de sequía que iba a ver en el planeta por lo que la decisión era la construcción de grandes almacenes y el resguardo de todo tipo de mercancías en ellos, lo que te catapultó a Egipto como la primera potencia mundial debido a que todos tenían que ir a comerciar con ellos y a sus precios y esto es, por lo que creemos que fue una manera de aplicar la ingeniería en ese tiempo.

En los siglos XVIII y XIX debido a la Revolución Industrial, surgen los primeros edificios industriales trayendo consigo una nueva forma de vida, transformando por completo la sociedad. Antes de dicha revolución la economía se basaba en el trabajo artesanal organizado en agrupaciones. Posteriormente comenzaría la producción de edificios que alojaban las máquinas, la mano de obra y las materias primas, además de las fuentes de energía como el carbón y el agua. Las primeras fabricas servían de viviendas para los obreros que trabajan en ellas. Con el avance de la industrialización, se realizó la producción en serie de las naves.

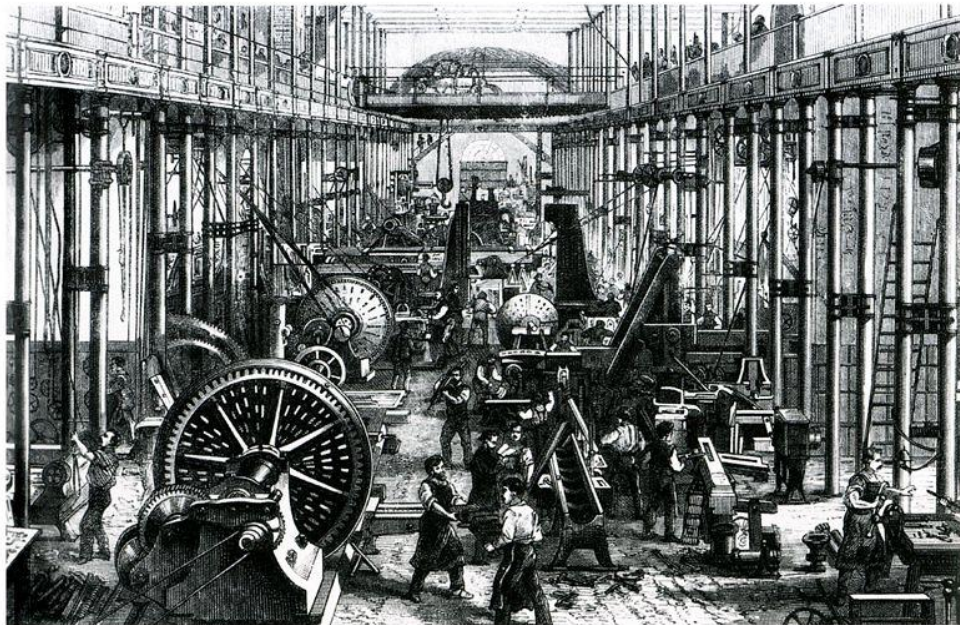


Figura 2.2 Almacenes en la Revolución Industrial (Wikipedia, 2020)

Las primeras construcciones de naves industriales utilizaban estructuras y materiales como vigas y cerchas de madera sobre muros de carga, utilizaron bóvedas de piedra natural o ladrillo y tabicadas esto fue basándose a la arquitectura que había en esa época.

El uso de vigas de madera limitaba la distancia de separación de los puntos de apoyo a 6 metros como máximo. Sin embargo, esto fue solucionado construyendo cerchas de madera. Los muros de carga se levantaban con ladrillos o mampostería, llegando a sufrir modificaciones en la estabilidad lateral del muro con ayuda de inclusiones de pilastras.

Las bóvedas también impedían el desarrollo de grandes luces. Como resultado los edificios industriales construidos con las estructuras anteriores se limitaron a una planta estrecha y alargada. El

edificio se sustentaba en un apoyo continuo de la cubierta a lo largo de los muros, pero tenía una doble función, por un lado, rodeaban los elementos que separaban el espacio interior del exterior hacia el estrecho, y por otro lado eran los elementos estructurales que debían soportar las cargas (Wikipedia, 2020).

Algo que también se caracterizaba eran los edificios altos divididos en plantas, en donde en la planta baja se ubicaban los elementos pesados como máquinas de producción mientras que en las plantas altas los empleados desarrollaban labores de manufactura, apoyándose de herramientas y maquinaria ligera. Una característica particular de las naves industriales era su austera iluminación y ventilación.

Las soluciones arquitectónicas tradicionales no satisfacían las crecientes necesidades de la industria emergente: transparencia, gran espacio de producción, mayor iluminación, funcionalidad, etc. Debido a esto surgió la arquitectura industrial incorporando nuevos tipos de estructuras, utilizando los avances en acero y tecnologías de montaje (Wikipedia, 2020).

El acero como material de construcción permitió crear un abanico de combinaciones. Los muros de carga tradicionales se obtienen insertando acero en el techo, se pueden usar columnas de hierro fundido y los muros de carga se pueden combinar con columnas de metal. Alternativamente, se puede construir un almacén totalmente metálico, principalmente utilizando vigas metalizas. Estos elementos están formados por un perfil triangular de acero con uniones remachadas que permiten conseguir grandes luces. Las columnas de fundición con cercha metálica permiten que el apoyo del edificio no se realice sobre elementos continuos como un muro de carga, si no sobre columnas o pilares que son elementos lineales.

Gracias al mejoramiento de las técnicas de unión de la soldadura y el roblonado, se mejoraron las estructuras de acero. Fue muy importante en este aspecto el desarrollo de los fundamentos de la elasticidad y resistencia de materiales que dotaron al campo de la construcción de herramientas que permitían calcular los esfuerzos en estructuras complejas como las hiperestáticas, y también permiten comprender la forma en que se resisten las cargas.

La invención del hormigón armado se dio por el siglo XX y se basó en el sistema de patentes. E.E.U.U. comenzó utilizándolo para la construcción de depósitos, silos y estructuras similares mientras que se patentaban los avances en nuevos tipos de estructuras de edificación basados en la utilización del hormigón.

El hormigón es un material utilizado especialmente en la construcción. Es el resultado de una combinación de un aglutinante, comúnmente de arena, piedra triturada, cemento y agua. A veces, se suele añadir algún aditivo, esto con el fin de mejorar sus propiedades o bien para acelerar o ralentizar el proceso de fraguado.

Es un material resistente a la compresión, pero no soporta la tracción, resistente al fuego siempre que los recubrimientos de las armaduras sean suficientes. Además, se distingue entre el hormigón “in situ” que es aquel vertido directamente en obra mientras que el hormigón prefabricado, es aquel vertido, fraguado y hormigonado en una central de hormigonado. Las estructuras de hormigón prefabricado son relativamente contemporáneas y uno de sus usos más extendidos está en las naves industriales, especialmente basadas en pórticos y cerchas.

A fines de la década de 1990, hubo un fuerte desarrollo de naves industriales prefabricadas de hormigón. Independientemente de que estas sean de hormigón o metal se sitúan en terrenos especialmente habilitados, conocidos como polígonos industriales, los cuales se encuentran autorizados para utilizar el suelo con fines industriales a propuesta de ayuntamientos y de administraciones autónomas. A finales de la década de 1990 hubo un crecimiento de las naves industriales de hormigón prefabricado (Wikipedia, 2020).

Las naves industriales cuentan con servicios como abastecimiento de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, red telefónica, así como una buena comunicación con carreteras, ferrocarriles puertos marítimos o aeropuertos.



Figura 2.3 Nave Industrial

2.1 Tipos de estructuras

Existen 3 tipos de estructuras para la edificación de naves industriales:

- **Estructura metálica.** Construcción de metal, con rigidez baja. Estas vigas son livianas y se pueden mover fácilmente durante la construcción.
- **Estructura de hormigón.** Es más rígida. Las vigas son mas pesadas y se requiere un tiempo de construcción mayor que las de las estructuras metálicas.
- **Estructura mixta.** Es aquella que es una mezcla de dos materiales.

Los tipos de cubiertas que existen son:

- Cubierta tipo Sandwich
- Cubierta tipo Deck
- Cubiertas autoportantes
- Cubiertas simples.



Figura 2.4 Interior de una Nave Industrial

Las condiciones de las naves industriales deben ser adecuadas para su correcto funcionamiento, por lo tanto, es recomendable revisar las condiciones de trabajo, las cuales están relacionadas con el seguridad y salud, así como tener una calidad de vida favorable con las condiciones del empleo.



Figura 2.5 Interior de Nave Industrial usada para almacenaje

El periodo de construcción de la nave puede llevar de 4 - 6 meses dependiendo de su tamaño, sin embargo, hay que algunas que requieren ciertos servicios e instalaciones que hacen que se consideren como una etapa más de la obra.

Existen algunos factores que se deben de tomar en cuenta antes de elegir la nave o la ubicación de la nave industrial, los cuales son:

- Ubicación del polígono industrial: Es importante hacer una valoración de las infraestructuras adyacentes o cercanas al lugar en donde se quiera instalar, que puedan facilitar el aprovisionamiento de materias primas o el fácil servicio a futuros clientes.
- Uso de la nave: Es importante el uso y a actividad que se vaya a desarrollar en la nave. Normalmente el diseño del mismo dependerá a las necesidades de espacios y distribución de los mismos que requiera la actividad productiva de la industria.
- Tamaño: Es necesario considerar las necesidades actuales y las expectativas de crecimiento empresarial. En este sentido, cabe señalar que la normativa urbanística española es muy segura, lo que hace que el proceso de urbanización sea muy extenso.

CAPÍTULO 3.

DATOS Y GENERALIDADES DE LA NAVE INDUSTRIAL REGSA

3.1 Localización

Según el INEGI (2009) el municipio de Amozoc se ubica en la parte central del estado de Puebla cuyas coordenadas geográficas son $18^{\circ} 00'30''$ y $19^{\circ} 12' 12''$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 59'18''$ y $98^{\circ} 08' 42''$ de longitud occidental, contando con un área de 135.18 km^2 . Colinda al norte con el municipio de Puebla y Tepatlaxco de Hidalgo, al sur con Cuautinchán, al oriente con los municipios de Tepatlaxco y Acajete y al poniente con el municipio de Puebla (p. 1).

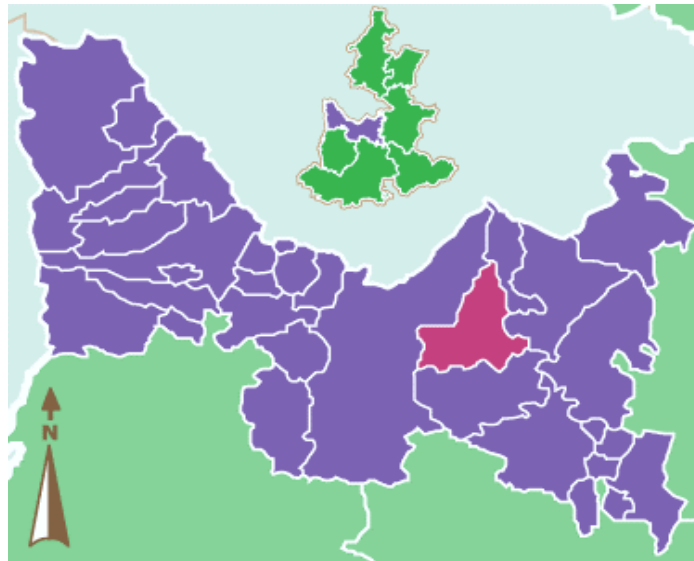


Figura 3.1 Macrolocalización de Amozoc, Puebla (INAFED, s.f)



Figura 3.2 Microlocalización del área de estudio, obtenida con Google Earth.

3.2 Orografía

En el municipio de Amozoc se encuentran tres tipos de regiones morfológicas: en la parte norte, las estribaciones inferiores de la Malinche, al centro el Valle de Tepeaca, y al sur la Sierra de Amozoc.

Según el INAFED (s.f.) el Valle de Tepeaca se encuentra limitado al norte por las estribaciones meridionales de la Malinche, al sur por la Sierra del Tentzo, al este por los llanos de San Juan y al oeste por el Valle de Puebla. La Malinche es un volcán apagado cuya cima tiene forma de cresta dentada con varios picos, con altitud de 4461 msnm y sus faldas se extienden hasta 134 km a su alrededor. Al extremo norte se alza el Pico de Xaltonalli mientras que al Sur está la parte occidental de la Sierra de Amozoc destacando los cerros Cuanecho, Grande, Huacatepec, entre otros (p. 1).

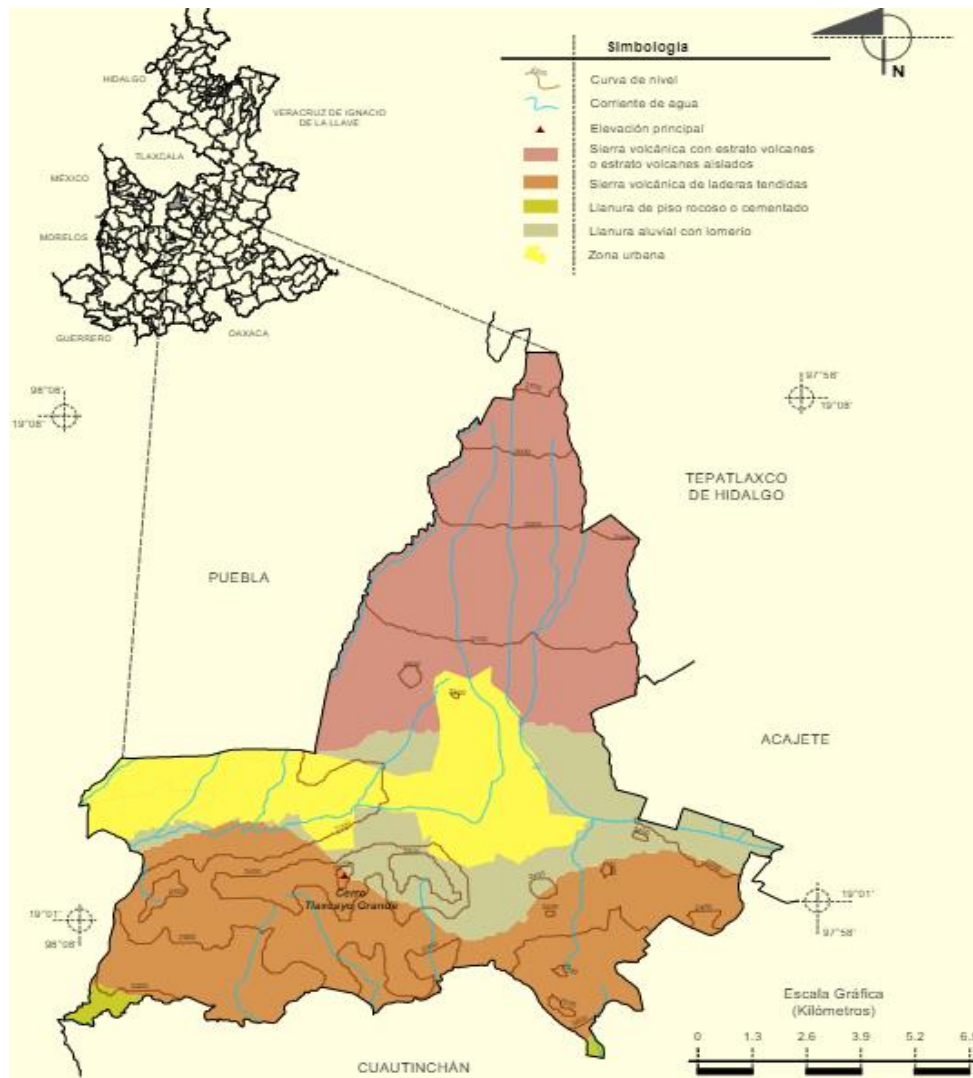


Figura 3.3 Mapa de la orografía en el municipio de Amozoc, Puebla (INEGI, 2009)

3.3 Hidrografía

El municipio pertenece a la cuenca del Atoyac, siendo esta una de las más importantes del Estado de Puebla. Sin embargo, esta no cuenta con corrientes superficiales que sean de importancia. Se desprenden arroyos de las partes altas de la Malinche y de la Sierra de Amozoc, estos arroyos bañan el municipio y convergen al centro en el valle de Tepeaca, donde se dirige hacia el oriente, o al poniente, para posteriormente servir como afluente del Atoyac (INAFED, s.f.).

3.4 Clima

El municipio de Amozoc se ubica dentro de las zonas de los climas templados del Valle de Tepeaca; identificándose el clima templado subhúmedo con lluvias en verano que se presenta en una franja latitudinal del sur del municipio predominando en las primeras estribaciones de la Malinche y el clima semi frío subhúmedo con lluvias en verano presentándose en las zonas más altas del volcán la Malinche, excluyendo la cumbre que presenta clima frío. Tiene un rango de temperatura de 14-18° C.

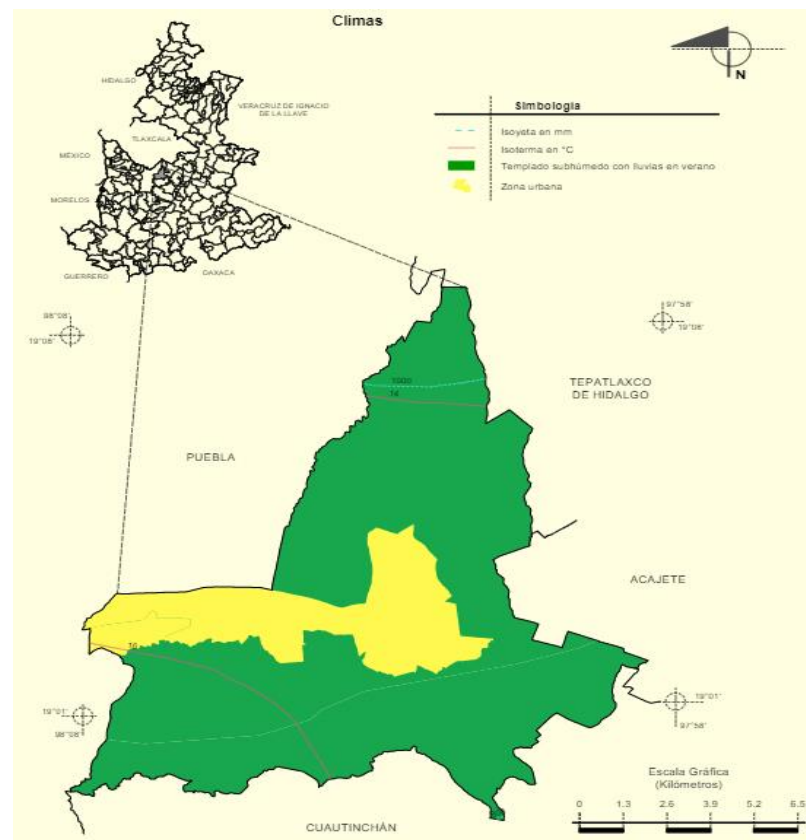


Figura 3.4 Mapa del clima en Amozoc, Puebla (INEGI, 2009)

3.5 Características y uso del suelo.

El municipio de Amozoc cuenta con tres tipos de suelos dominantes, según datos del INEGI (2009) estos son: Leptosol (39%), Luvisol (20%), Arenosol (20%), Phaeozem (1%) y Durisol (1%). Gran parte de los suelos del municipio se utilizan para el desarrollo de agricultura (55%), otra parte pertenece a pastizales (15% y bosques (11%) y, por último, el 19 % que conforma la zona urbana (p. 1)

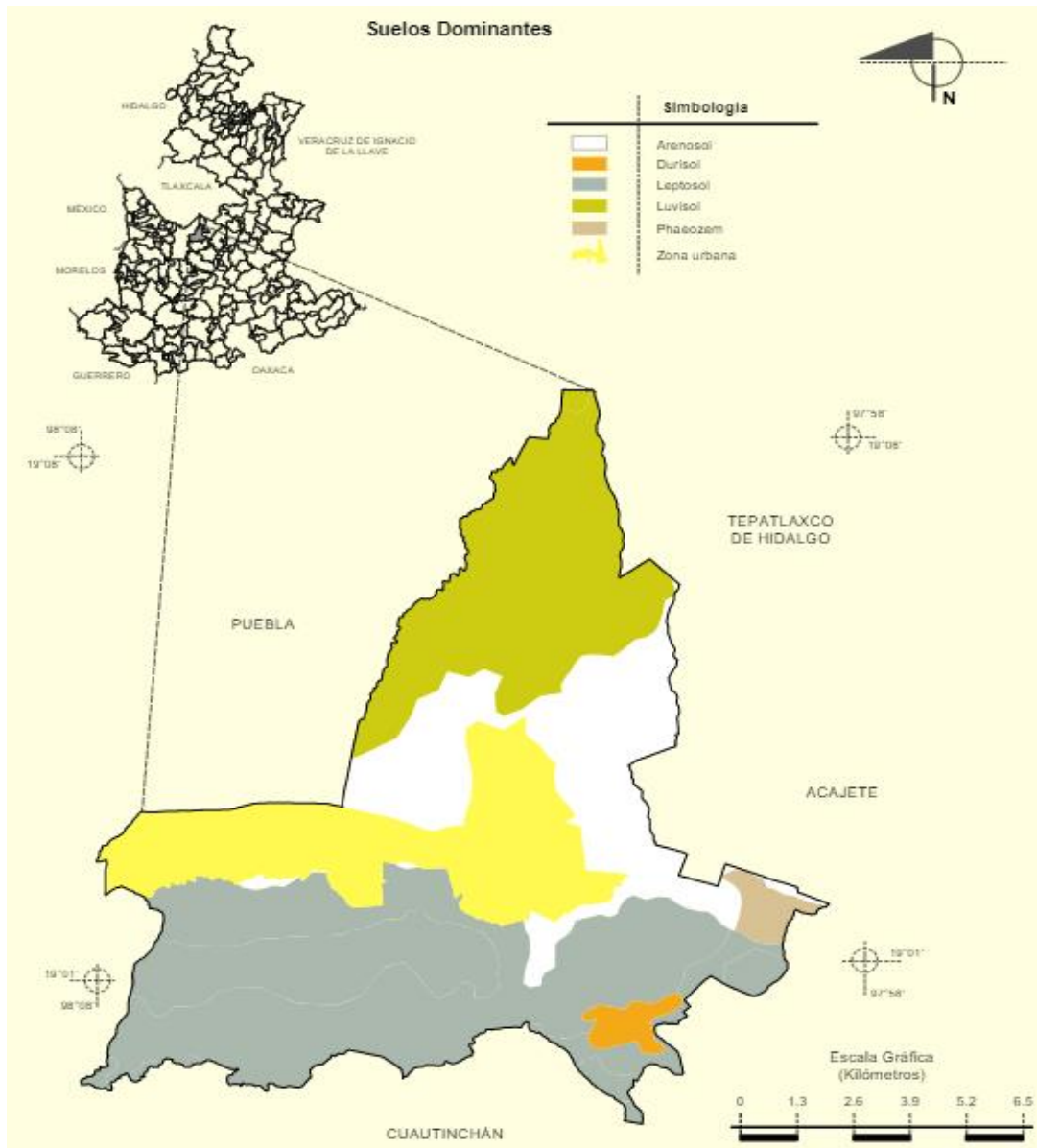


Figura 3.5 Características del suelo en Amozoc, Puebla (INEGI, 2009)

CAPÍTULO 4.

CONSTRUCCIÓN DE NAVE INDUSTRIAL REGSA, UBICADA EN EL CARRIL DE SAN CRISTOBAL 107, AMOZOC,

4.1 Estructuras inferiores

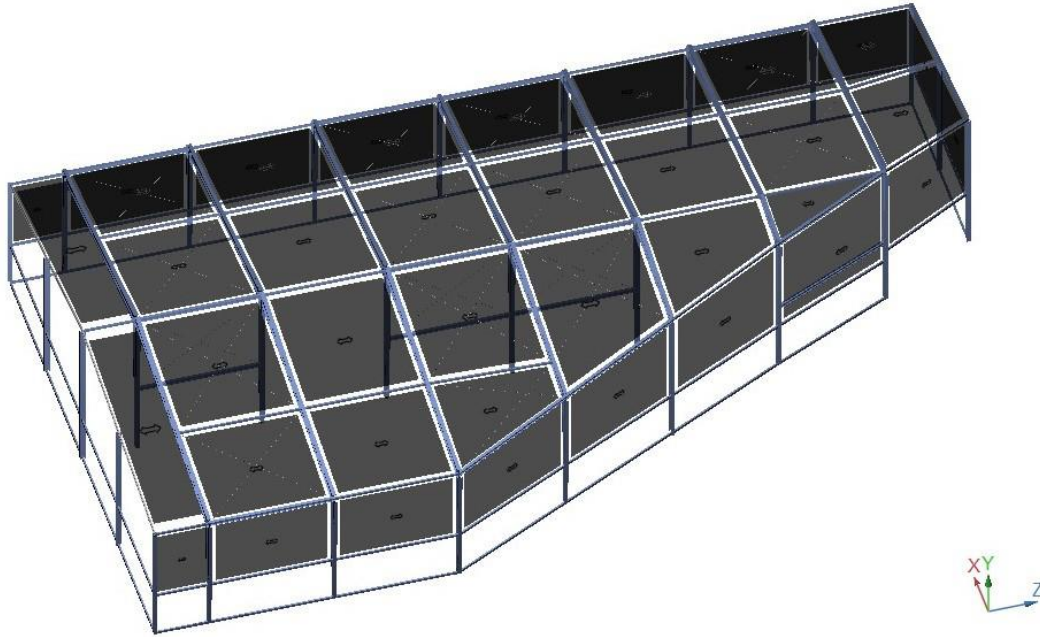


Figura 4.1 Estructura de planta trapecial de 40.30 m de ancho x 72.13 m de largo a ejes con 10.80 m de altura a rodilla

4.1.1 Cimentación

La cimentación se define como la primera parte de la construcción en el proceso de elaboración de una nave o de cualquier construcción o edificación de una estructura. Dicha cimentación es la base que tiene como objeto que se cumpla la primera ley de Newton la cual nos indica que “a toda acción corresponde una reacción de igual magnitud, igual dirección, pero en sentido contrario”, por lo que el peso total de la construcción o edificación sería la acción, mientras que la reacción es la generada por el terreno que está en contacto con dicha cimentación. En otras palabras, el peso total sería un vector hacia abajo mientras que la reacción del terreno con la estructura serían un vector hacia arriba y que al hacer la sumatoria de dichas fuerzas el valor será de cero, este es el principio básico de cómo diseñar una cimentación. Dependiendo de la capacidad de terreno se puede optar por algún tipo de cimentación que cumpla con la condición.

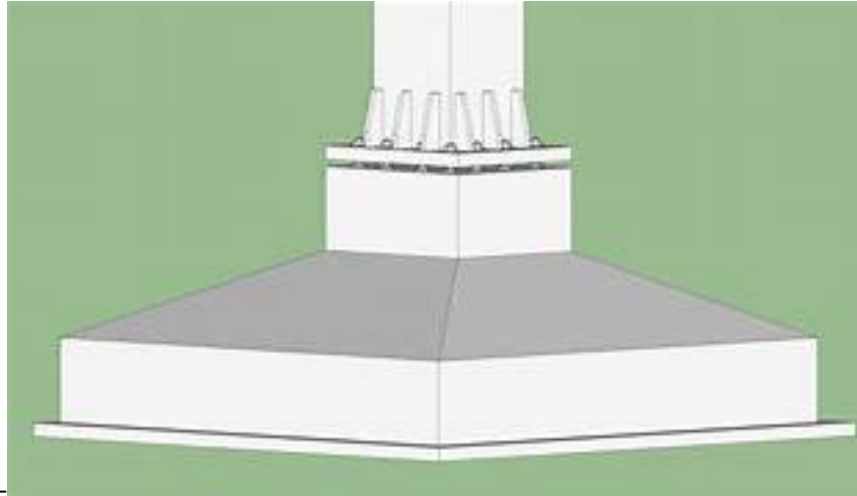


Figura 4.2 Ilustración de una zapata aislada

Es precisamente la cimentación la que se encarga de la interacción suelo – estructura, por consiguiente, es de suma importancia que cumpla con las condiciones de equilibrio y diseño para que la edificación logre su objetivo. Para la tesis se presentará la cimentación óptima de acuerdo a un estudio de mecánica de suelos, realizado con anterioridad, que reveló la capacidad de carga del terreno, indicando la base construida que funcionaría que sería adecuada para dicha condición, siendo la unión entre la estructura y el suelo natural, tomando en cuenta el equilibrio que debe tener la cuando la edificación se somete a diferentes cargas y los asentamientos inmediatos sean los inmediatos sean los permitidos por el reglamento de construcción.



Figura 4.3 Estructura de la Nave Industrial

Para lograr esto, se utiliza el principio básico del esfuerzo en el cual se indica que la fuerza dividida entre el área nos da un esfuerzo, el cual será menor o igual al esfuerzo de capacidad de carga de terreno.

Foto de fórmula de esfuerzo f/a

Un dato importante para el diseño de cualquier cimentación, es que la fuerza debe modelarse como un vector perpendicular al eje al eje x, que es en este caso el terreno natural sobre el cual estará sustentada la edificación con lo cual, logramos que todos los esfuerzos sean los permisibles.

Foto zapata

Se utilizó, como primer caso de cimentación para la nave industrial, una zapata aislada, la cual tiene como objeto recibir la carga sobre un área determinada que se conoce como losa de cimentación de dicha zapata y es transmitida directamente al terreno base en el que se desplantó.

Posteriormente, se encuentra el dado de la zapata, cuya función es empotrar a las columnas que viene de la parte superior de la estructura con el profundo cimiento descrito con anterioridad. El dado logra un empotramiento perfecto, en la ingeniería civil es conocido como el generador de las 3 reacciones necesarias para que las condiciones de la estática se cumplan, es decir, que la sumatoria de fuerzas en (X, Y) y momentos sean igual a cero, es aquí donde se aplica la primera ley de Newton.



Figura 4.4 Dado de zapata

Generalmente el proceso constructivo del dado es el siguiente: Como su nombre lo indica, es un dado de paralelepípedo lleno de concreto armado, dicho armado viene desde la base de la zapata llega hasta la parte superior del dado.

Se distingue por tener dimensiones mayores a las de la losa de la zapata, pero también tiene dimensiones menores a las de la columna que sustenta, por lo tanto, se considera la parte central entre la zapata y la columna y funciona como anclaje para la estructura de refuerzo vertical que en este caso es la columna.

El concreto y acero utilizado para la zapata y dado tiene que ser suficientemente resistente para abatir los esfuerzos generados por el peso y las reacciones del piso o suelo natural. Así como para la combinación de cargas que se utilizan para el cálculo de las cimentaciones para las naves industriales, las cuales son las de sismo, viento, nieve o la combinación de estos en un caso extremo.

Otra característica de la zapata aislada, cuyo nombre propio lo indica, es una porción de cimentación con las diferentes ubicaciones de la construcción con sus dimensiones, ya que se pudo utilizar una zapata corrida, en caso de que el estudio de mecánica de suelos lo hubiese requerido. Por lo que también se puede definir como pequeños bloques o cimientos aislados de diferentes ubicaciones. El proceso constructivo para la zapata aislada y su ubicación es simple, de acuerdo a un plano se van a ubicar en donde estén ubicadas las columnas, las cuales se ubican en donde existen trabes en los extremos y siguiendo una secuencia lógica, lo que se conoce en ingeniería civil como marcos de carga.

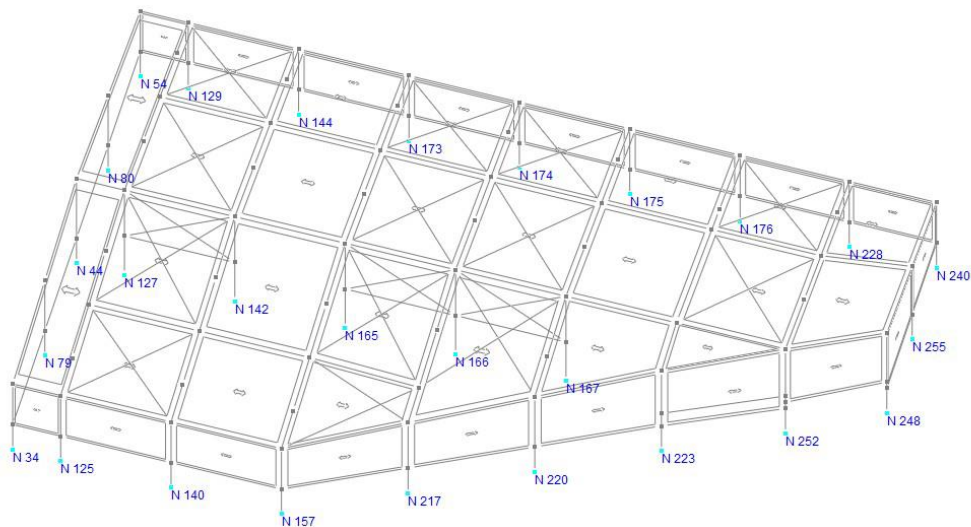


Figura 4.5 Ubicación de zapatas aisladas en proyecto

Otro aspecto importante, se debe lograr la unión de la columna metálica con las zapatas de concreto reforzado a partir de un anclaje logrado por el acero de las varillas y la placa de acero nivelada, esto sirve de soporte y unión entre la parte superior del dado y la parte inferior de la columna, lo anterior tiene como objetivo, la transmisión de esfuerzos homogénea garantizando el equilibrio en caso de existir cargas laterales dadas por eventualidades como sismo y vientos sobre la estructura.



Figura 4.6 Placa unión dado - columna

El acero del dado que pasa a través de la placa de anclaje, funciona como llave de cortante. El cortante, es definido como la fuerza perpendicular al eje longitudinal, en este caso sería de la varilla lo cual, permite también el equilibrio en la sumatoria de fuerzas sobre dicho eje.



Figura 4.7 Anclaje de columna a cimentación

Se armaron 27 zapatas aisladas de 2.00 m X 2.40 m con una parrilla de acero del no.4 a cada 18 cm de acuerdo al cálculo estructural y un dado para el empotramiento de las columnas como se observa en la figura.

PREFABRICADOS DE CONCRETO SOLANA
ZG5 **CENTRAL ORILLA GRANDE** 22/09/2012

Ht= 1.2	B1= 0.3	B= 2	
H1= 0.15	D1= 0.47	D= 2.4	
H2= 0.33	rec= 0.05		

peso propio ppr = 11.11 t	pv tierra = 1.8 t/m ³	Fz = 48 t
peso tierra = 8.05	esf suelo = 10 t/m ²	Mx = 0 t·m
peso dado = 0.29	esf accid = 11.5 "	My = 0 t·m
peso base = 2.78	f'c = 250 kg/cm ²	FC = 1.4
	fy = 4200 "	

esfuerzos en terreno $(Fz+ppr)/B \cdot D + \theta \cdot Mx/B \cdot D^2 + \theta \cdot My/D \cdot B^2$

	10.00	0.00	0.00
Ft = 10.00 t/m ²		Ft(d+D/2) = 10.00 t/m ²	

revisión de peralte por tensión diagonal

d=H2-rec = 0.28 m	B/d1 > 4 = 8.78	f'c = 0.8 f'c = 200
d1=d (1-2 (H2-H1)/(D-D1))	M(bzo cort 2.35	f'c = .85 f'c = 170
d1 = 0.23 m	M/Vd1 < 2 = 1.50	raiz(f'c) = 14.14 "
bzo cort = 0.685 m	p=0.7(f'c) ^{1/2} / fy	p = 0.0026 "
b ancho u = 1 m	q=p*fy/f'c	q = 0.0651
V= brazo cort (1.0) Ft(d)	FR =	FR = 0.8
V = 6.85 t	Vcr=FR b d 1 0.5 raiz(f'c)	art 2.1.5 NTCDF
Vu = 9.59 t	Vcr (ton) = 12.88	Vcr > Vu se acepta

revisión de peralte por momento

Mr = FR*b*d ² * f'c * q * (1-0.5*q)	M = 4.66	FR = 0.9
brazo mto = 0.965 m	Mu = 6.52	lim (Mu/b*d ²) / FR * f'c * q * (1-0.5*q)
M=brazo mto ² *(1.0) Ft/2		lim (Mu/b*d ²) = 9.64
As=p*b*d = 7.38 cm ²		Mu/b*d ² : 8.31 se acepta

opciones parr #3 c. 9.6 cm	parr #5 c. 26.8	parr #4 @180
parr #4 c. 17.2	parr #6 c. 38.6	

revisión por penetración

perímetro secc. crítica = 2*(B1+D1+(d+d1))	vu = Vu / área
perímetro secc. crítica = 2.56 m	vu = 10.36 kg/cm ²
área de sección crítica = perímetro*(d+d1)/2	vcr=FR*raiz(f'c) FR = 0.8
área de sección crítica = 0.65 m ²	vcr = 11.31 kg/cm ²
Vu=Fz*F.C. = 67.2 t	vcr > vu se acepta

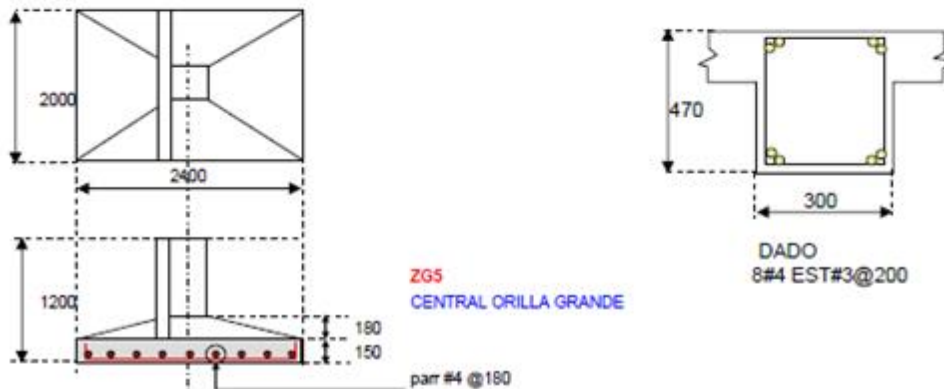


Figura 4.8 Cálculo estructural



Figura 4.9 Armado de zapatas aisladas con contratraves

4.1.2 Contratraves

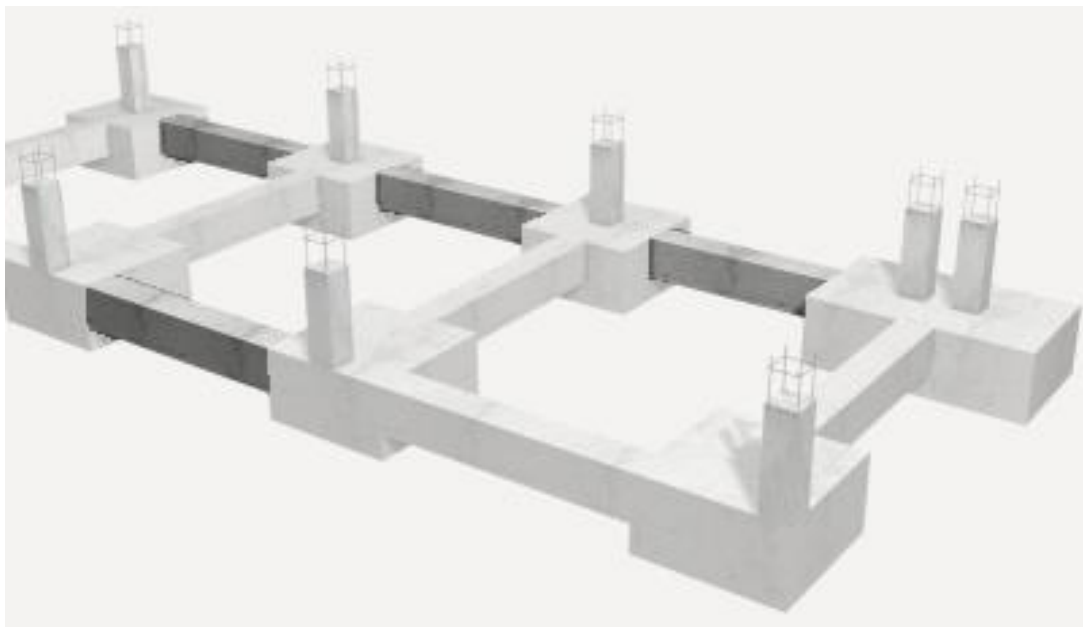


Figura 4.10 Representación de contratraves

El siguiente elemento utilizado como parte de la cimentación de la nave industrial construida en Amozoc, son las contratraves, se le denomina así ya que funciona en contra del comportamiento mecánico de una trabe normal, en donde el momento flexionante está por la parte inferior de dicho elemento y por lo tanto para la contratrabe estaría dado por la parte superior de esta, ya que los momentos flexionantes los genera la resistencia del terreno cuando el peso de la estructura, en este caso los muros de carga y la parte proporcional de la techumbre, hacen que la flexión tenga una curva hacia arriba de la contratrabe por lo tanto, el acero que rige para el diseño de una contratrabe también sería el superior.



Figura 4.11 Contratraves

La construcción de los contratraves tiene como objetivo que la cimentación trabaje de manera homogénea o bajo las mismas condiciones de carga y servicio, por lo que la transmisión de esfuerzos tendría que ser como de el de un solo cuerpo, en donde estarían unidos las zapatas aisladas junto con los dados y el acero de estos estaría entrelazados con las varillas de los contratraves; Al ser colados con el mismo material, la misma resistencia mecánica y someterse a los mismos esfuerzos, el comportamiento cumple con las hipótesis fundamentales de los cuerpos deformables como homogeneidad e isotropía, continuidad, de esta forma se garantiza que la estructura tenga una base sólida y un comportamiento mecánico ideal ante los esfuerzos transmitidos por el peso de la edificación.



Figura 4.12 Contratraves Nave industrial Amozoc, Puebla

Por último, se debe recordar que los contratraves sirven como la cadena de inicio para los muros que van a delimitar el interior o el perímetro de la nave industrial construida.

4.1.3 Instalaciones sanitaria

Es de suma importancia tener el proyecto integral completo desde el inicio, ya que cuando se construyen las terracerías que forman la base del firme de la nave industrial, ya tendrían que estar ubicadas las instalaciones sanitarias junto con sus registros con las dimensiones necesarias para el desalojo de aguas negras y pluviales si fuera el caso.

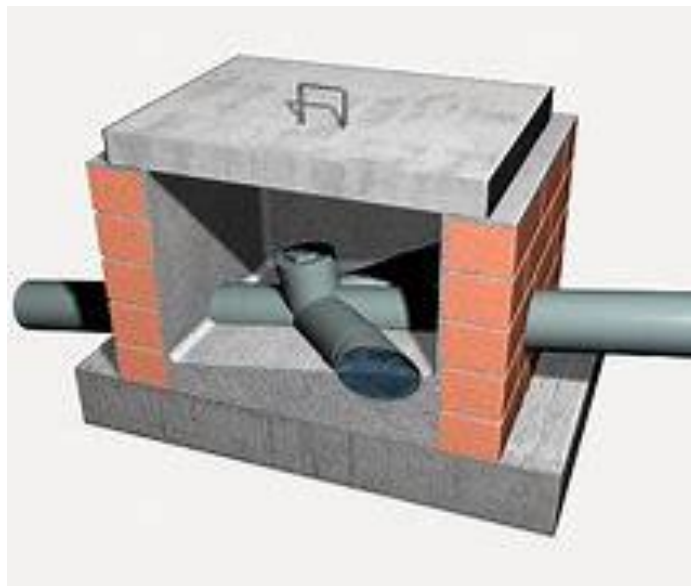


Figura 4. 13 Registro Sanitario

El gasto que genera la captación de aguas pluviales tendrá que ser previsto en casi de existir bajada de aguas pluviales intermedias y que es lo que se registrá por la normativa en dado caso de existir un colector pluvial general o desalojarlo en áreas verdes para el aprovechamiento de dicho recurso hídrico.

Cabe mencionar, que las cepas que se realizarán para la colocación de los tubos de policloruro de vinilo (PVC), una vez colocados, deberá rellenarse nuevamente dicha excavación en capas de 20 cm debidamente compactadas, ya que para su elaboración se rompió la estructura de terracería por lo que es sumamente importante volver a la compactación requerida para dicha base que generalmente es el Proctor y con esto evitar las deformaciones posibles en el piso firme de la nave industrial.



Figura 4.14 Instalación de drenaje



Figura 4.15 Instalación de tubos de drenaje

4.2 Estructuras superiores

4.2.1 Marcos rígidos

La estructura principal, está constituida por marcos rígidos transversales al eje de la cumbrera y de sección variable de acero estructural ASTM a-36, con separación máxima de 10 m entre ejes.



Figura 4.16 Columnas ancladas al dado conectadas por medio de placa de acero



Figura 4.17 Estructura de la Nave Industrial Amozoc, Puebla



Figura 4.18 Estructura a base de marcos

La estabilidad de la estructura en dirección longitudinal se logra a base de traveses formando marco con las columnas.



Figura 4.19 Estructura en forma de marcos

4.2.2 Muros colindantes

La mampostería que se utiliza para la construcción de los muros perimetrales de una nave industrial está regida por el cálculo estructural, ya que se debe considerar la altura total de la nave y el largo que tendrá cada uno de los muros para saber y calcular cuáles serán los esfuerzos verticales a los que se denominan castillos o en su defecto, si los elementos de mampostería son huecos para conocer si los elementos de mampostería son huecos, podrían colarse castillos internos debido a la geometría de estos elementos.



Figura 4.20 Muro perimetral de nave industrial Amozoc, Puebla

Se debe recordar que se debe utilizar juntas de separación entre elementos que corresponden a los marcos rígidos de carga, en este caso se habla de las columnas y la unión que tienen con los muros de mampostería, ya que al tener diferentes rigideces su comportamiento mecánico no es el mismo.



Figura 4.21 Muros perimetrales de nave industrial Amozoc, Puebla

En cuanto a la altura de los muros de mampostería, tendrá que ser regida por las Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, determinan a qué altura se podrán construir cadenas intermedias de reforzamiento horizontal de concreto reforzado que sirven como base para un comportamiento ideal de los muros ante los esfuerzos a los que están sometidos debido a las grandes alturas que generalmente se construyen las naves industriales.



Figura 4.22 Se utilizaron paneles de hormigón para las paredes de la nave industrial, seguidos de lámina PINTRO C-42 Cal. 26.

4.2.3 Cubierta



Figura 4.23 Cubierta de lámina

En cuanto a la techumbre o los elementos que funcionan como losa, generalmente son láminas o elementos sumamente esbeltos que están apoyados sobre largueros descritos detalladamente en la memoria de cálculo y la forma en que estos serán unidos para que prácticamente puedan trabajar ante las inclemencias de tiempo, como son la lluvia, granizo, viento, etc, y que también puedan ser sustentadas por peso propio y rigidizadas por tensores que trabajen a cortante y permitan el comportamiento homogéneo de toda la techumbre como si fuera una sola pieza.



Figura 4.24 Cubierta de lámina a dos aguas

De acuerdo al cálculo estructural se utilizaron largueros tipo Z y lamina filtro calibre 26 tensores de acero de media pulgada conectores de acero los cuales fueron debidamente impermeabilizados como se muestra en la figura.

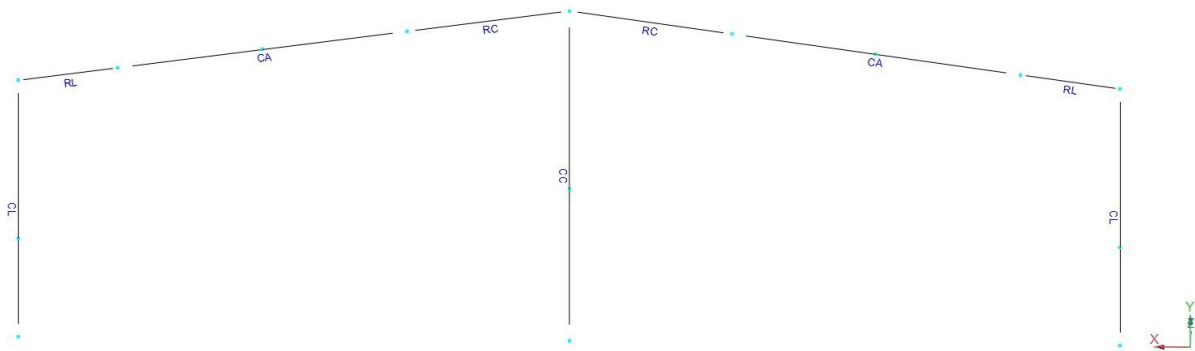
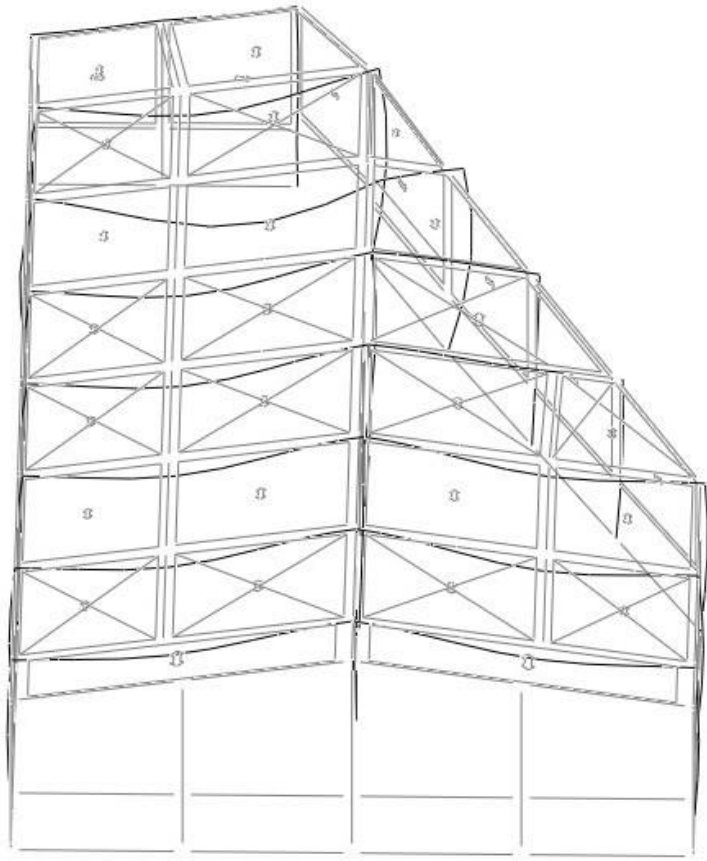


Figura 4.25 Diseño de la estructura



Figura 4.26 Tensores de media pulgada conectores de acero

4.3 Análisis estructural

El análisis estructural se realiza con apoyo de software especializado cuyo nombre comercial es “RAM ELEMENTS” y es utilizado mediante un modelo con comportamiento elástico lineal y efectos de primer orden.

El diseño de la estructura y de las conexiones de acero está basado en los criterios de las Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras metálicas del RCDF 2015 y el Manual de construcción en acero 5ta edición (IMCA)

Análisis sísmico

Para análisis por sismo, se utiliza el espectro de diseño del “COREMUN” 2016. La nave se clasifica como construcción del grupo B, el coeficiente sísmico es $c = 0.32$ para un suelo tipo II

Criterios para el Análisis

a) Estructuración

Tipo	Nave industrial
Largo	72.13 m
Ancho	40.30 m
Altura de rodilla	10.80 m

b) Clasificación

Destino (A, B ó C)	B	Grado de seguridad convencional Naves industriales, locales comerciales, Estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas
Grupo		

c) Factor de comportamiento sísmico Q

Ductilidad estructural en función de la estructuración

Q =	2	Marcos de acero con ductilidad reducida La resistencia de fuerzas laterales es suministrada por marcos de acero.
-----	---	--

Análisis Estático

a) Análisis de cargas

	Cubierta kg/m ²
Carga Muerta (12+13)	25
Carga Viva Maxima	40
Carga Viva Instantanea	20

b) Coeficiente sísmico c

$$c = 0.32 \quad \text{Puebla, Puebla}$$

c) Fuerzas sísmicas estáticas

	Carga W (kg/m ²)	Area a (m ²)	Peso W a (T)	c/Q	Fuerza F (T)
Cubierta	45	1.0	0.045	0.16	0.007

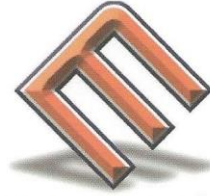
CONCLUSIONES

- En el transcurso de la historia del hombre siempre fue necesario buscar lugares seguros para almacenar primeramente comida, materias primas, herramientas que permitieron su desarrollo en todos sentidos, prueba de ello son las grandes potencias mundiales con el gran almacenamiento de riquezas, armas y productos de primera necesidad.
- El presente trabajo es una investigación acerca de un caso real para el proceso constructivo de una nave industrial localizada en Amozoc, en la cual yo fui residente general, posteriormente me ascendieron a superintendente de obra por parte de una empresa regionalmente conocida que se dedica a los aceros estructurales comerciales.
- Se dio información real y óptima para la construcción de una estructura moderna ligera y eficiente donde se almacenan mercancías maquinarias y equipos, así como cualquier materia prima lo que en ingeniería civil se conoce como nave industrial.
- La nave industrial REGSA es una estructura de planta trapecial de 40.30 m de ancho x 72.13 m de largo a ejes con 10.80 m de altura a rodilla cuya techumbre es a dos aguas con pendiente del 15%. La cubierta es a base de lámina PINTRO c-42 cal. 26, soportada mediante largueros tipo monten en "z" formados en frío de 20cm de peralte, y contra venteada con cable de alta resistencia. Cuyo análisis fue satisfactorio pues no ha presentado ninguna falla desde el momento en que se realizó.
- Toda la estructura se revisa para las condiciones y combinaciones de carga marcadas en los reglamentos de construcción incluidas carga gravitacional, sismo y viento.
- Los marcos rígidos de sección variable calculados y construidos son los óptimos para las condiciones de servicio de la nave (los esfuerzos y momentos mayores están en los nodos).
- La revisión por viento arrojó tensores de cable de acero tipo boa galvanizado de $\frac{1}{2}$ ".

- El acero estructural usado para la construcción es un ASTM A36 el cual es acero al carbono estructurales para la construcción de puentes y el sector de la construcción en general que cumplen los requisitos de las normas ASTM A36.
- Se utilizaron tornillos ASTM A325 estructurales de alta resistencia los cuales se utilizan para uniones de acero estructural, los cuales cuentan con una cabeza hexagonal pesada, un diámetro de cuerpo completo y usualmente son cortos en longitud ya que están uniendo acero con acero.
- Se utilizó una soldadura E70XX ya que el acero A36 es soldado exitosamente con este tipo de electrodo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gongora, K. (s. f.). Laminas y aceros. Obtenido de: <https://blog.laminasyaceros.com>
2. INAFED (s. f.). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, estado de Puebla. Obtenido de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21015a.html>
3. INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Amozoc, Puebla. Obtenido de: <https://docplayer.es/42955811-Prontuario-de-informacion-geografica-municipal-de-los-estados-unidos-mexicanos-amozoc-puebla-clave-geoestadistica-21015.html>
4. MABASA (16 de julio de 2019). Fachadas para naves industriales. Obtenido de: <https://mabasa.com.mx/fachadas-para-naves-industriales/>
5. Osorio, J. (s. f.). 360 en Concreto. Obtenido de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/pisos-industriales-en-concreto>
6. Piqueras, V. (26 de diciembre de 2014). Descabezado de Pilotes. Obtenido de: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/12/26/descabezado-de-pilotes/>
7. Sánchez, F. (19 de octubre de 2021). JSM Barcelona. Obtenido de: <https://www.jsmbarcelona.com/>
8. Wikipedia (02 de abril de 2020). Nave industrial. Obtenido de: https://es.wikipedia.org/wiki/Nave_industrial



MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Nave Industrial

Ubicación: Parque industrial Chachapa C.P. 72990 Amozoc, Puebla.

ESTRUCTURACIÓN GENERAL:

ESTRUCTURA DE PLANTA TRAPEZIAL DE 40.30 m DE ANCHO x 72.13 m DE LARGO A EJES CON 10.80 m DE ALTURA A RODILLA. LA TECHUMBRE ES A DOS AGUAS CON PENDIENTE DEL 15%. LA CUBIERTA ES A BASE DE LÁMINA PINTRO C-42 CAL. 26, SOPORTADA MEDIANTE LARGUEROS TIPO MONTEN EN "Z" FORMADOS EN FRÍO DE 20cm DE PERALTE, Y CONTRAVENTEADA CON CABLE DE ALTA RESISTENCIA.

LA ESTRUCTURA PRINCIPAL, ESTÁ CONSTITUIDA POR MARCOS RÍGIDOS TRANSVERSALES AL EJE DE LA CUMBRERA Y DE SECCIÓN VARIABLE DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36, CON SEPARACIÓN MÁXIMA DE 10 m ENTRE EJES. LA ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA EN DIRECCIÓN LONGITUDINAL SE LOGRA A BASE DE TRABES FORMANDO MARCO CON LAS COLUMNAS.

TODA LA ESTRUCTURA SE REvisa PARA LAS CONDICIONES Y COMBINACIONES DE CARGA MARCADAS EN LOS REGLAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN INCLUIDAS CARGA GRAVITACIONAL Y SISMO.

LA CIMENTACIÓN ESTÁ INTEGRADA POR ZAPATAS AISLADAS DE CONCRETO REFORZADO.





ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

ANÁLISIS DE CARGA:

ANÁLISIS DE CARGA SOBRE CUBIERTA:

CARGA MUERTA DE DISEÑO

Lámina de cubierta	5kg/m ²
Largueros	5 kg/m ²
Instalaciones	2 kg/m ²
Misceláneos	<u>1 kg/m²</u>
TOTAL C.M.	13 kg/m ² + P.P.

CARGA VIVA DE DISEÑO

Cubierta con pendiente mayor a 5%	
Carga viva máxima	C.V.M. 40 kg/m ²
Carga viva accidental	C.V.A. 20 kg/m ²
Carga viva de servicio	C.V.s. 5 kg/m ²

CARGAS ACCIDENTALES

PARA ANÁLISIS POR SISMO, SE UTILIZA EL ESPECTRO DE DISEÑO DEL "COREMUN" 2016. LA NAVE SE CLASIFICA COMO CONSTRUCCIÓN DEL GRUPO B, EL COEFICIENTE SÍSMICO ES $c = 0.32$ PARA UN SUELO TIPO II.



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANA®

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL:

EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL SE REALIZA CON APOYO DE SOFTWARE ESPECIALIZADO CUYO NOMBRE COMERCIAL ES “RAM ELEMENTS.”. SE UTILIZA UN MODELO CON COMPORTAMIENTO ELÁSTICO LINEAL Y EFECTOS DE PRIMER ORDEN.

EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y DE LAS CONEXIONES DE ACERO ESTÁ BASADO EN LOS CRITERIOS DE LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL RCDF 2015 Y EL MANUAL DE CONSTRUCCIÓN EN ACERO 5ª EDICIÓN (IMCA).

MATERIALES:

LOS MATERIALES CONSIDERADOS DE ACUERDO CON LAS NORMAS ASTM o NOM SON LOS SIGUIENTES:

ACERO ESTRUCTURAL
PERFILES DOBLADOS EN FRIO
TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA
SOLDADURA

ASTM A-36
CALIDAD COMERCIAL
ASTM A-325 O SAE 5
E-70XX

Ingeniería

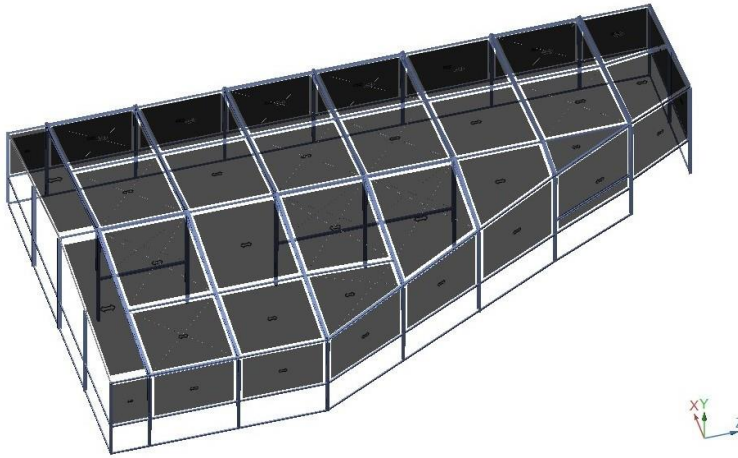
Ing. Carlos C. Ramírez Pacheco
Gerente calculista



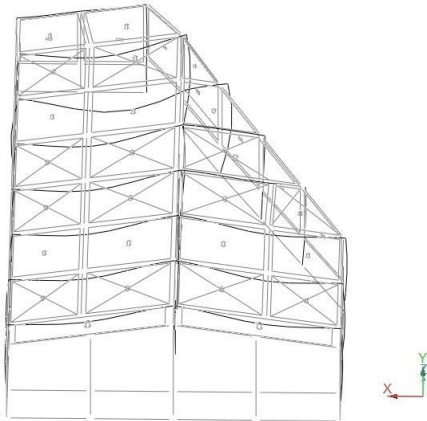
ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANA™

Modelo estructural



Estructura deformada (cargas de gravedad)





ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

Análisis sísmico

ANÁLISIS SÍSMICO

Criterios para el Análisis

a) Estructuración

Tipo	Nave industrial
Largo	72.13 m
Ancho	40.30 m
Altura de rodilla	10.80 m

b) Clasificación

Destino (A, B ó C)	
Grupo	B Grado de seguridad convencional Naves industriales, locales comerciales, Estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas

c) Factor de comportamiento sísmico Q

Ductilidad estructural en función de la estructuración

Q =	2 Marcos de acero con ductilidad reducida La resistencia de fuerzas laterales es suministrada por marcos de acero.
-----	---

Análisis Estático

a) Análisis de cargas

	Cubierta kg/m ²
Carga Muerta (12+13)	25
Carga Viva Maxima	40
Carga Viva Instantanea	20

b) Coeficiente sísmico c

c =	0.32	Puebla, Puebla
-----	-------------	-----------------------

c) Fuerzas sísmicas estáticas

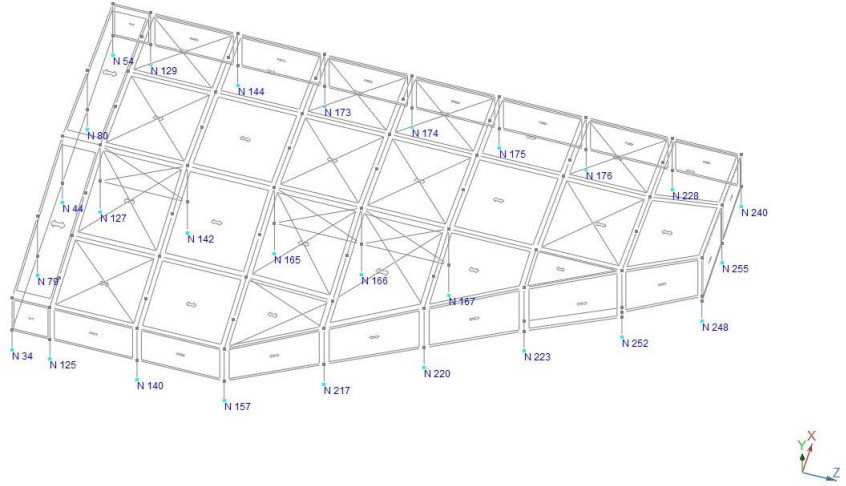
	Carga W (kg/m ²)	Area a (m ²)	Peso W a (T)	c/Q	Fuerza F (T)
Cubierta	45	1.0	0.045	0.16	0.007



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

Reacciones en cimentación

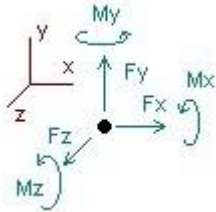




ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANA™

Reacciones



Direcciones de fuerzas y momentos positivos

Nudo	Fuerzas [Ton]			Momentos [Ton*m]		
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Estado C1=1.3CM+1.5CV						
34	-0.01083	12.47875	-0.22441	0.00000	0.00000	0.00000
44	-0.00007	14.18784	-0.00008	0.00000	0.00000	0.00000
54	0.01101	12.55600	-0.14257	0.00000	0.00000	0.00000
79	0.05586	15.13944	0.00021	0.00000	0.00000	0.00000
80	-0.05592	15.13948	-0.00021	0.00000	0.00000	0.00000
125	1.53381	13.43654	-0.49034	-0.07615	0.00000	-0.68106
127	-0.00728	15.13089	0.01203	0.00095	0.00000	0.01073
129	-1.54833	13.32913	-0.23769	-0.01782	0.00000	0.70132
140	2.10328	17.79720	-0.65086	-0.09557	0.00000	-0.96613
142	0.01352	20.09548	-0.02081	-0.02927	0.00000	-0.01997
144	-2.07986	17.91033	1.18085	-1.72731	0.00000	0.92754
157	1.71329	18.82218	0.13148	-0.15323	0.00000	-0.91297
165	0.25112	19.75038	0.00635	-0.00830	0.00000	-0.33805
166	0.78077	18.40739	-0.01130	-0.02458	0.00000	-0.79837
167	1.05459	16.86658	-0.02347	-0.03583	0.00000	-1.04978
173	-1.91434	17.85081	-0.22496	0.04950	0.00000	0.66768
174	-2.03921	18.26531	-0.07569	-0.00112	0.00000	0.65295
175	-1.97487	18.02071	0.03108	0.01397	0.00000	0.65956
176	-3.75945	20.75736	0.06346	0.03344	0.00000	1.33862
217	1.50023	16.83219	1.08833	-0.10809	0.00000	-0.70201
220	0.73490	13.16225	1.06841	-0.00341	0.00000	-0.41311
223	3.75546	21.97872	0.17347	-0.92223	0.00000	-2.62305
228	-2.04357	16.89465	-0.21711	0.45947	0.00000	0.66182
240	-0.89992	8.46437	-0.55509	1.37650	0.00000	-0.35196
248	1.01891	6.67935	0.10291	0.17769	0.00000	0.26205
252	1.86831	14.75276	-0.14161	-0.58769	0.00000	-1.65602
255	-0.06136	10.71860	-0.00150	0.00000	0.00000	0.00000
SUM	0.00006	425.42471	0.84085	-1.67909	0.00000	-4.63020
Estado C2=1.1CM+1.1CVi+1.1SX+0.33SZ						
34	0.56519	9.10024	-0.22133	0.00000	0.00000	0.00000
44	-1.00383	10.03181	-0.00213	0.00000	0.00000	0.00000
54	0.57583	10.18937	-0.53137	0.00000	0.00000	0.00000
79	-1.16594	10.41376	-0.00207	0.00000	0.00000	0.00000
80	-1.22157	10.43193	-0.00193	0.00000	0.00000	0.00000
125	-0.06328	8.56247	0.04492	0.10593	0.00000	0.93366
127	-0.95128	7.60054	-0.25884	-0.60543	0.00000	1.39090
129	-1.64997	10.12611	-0.43815	0.06003	0.00000	1.64322
140	0.20060	12.03423	0.21176	0.13732	0.00000	0.84253
142	-0.97813	11.34511	-0.28605	-0.62970	0.00000	1.42483
144	-1.92054	13.28969	0.76064	-1.40494	0.00000	1.80560



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANA®

157	0.52612	11.20113	-0.38818	0.14099	0.00000	0.37275
165	-0.75072	10.17457	-0.26688	-0.62519	0.00000	1.08543
166	-0.48699	10.39456	-0.33130	-0.68387	0.00000	0.86536
167	-0.32343	10.03951	-0.29253	-0.64756	0.00000	0.73620
173	-1.69290	12.87563	-0.47213	0.07727	0.00000	1.47724
174	-1.77681	13.26441	-0.31899	0.04770	0.00000	1.49196
175	-1.74375	13.26568	-0.24144	0.04637	0.00000	1.53033
176	-2.70815	14.27093	-0.22015	0.06681	0.00000	1.82125
217	-0.81104	11.58460	-0.77717	0.31978	0.00000	0.73634
220	-0.86192	9.59663	-0.66171	0.33327	0.00000	0.84789
223	0.68788	14.29923	-0.95613	-0.17103	0.00000	-0.40753
228	-1.79667	12.50627	-0.43674	0.42988	0.00000	1.45431
240	-0.77813	7.46270	-0.67347	1.15600	0.00000	-0.28669
248	0.82127	4.69862	-0.01451	-0.13409	0.00000	0.24786
252	0.23051	10.05546	-0.33764	0.01759	0.00000	0.07454
255	-0.55943	8.02077	0.00793	0.00000	0.00000	0.00000

SUM	-19.63709	286.83597	-7.10561	-1.96289	0.00000	20.08798
-----	-----------	-----------	----------	----------	---------	----------

Estado **C3=1.1CM+1.1CVi-1.1SX+0.33SZ**

34	-0.57617	9.79058	-1.05298	0.00000	0.00000	0.00000
44	1.00394	10.03185	-0.00214	0.00000	0.00000	0.00000
54	-0.56541	8.82711	-0.57727	0.00000	0.00000	0.00000
79	1.22226	10.43169	-0.00200	0.00000	0.00000	0.00000
80	1.16570	10.41359	-0.00208	0.00000	0.00000	0.00000
125	1.65824	10.41693	-1.17593	0.00302	0.00000	-1.65527
127	0.96003	7.45545	-0.31494	-0.73143	0.00000	-1.40387
129	0.07224	8.70488	-0.45617	0.06812	0.00000	-0.94637
140	1.92134	13.16665	-1.43975	-0.03922	0.00000	-1.80731
142	0.97971	11.48955	-0.34168	-0.75510	0.00000	-1.42715
144	-0.20227	11.93068	0.73936	-1.39868	0.00000	-0.84649
157	1.07854	15.02423	-0.02126	-0.19306	0.00000	-1.36517
165	1.05898	9.50146	-0.32975	-0.76643	0.00000	-1.50543
166	1.31437	9.59155	-0.40465	-0.83465	0.00000	-1.72672
167	1.37772	9.21299	-0.35437	-0.78759	0.00000	-1.77745
173	-0.19649	11.71536	-0.49797	0.08117	0.00000	-0.87527
174	-0.26215	12.08975	-0.34251	0.05278	0.00000	-0.87677
175	-0.27338	12.11661	-0.26492	0.05006	0.00000	-0.83967
176	-0.91946	12.96016	-0.24478	0.07048	0.00000	-0.72400
217	2.22385	13.26740	1.52393	-0.36207	0.00000	-1.57546
220	1.37521	11.48926	1.25467	-0.30400	0.00000	-1.29234
223	3.04561	15.67360	0.52713	-0.84457	0.00000	-2.53272
228	-0.16702	11.00934	-0.45604	0.43405	0.00000	-0.95101
240	-0.78481	6.57478	-0.68678	1.15731	0.00000	-0.30538
248	0.96622	5.42731	0.14088	0.19462	0.00000	0.18887
252	1.68172	10.62182	0.03280	-0.66269	0.00000	-1.96905
255	0.47856	8.19690	-0.00677	0.00000	0.00000	0.00000

SUM	19.63708	287.13147	-4.75595	-5.56789	0.00000	-26.21402
-----	----------	-----------	----------	----------	---------	-----------

Estado **C4=1.1CM+1.1CVi+1.1SX-0.33SZ**

34	0.56593	9.80304	0.83321	0.00000	0.00000	0.00000
44	-1.00398	10.01781	0.00203	0.00000	0.00000	0.00000
54	0.57586	10.78452	0.36428	0.00000	0.00000	0.00000
79	-1.16732	10.41427	0.00225	0.00000	0.00000	0.00000
80	-1.22075	10.43238	0.00196	0.00000	0.00000	0.00000
125	-0.07607	8.34895	0.66497	-0.08701	0.00000	0.95297
127	-0.96724	9.08810	0.33514	0.73714	0.00000	1.41454
129	-1.66864	9.97625	0.08133	-0.10554	0.00000	1.66849
140	0.21012	11.64829	0.78457	-0.05557	0.00000	0.82860
142	-0.96620	9.85948	0.30740	0.71253	0.00000	1.40725



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANA™

144	-1.90570	12.98035	1.28038	-1.53023	0.00000	1.78628
157	0.67131	11.24048	0.15113	0.03291	0.00000	0.43158
165	-0.80232	11.47224	0.33880	0.75398	0.00000	1.15847
166	-0.52404	10.31766	0.38697	0.79904	0.00000	0.91966
167	-0.32197	8.83174	0.31507	0.73356	0.00000	0.73220
173	-1.73933	13.20692	0.14659	-0.00137	0.00000	1.54600
174	-1.80955	13.33459	0.23923	-0.06034	0.00000	1.54211
175	-1.73697	12.87619	0.34085	-0.03060	0.00000	1.52368
176	-2.90392	14.90001	0.38209	-0.01843	0.00000	2.08774
217	-0.69572	11.51101	-0.41135	0.25240	0.00000	0.86494
220	-0.62782	9.34997	-0.15123	0.31068	0.00000	0.88826
223	0.77474	14.54242	-0.34129	-0.09150	0.00000	-0.13066
228	-1.91858	12.31134	0.13211	0.33879	0.00000	1.62504
240	-0.79410	6.88923	-0.20670	1.17274	0.00000	-0.28332
248	0.80766	4.66891	-0.03529	-0.00967	0.00000	0.25202
252	0.22259	9.18259	-0.18229	0.06272	0.00000	0.28035
255	-0.61501	8.01696	0.00283	0.00000	0.00000	0.00000
SUM	-19.63703	286.00567	5.76503	3.91625	0.00000	21.49617

Estado C5=1.1CM+1.1CVi-1.1SX-0.33SZ

34	-0.57544	10.49193	-0.00066	0.00000	0.00000	0.00000
44	1.00378	10.01784	0.00202	0.00000	0.00000	0.00000
54	-0.56539	9.42276	0.31918	0.00000	0.00000	0.00000
79	1.22089	10.43220	0.00233	0.00000	0.00000	0.00000
80	1.16654	10.41404	0.00179	0.00000	0.00000	0.00000
125	1.64548	10.20418	-0.55751	-0.18967	0.00000	-1.63603
127	0.94430	8.94307	0.27914	0.61107	0.00000	-1.38063
129	0.05372	8.55471	0.06340	-0.09775	0.00000	-0.92124
140	1.93072	12.78104	-0.86903	-0.23206	0.00000	-1.82111
142	0.99166	10.00406	0.25162	0.58651	0.00000	-1.44482
144	-0.18749	11.62094	1.25954	-1.52403	0.00000	-0.86567
157	1.22435	15.06700	0.51757	-0.30139	0.00000	-1.30784
165	1.00876	10.80391	0.27687	0.61410	0.00000	-1.43440
166	1.27583	9.52769	0.31426	0.64908	0.00000	-1.67037
167	1.37095	7.98971	0.25365	0.59384	0.00000	-1.76923
173	-0.24177	12.04575	0.12100	0.00244	0.00000	-0.80812
174	-0.29636	12.16073	0.21614	-0.05524	0.00000	-0.82432
175	-0.27405	11.73394	0.31789	-0.02682	0.00000	-0.83482
176	-1.10844	13.58363	0.35790	-0.01469	0.00000	-0.46661
217	2.33843	13.19226	1.89161	-0.42847	0.00000	-1.44482
220	1.60434	11.23002	1.76877	-0.32202	0.00000	-1.24125
223	3.13785	15.92039	1.14130	-0.76792	0.00000	-2.26330
228	-0.28369	10.80911	0.11281	0.34286	0.00000	-0.78770
240	-0.80079	6.00089	-0.21982	1.17401	0.00000	-0.30204
248	0.95267	5.39773	0.12043	0.31948	0.00000	0.19301
252	1.67709	9.75909	0.18715	-0.62005	0.00000	-1.76949
255	0.42323	8.19311	-0.01188	0.00000	0.00000	0.00000
SUM	19.63714	286.30172	8.11748	0.31328	0.00000	-24.80082

Estado C6=1.1CM+1.1CVi+0.33SX+1.1SZ

34	0.16485	8.52421	-1.73950	0.00000	0.00000	0.00000
44	-0.30091	10.04817	-0.00705	0.00000	0.00000	0.00000
54	0.17631	9.02302	-1.58612	0.00000	0.00000	0.00000
79	-0.32845	10.41943	-0.00703	0.00000	0.00000	0.00000
80	-0.38697	10.42501	-0.00644	0.00000	0.00000	0.00000
125	0.55476	9.46259	-1.10688	0.29304	0.00000	0.00441
127	-0.26300	5.77201	-0.98330	-2.23853	0.00000	0.38413
129	-1.02448	9.80215	-1.04583	0.25491	0.00000	0.70580
140	0.79140	12.87662	-1.03813	0.29801	0.00000	-0.06792



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANA®

142	-0.30745	13.17040	-1.00799	-2.25841	0.00000	0.44816
144	-1.33728	13.17415	0.15130	-1.25775	0.00000	0.90056
157	0.55549	12.51433	-0.88347	0.14724	0.00000	-0.31213
165	-0.04938	8.42213	-1.00889	-2.30915	0.00000	0.08227
166	0.18224	10.25339	-1.20721	-2.48937	0.00000	-0.09874
167	0.23844	11.11898	-1.03401	-2.32755	0.00000	-0.09130
173	-1.10793	12.08055	-1.19699	0.16954	0.00000	0.56310
174	-1.21272	12.77669	-0.97299	0.17411	0.00000	0.61008
175	-1.26599	13.34011	-0.92325	0.13624	0.00000	0.75279
176	-1.83742	13.07094	-0.92476	0.16633	0.00000	0.59748
217	0.11959	12.25562	-0.38303	0.16210	0.00000	-0.21545
220	-0.36657	10.49517	-0.56284	0.15444	0.00000	0.09427
223	1.42956	14.51091	-1.14393	-0.50584	0.00000	-1.49055
228	-1.06913	12.19058	-1.10096	0.53617	0.00000	0.39187
240	-0.76215	7.81252	-1.21704	1.13710	0.00000	-0.29722
248	0.88798	4.98885	0.06485	-0.16055	0.00000	0.22233
252	0.75857	11.28853	-0.38862	-0.27986	0.00000	-0.89719
255	-0.13056	8.08698	0.00851	0.00000	0.00000	0.00000
SUM	-5.89120	287.90402	-21.25162	-10.19780	0.00000	2.28674

Estado **C7=1.1CM+1.1CVi+0.33SX-1.1SZ**

34	0.16735	10.85969	1.76459	0.00000	0.00000	0.00000
44	-0.30146	10.00148	0.00685	0.00000	0.00000	0.00000
54	0.17646	11.00186	1.39207	0.00000	0.00000	0.00000
79	-0.33307	10.42112	0.00732	0.00000	0.00000	0.00000
80	-0.38425	10.42649	0.00641	0.00000	0.00000	0.00000
125	0.51083	8.75120	0.95553	-0.34730	0.00000	0.07065
127	-0.31731	10.77520	1.01130	2.26102	0.00000	0.46450
129	-1.08800	9.30500	0.68115	-0.29571	0.00000	0.79188
140	0.82404	11.59662	0.86807	-0.34222	0.00000	-0.11570
142	-0.26633	8.17418	0.98440	2.23915	0.00000	0.38744
144	-1.28640	12.14397	1.87975	-1.67416	0.00000	0.83434
157	1.03607	12.63412	0.90673	-0.21074	0.00000	-0.11229
165	-0.22516	12.77878	1.02855	2.31979	0.00000	0.33122
166	0.05876	9.97036	1.20490	2.48445	0.00000	0.08228
167	0.25069	7.08673	1.00931	2.30666	0.00000	-0.11565
173	-1.26601	13.18516	0.86055	-0.09175	0.00000	0.79717
174	-1.32162	13.01036	0.88331	-0.18498	0.00000	0.77701
175	-1.23669	12.03898	1.01294	-0.11964	0.00000	0.72032
176	-2.48544	15.16060	1.07778	-0.11710	0.00000	1.47968
217	0.49870	12.01029	0.82555	-0.06186	0.00000	0.21215
220	0.41339	9.68836	1.12511	0.07489	0.00000	0.21828
223	1.71719	15.31799	0.89248	-0.24309	0.00000	-0.57371
228	-1.47496	11.54269	0.79004	0.23308	0.00000	0.96027
240	-0.81512	5.90617	0.33513	1.19265	0.00000	-0.28603
248	0.84268	4.88958	-0.00429	0.25176	0.00000	0.23617
252	0.73069	8.39309	0.12551	-0.12988	0.00000	-0.21276
255	-0.31600	8.07421	-0.00837	0.00000	0.00000	0.00000
SUM	-5.89100	285.14429	21.62264	9.54502	0.00000	6.94724

Estado **C8=1.1CM+1.1CVi-0.33SX+1.1SZ**

34	-0.17748	8.73101	-1.98939	0.00000	0.00000	0.00000
44	0.30137	10.04818	-0.00705	0.00000	0.00000	0.00000
54	-0.16599	8.61448	-1.59974	0.00000	0.00000	0.00000
79	0.38796	10.42484	-0.00701	0.00000	0.00000	0.00000
80	0.32916	10.41948	-0.00649	0.00000	0.00000	0.00000
125	1.06914	10.01721	-1.47351	0.26217	0.00000	-0.76934
127	0.30829	5.72837	-1.00017	-2.27642	0.00000	-0.45117
129	-0.50989	9.37760	-1.05112	0.25733	0.00000	-0.06816



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANA®

140	1.30957	13.21814	-1.53403	0.24504	0.00000	-0.86567
142	0.28189	13.21385	-1.02472	-2.29612	0.00000	-0.41038
144	-0.81986	12.76465	0.14506	-1.25589	0.00000	0.10214
157	0.72122	13.66191	-0.77346	0.04699	0.00000	-0.83382
165	0.49386	8.21967	-1.02784	-2.35172	0.00000	-0.69547
166	0.72306	10.01466	-1.22932	-2.53481	0.00000	-0.87700
167	0.74792	10.86942	-1.05264	-2.36975	0.00000	-0.84411
173	-0.65870	11.73237	-1.20461	0.17068	0.00000	-0.14312
174	-0.75800	12.42400	-0.97992	0.17558	0.00000	-0.10103
175	-0.82571	12.99603	-0.93013	0.13731	0.00000	0.04307
176	-1.30064	12.67774	-0.93198	0.16739	0.00000	-0.16633
217	1.03070	12.76107	0.30751	-0.04264	0.00000	-0.90963
220	0.30411	11.06170	0.01254	-0.03624	0.00000	-0.54670
223	2.13710	14.92325	-0.69885	-0.70795	0.00000	-2.12833
228	-0.58018	11.74130	-1.10658	0.53738	0.00000	-0.32980
240	-0.76415	7.54593	-1.22088	1.13750	0.00000	-0.30282
248	0.93147	5.20744	0.11148	-0.06192	0.00000	0.20464
252	1.19399	11.45860	-0.27741	-0.48394	0.00000	-1.51032
255	0.18083	8.13978	0.00409	0.00000	0.00000	0.00000
SUM	5.89105	287.99268	-20.54615	-11.28001	0.00000	-11.60335

Estado C9=1.1CM+1.1CVi-0.33SX-1.1SZ

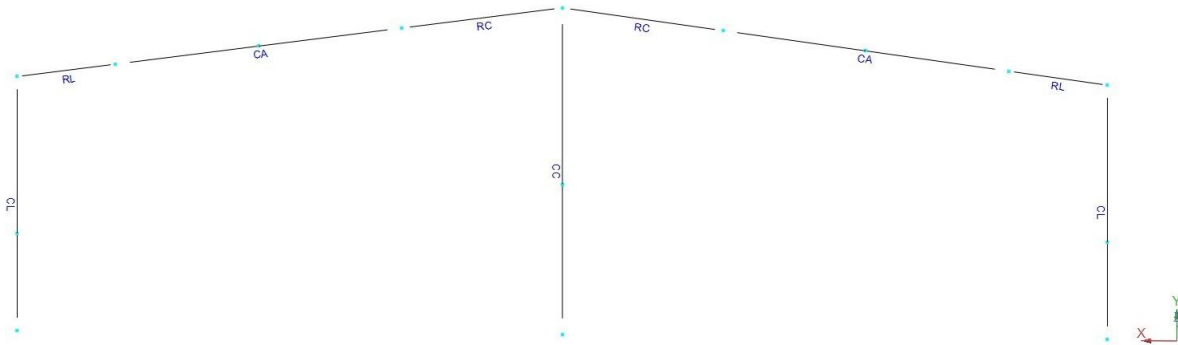
34	-0.17507	11.06631	1.51437	0.00000	0.00000	0.00000
44	0.30087	10.00149	0.00685	0.00000	0.00000	0.00000
54	-0.16593	10.59333	1.37853	0.00000	0.00000	0.00000
79	0.38340	10.42654	0.00734	0.00000	0.00000	0.00000
80	0.33195	10.42096	0.00636	0.00000	0.00000	0.00000
125	1.02750	9.30799	0.58868	-0.37811	0.00000	-0.70636
127	0.25642	10.73132	0.99449	2.22318	0.00000	-0.37445
129	-0.57098	8.87827	0.67577	-0.29337	0.00000	0.01453
140	1.33994	11.93616	0.37185	-0.39519	0.00000	-0.91021
142	0.32079	8.21810	0.96762	2.20129	0.00000	-0.46783
144	-0.77113	11.73633	1.87348	-1.67230	0.00000	0.03903
157	1.20203	13.78242	1.01668	-0.31106	0.00000	-0.63425
165	0.31825	12.57934	1.00997	2.27786	0.00000	-0.44678
166	0.59850	9.73186	1.18312	2.43952	0.00000	-0.69440
167	0.75843	6.83454	0.99091	2.26479	0.00000	-0.86587
173	-0.81668	12.83674	0.85287	-0.09060	0.00000	0.09084
174	-0.86787	12.65840	0.87637	-0.18345	0.00000	0.06740
175	-0.79794	11.69642	1.00604	-0.11851	0.00000	0.01297
176	-1.94668	14.76558	1.07051	-0.11598	0.00000	0.71322
217	1.40885	12.51439	1.51669	-0.26600	0.00000	-0.48052
220	1.08303	10.25215	1.70131	-0.11483	0.00000	-0.42040
223	2.42627	15.73147	1.33737	-0.44605	0.00000	-1.21362
228	-0.98436	11.09188	0.78424	0.23431	0.00000	0.23626
240	-0.81713	5.63967	0.33118	1.19303	0.00000	-0.29165
248	0.88618	5.10824	0.04243	0.35053	0.00000	0.21847
252	1.16714	8.56617	0.23637	-0.33476	0.00000	-0.82786
255	-0.00452	8.12702	-0.01278	0.00000	0.00000	0.00000
SUM	5.89125	285.23305	22.32864	8.46430	0.00000	-6.94146



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

Diseño de elementos





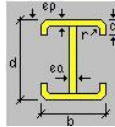
ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

FLEXION

Para sección con patin compacto, no compacto o esbelto y alma compacta o no compacta con doble simetría (F4).

SECCION EMPESA	30X62X6XCal 8XCal 8	Elemento	CA-230
c(cm)=	6		
b(cm)=	30	Material:	
d (cm)=	62	Fy (kg/cm ²)=	2530
e _p (cm)=	0.418	E (kg/cm ²)=	2039000
e _a (cm)=	0.418	Ω=	1.67
A (cm ²)=	59.66	φ =	0.9
I _x =	38670	Revisión de sección	
I _y =	3813	Ceja $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	10.79 $1 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ 28.39
r _x =	25.46		
r _y =	7.99	Patin $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	31.80 $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ 39.74
S _x =	1247.42		
S _y =	254.20	Alma $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	106.74 $5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ 161.82
Z _x =	1413	Ceja No compacto	2 $\frac{b}{\sqrt{t_f}}$ 14.35
Z _y =	318.8	Patin No compacto	2 $\frac{h}{t_w}$ 33.89
J=	3.5	Alma No Compacta	2 $\frac{h}{t_w}$ 146.33
C _w =	4,120,000.00		
h ₀ =	61.58	I _{yc} =	1,961.49
			L _b (cm)= 145
			L _p (cm)= 242.12
			L _r (cm)= 835.58



1.- Fluencia en el patin de compresión. M_x

h _c =	61.164	M _p =	3,574,890.00	
a _w =	1.49	M _{yc} =	3,155,970.97	C _b = 1
R _{pc} =	1.037			
S _{xc} =	1247.42	S _{xt} =	1247.42	

M_n = 3,273,804.16 kg-cm

2.- Pandeo lateral torsional. Mn = N.A.

a) Cuando L_b ≤ L_p No aplica.

b) Cuando L_p < L_b ≤ L_r: F_L = 1771
M_n = 3,273,804.16

c) Cuando L_b > L_r:

r _t =	7.75
F _{cr} =	57573.61
M _n =	3,273,804.16 kg-cm

M _x	
$\frac{M_n}{\Omega}$	17.93 T-m
φM	26.95 T-m

3.- Pandeo local del patin en compresión. Mn = 2,993,934.16

a) En perfiles con patines compactos no aplica.

b) En perfiles con patines no compactos:
M_n = 2,993,934.16

c) En secciones con patines esbeltos:
M_n = 697,783.96

Mu =	13.18 T-m
Comb:	C1

My

1.- Fluencia

M _p =	806,564.00
------------------	------------

2.- Pandeo local del patin

a) Con patines compactos no aplica.

b) En perfiles con patines no compactos:
M_n = 712,879.42

c) En perfiles con patines esbeltos.

F _{cr} =	1,225.31
M _n =	311,474.57

My	
$\frac{M_n}{\Omega}$	4.27 T-m
φM	6.42 T-m

Mu =	0 T-m
Comb:	C1



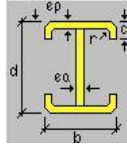
ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

CORTANTE

G2.- Miembros con almas atiesadas y no atiesadas

SECCION EMPESA	30X62X6XCa18XCa18	Elemento	CA-230
d (cm)=	62	Materiales:	
e _p (cm)=	0.418	F _y (kg/cm ²)=	2530
e _a (cm)=	0.418	E (kg/cm ²)=	2039000
h (cm)=	61.16	Ω=	1.67
A _w (cm ²)=	25.57	φ =	0.9
a (cm)=	145		
$\frac{h}{tw}$	146.33	K _v =	5.89
$\frac{a}{h}$	2.37		



Demás perfiles, excepto PTE tipo OC.

146.33	$\frac{h}{tw} \leq 1.10 \sqrt{\frac{KvE}{Fy}}$	75.79	C _v = 1
146.33	$\frac{h}{tw} \leq 1.37 \sqrt{\frac{KvE}{Fy}}$	94.39	C _v = 0.52
146.33	$\frac{h}{tw} > 1.37 \sqrt{\frac{KvE}{Fy}}$		C _v = 0.33

$\frac{V}{\Omega}$	7.78 Ton	Comb:	C1
φV	11.69 Ton	V _u =	4.5 Ton



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

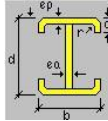
SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

FLEXION

Para sección con patin compacto, no compacto o esbelto y alma esbelta (F5)
con doble simetría.

SECCION EMPISA 35X92X6X3/16"X3/16" Elemento RC-228

C(cm)=	6				
b(cm)=	35	Materiales:			
d(cm)=	92	Fy (kg/cm ²)=	2530		
e _p (cm)=	0.476	E (kg/cm ²)=	2039000		
e _a (cm)=	0.476	Q=	1.67		
A (cm ²)=	86.77	φ =	0.9		
I _x =	118100	Revision de seccion			
I _y =	6341	Ceja $0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	10.79	$1\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	28.39
r _x =	36.89				
r _y =	8.55	Patin $1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	31.80	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	39.74
S _x =	2567.39				
S _y =	362.34	Alma $3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	106.74	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	161.82
Z _x =	2942	Ceja No compacto	2	$\frac{b}{t_f}$	12.61
Z _y =	461.9	Patin No compacto	2	$\frac{h}{t_w}$	36.76
J=	6.6	Alma Esbelta	3		191.28
C _w =	14,580,000.00				
h ₀ =	91.52				
		L _b (cm)=	600		
		L _p (cm)=	273.63		
		L _r (cm)=	934.06		



1.- Fluencia en el patin de compresión. Mx

h _c =	91.048	
a _w =	1.98	
R _{pg} =	0.968	≤ 1
S _{xc} =	2567.39	

M_n = 6,284,495.04 kg-cm

2.- Pandeo lateral torsional.

a) Cuando L ≤ L_p: No aplica.

b) Cuando L_p < L_b ≤ L_r:

F_{cr} = 2154.92 ≤ F_y

c) Cuando L_b > L_r:

r_t = 8.76
F_{cr} = 4292.10 ≤ F_y

M_n = 5,352,807.34 kg-cm

3.- Pandeo local del patin en compresión.

a) En perfiles con patines compactos no aplica.

b) En perfiles con patines no compactos:

F_{cr} = 2055.52

c) En secciones con patines esbeltos:

F_{cr} = 475.19

M_n = 5,105,891.70

Mx	
$\frac{M}{\Omega}$	30.57 T-m
φM	45.95 T-m

Mu	41.15 T-m
Comb:	C1

My

1.- Fluencia

M_p = 1,168,607.00

2.- Pandeo local del patin

a) Con patines compactos no aplica.

b) En perfiles con patines no compactos:

M_n = 839,223.07

c) En perfiles con patines esbeltos.

F_{cr} = 1,040.89

M_n = 377,158.44

My	
$\frac{M}{\Omega}$	5.03 T-m
φM	7.55 T-m

Mu	0 T-m
Comb:	C1



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

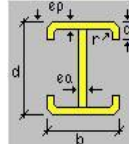
SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

CORTANTE

G2.- Miembros con almas atiesadas y no atiesadas

SECCION EMPESA 35X92X6X3/16"X3/16" Elemento RC-228

d (cm)=	92	Materiales:	
e _p (cm)=	0.476	F _y (kg/cm ²)=	2530
e _a (cm)=	0.476	E (kg/cm ²)=	2039000
h (cm)=	91.05	Ω=	1.67
A _w (cm ²)=	43.34	φ =	0.9
a (cm)=	145		
$\frac{h}{t_w}$	191.28		
$\frac{a}{h}$	1.59		



K_v= 6.97

Demás perfiles, excepto PTE tipo OC.

$$191.28 \quad \frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \quad 82.45 \quad C_v = 1$$

$$191.28 \quad \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \quad 102.69 \quad C_v = 0.43$$

$$191.28 \quad \frac{h}{t_w} > 1.37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \quad C_v = 0.23$$

$\frac{V}{\Omega}$	9.13 Ton	Comb:	C1
φV	13.73 Ton	Vu	9.53 Ton



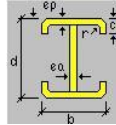
ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

FLEXION

Para sección con patin compacto, no compacto o esbelto y alma esbelta (F5)
con doble simetría.

SECCION EMPMSA	30X92X6X1/4"X3/16"	Elemento	CL-229
c(cm)=	6		
b(cm)=	30		
d(cm)=	92	Materiales:	
e _p (cm)=	0.635	F _y (kg/cm ²)=	2530
e _a (cm)=	0.476	E (kg/cm ²)=	2039000
A (cm ²)=	94.08	Ω=	1.67
I _x =	132200	φ=	0.9
I _y =	5541	Revisión de sección	
r _x =	37.49	Ceja	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
r _y =	7.67	Patin	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
S _x =	2873.91	Alma	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
S _y =	369.40	Ceja Compacto	1
Z _x =	3263	Patin Compacto	1
Z _y =	468.8	Alma Esbelta	3
J=	10.24		
C _w =	12,930,000.00		
h ₀ =	91.37		
		L _b (cm)=	1000
		L _p (cm)=	239.20
		L _r (cm)=	816.51



1.- Fluencia en el patín de compresión. M_x

h _c =	90.73
a _w =	1.67
R _{pg} =	0.972 ≤ 1
S _{xc} =	2873.91

C_b= 1.6

M_n = 7,065,479.99 kg-cm

2.- Pandeo lateral torsional.

a) Cuando L_b ≤ L_p: No aplica.

b) Cuando L_p < L_b ≤ L_r:

F_{cr} = 2447.63 ≤ F_y

c) Cuando L_b > L_r:

r_t = 7.66
F_{cr} = 1889.15 ≤ F_y

M_n = 5,275,789.53 kg-cm

M _x	
$\frac{M}{\Omega}$	31.59 T-m
φM	47.48 T-m

Mu	13.12 T-m
Comb:	C6

3.- Pandeo local del patin en compresión.

a) En perfiles con patines compactos no aplica.

b) En perfiles con patines no compactos:

F_{cr} = 2587.74

c) En secciones con patines esbeltos:

F_{cr} = 1151.05 k_c = 0.35

M_n = 3,214,503.20

My

1.- Fluencia

M_p = 1,186,064.00

2.- Pandeo local del patin

a) Con patines compactos no aplica.

b) En perfiles con patines no compactos:

M_n = 1,226,523.58

c) En perfiles con patines esbeltos.

F_{cr} = 2,521.34

M_n = 931,382.64

My	
$\frac{M}{\Omega}$	7.10 T-m
φM	10.67 T-m

Mu	4.22 T-m
Comb:	C6



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANASM

COMPRESIÓN

Se aplica a miembros con elementos esbeltos (E7)

k=	1.2		$\frac{kL}{r_x}$	32.01
$L_{(cm)}$ =	1000	322		
$r_{x(cm)}$ =	37.49		$\frac{kL}{r_y}$	156.36
$r_{y(cm)}$ =	7.67			

Revisión de sección

Ceja	$0.58 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	16.47	$\frac{b}{t_f}$	9.45	Compacto
Patin	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	39.74	$\frac{b}{t_f}$	23.62	Compacto
Alma	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	42.30	$\frac{h}{t_w}$	190.61	Esbelto

Esfuerzo crítico (F_{cr})

a) $\frac{kL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}}$ 151.84 $F_e = 823.09$
 $F_{cr} = 723.44$ $f = 698.85$
 $Q_s = 0.78$

b) $\frac{kL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}}$ $190.61 \frac{b}{t} \geq 1.49 \sqrt{\frac{E}{f}}$ 80.48
 $F_{cr} = 721.85$ $b_e = 1.92t \left[\frac{E}{f} \left(1 - \frac{0.34}{b/t} \sqrt{\frac{E}{f}} \right) \right] \leq b$
 $b_e = 44.61$
 $A_e = 72.96$

$P_n = 67,911.65 \text{ kg}$

$\frac{P}{\Omega} = 40.67 \text{ Ton}$

$\phi P = 61.12 \text{ Ton}$

Comb: C6
 $P_u = 6.63 \text{ Ton}$

Elemento	CL-229	Combinación	C6
P_u	6.63 Ton	M_{ux}	13.12 Ton-m
P_R	61.12 Ton	M_{uy}	4.22 Ton-m
$\frac{P_R}{P_c}$	0.11	M_{Rx}	47.48 Ton-m
		M_{Ry}	10.67 Ton-m

(a) Cuando $\frac{P_R}{P_c} \geq 0.2 =$ 0.71 \leq 1

(b) Cuando $\frac{P_R}{P_c} < 0.2 =$ 0.73 \leq 1



ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE PUEBLA, S.A. DE C.V.

SISTEMA DE NAVES INDUSTRIALES Y BODEGAS SOLANA™

Cimentación

PREFABRICADOS DE CONCRETO SOLANA

ZG5

CENTRAL ORILLA GRANDE

22/09/2012

Ht=	1.2	B1=	0.3	B=	2		
H1=	0.15	D1=	0.47	D=	2.4		
H2=	0.33	rec=	0.05				
peso propio ppr		pv tierra =	1.8 t/m ³	Fz =	48 t		
peso tierra=	8.05	esf suelo =	10 t/m ²	Mx =	0 t'm		
peso dado=	0.29	esf accid =	11.5 "	My =	0 t'm		
peso base=	2.76	f'c=	250 kg/cm ²	FC =	1.4		
	11.11 t	fy=	4200 "				
esfuerzos en terreno	$(Fz+ppr)/B'D + \theta'Mx/B'D^2 + \theta'My/D^2B^2$						
	10.00	0.00	0.00				
	Ft = 10.00 t/m ²	Ft(d+D1/2)=	10.00 t/m ²				

revisión de peralte por tensión diagonal

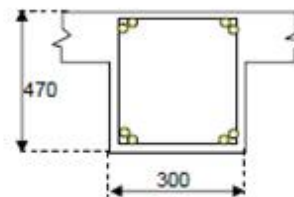
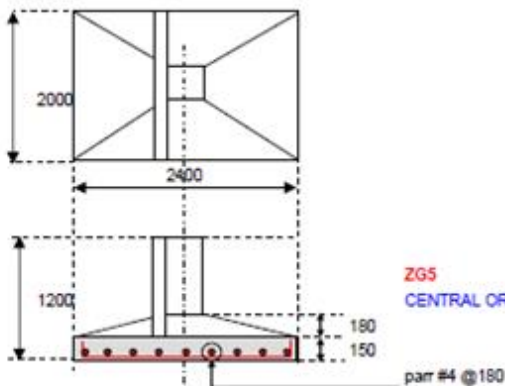
d=H2-rec =	0.28 m	f'c=0.8 f'c	200
d1=d (1-2 (H2-H1)/(D-D1))	B/d1 > 4 = 8.78	f'c=85 f'c	170
d1 =	0.23 m	raiz(f'c) =	14.14 "
bzo cort =	0.685 m	M/Vd1 < 2 = 1.50	p= 0.0026 "
b ancho u =	1 m	p=0.7(f'c) ^{1/2} / fy	q=p*fy/f'c 0.0651
V= brazo cort (1.0) Ft(d)		FR =	0.8
V =	6.85 t	Vcr=FR b d1 0.5 raiz(f'c)	art 2.1.5 NTCDF
Vu=	9.50 t	Vcr (ton)= 12.88	Vcr > Vu se acepta

revisión de peralte por momento

Mr = FR*b*d ² * f'c*q*(1-0.5*q)	M=	4.66	FR = 0.9
brazo mto =	0.965 m	Mu=	6.52
M=brazo mto ² *(1.0)* Ft/2		lim (Mu/b*d ²)= FR*f'c*q*(1-0.5*q)	
As=p*b*d =	7.38 cm ²	lim (Mu/b*d ²)=	9.64
opciones parr #3 c.	9.6 cm	Mu/b*d ² :	8.31 se acepta
parr #4 c.	17.2		
parr #5 c.	26.8		parr #4 @180
parr #6 c.	38.6		

revisión por penetración

perímetro secc. crítica= 2*(B1+D1+(d+d1))	vu = Vu / área		
perímetro secc. crítica=	2.56 m	vu =	10.36 kg/cm ²
área de sección crítica = perímetro*(d+d1)/2	vcr=FR*raiz(f'c)	FR =	0.8
área de sección crítica =	0.65 m ²	vcr =	11.31 kg/cm ²
Vu=Fz*F.C.	67.2 t	vcr > vu se acepta	



ZG5
CENTRAL ORILLA GRANDE

parr #4 @180