



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

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

**AUTOR:**

Br. Urquiaga Oblitas, Angel Jimmi (ORCID: 0000-0002-0413-3148)

**ASESOR:**

MSc. Ing. Arriola Moscoso, Cecilia (ORCID: 0000-0003-2497-294X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA - PERÚ**

2019

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de investigación a mi hermosa madre Nancy Oblitas que con su digno esfuerzo siempre supo inculcarme que el estudio es la mejor arma para defenderse en la vida y a mi linda hermana Diana Urquiaga quién bajo su ejemplo me motivó y guio a caminar hacia el éxito.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a nuestro creador y dador de la vida, a mi dulce madre por siempre ser mi motor e impulso cada vez que decaía, y a nuestros maestros quienes se esforzaron por inducirnos adquiriendo conocimientos para nuestra excelente formación profesional en nuestra casa de estudios.

## **PÁGINA DEL JURADO**

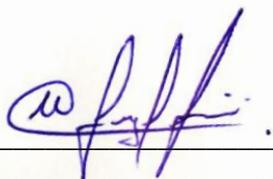
## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Angel Jimmi Urquiaga Oblitas, con DNI N° 71195960, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniera Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 21 de diciembre del 2019



---

Angel Jimmi Urquiaga Oblitas

DNI: 71195960

## ÍNDICE

<b>Carátula</b> .....	i
<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Página del Jurado</b> .....	iv
<b>Declaratoria de Autenticidad</b> .....	v
<b>Índice</b> .....	vi
<b>Resumen</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MÉTODO</b> .....	27
<b>2.1. Tipo y Diseño de Investigación</b> .....	28
<b>2.2. Operacionalización de variables</b> .....	30
<b>2.3. Población, Muestra y Muestreo</b> .....	31
<b>2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	32
<b>2.5. Procedimiento</b> .....	34
<b>2.6. Método de Análisis de datos</b> .....	35
<b>2.7. Aspectos éticos</b> .....	36
<b>III. RESULTADOS</b> .....	37
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	89
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	90
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	91
<b>VII. REFERENCIAS</b> .....	92
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	100

## RESUMEN

Este proyecto de investigación se enfoca en optimizar el diseño estructural de una nave industrial de 30 metros de luz estableciendo la separación ideal y optima entre los pórticos tipo tijeral, que será proyectada para un almacén general en la zona industrial central en el distrito de Cercado de Lima.

Luego del análisis de diez (10) diseños estructurales se logró encontrar el espaciamiento óptimo entre los pórticos tipo tijeral, para que así el sistema trabaje sin ninguna falla por gravedad, viento y sismo.

Esta investigación aplicada busca dar una solución estudiando el comportamiento de la superestructura de una nave industrial conformada por tubos de acero al carbono HSS, tomando como el objeto de estudio el comportamiento del pórtico tipo tijeral para hablar el distanciamiento ideal entre ellos, para ello antes de realizar el análisis y diseño estructural se respaldó y validó el instrumento de recolección de datos con tres ingenieros civiles expertos y especialistas en el tema.

Para el análisis y diseño estructural se utilizó el software SAP2000 v.20 y el software Tekla Structures para el modelado de la estructura, haciendo uso del método LRFD – Diseño por factor de carga y resistencia, empleando la norma Peruana “Reglamento Nacional de Edificaciones, edición 2018” y la norma Americana “ANSI / AISC 360-16”.

Finalmente se realizó un versus comparando el peso de la superestructura con la distancia planteada de cada pórtico y la deflexión de las correas de techo versus la separación entre cada pórtico, al igual considerando los desplazamientos y esfuerzos que fueron sometidos estos pórticos, por consiguiente se concluye que la separación ideal entre pórticos para el óptimo diseño estructural es de 8.00 metros, tanto en su peso del sistema como la cantidad de elementos que conforman esta nave industrial.

**Palabras claves:** nave industrial, optimización estructural, tijeral.

## ABSTRACT

This research project focuses on optimizing the structural design of an industrial warehouse with a 30 meter span, establishing the ideal and optimal separation between the truss-type porticoes, which will be projected for a general warehouse in the central industrial zone in the Cercado de Lima.

After the analysis of ten (10) structural designs, it was possible to find the optimal spacing between the truss frames, so that the system works without any failure due to gravity, wind and earthquake.

This applied research seeks to provide a solution by studying the behavior of the superstructure of an industrial warehouse made up of HSS carbon steel tubes, taking as the object of study the behavior of the truss-type gantry to discuss the ideal distance between them, for this before To carry out the analysis and structural design, the data collection instrument was supported and validated with three expert civil engineers and specialists on the subject.

For the analysis and structural design, the SAP2000 software v.20 and the Tekla Structures software were used for the modeling of the structure, using the LRFD method - Design by load factor and resistance, using the Peruvian standard "National Building Regulations, 2018 edition "and the American standard" ANSI / AISC 360-16 ".

Finally, a versus was performed comparing the weight of the superstructure with the distance set for each portico and the deflection of the roof purlins versus the separation between each portico, as well as considering the displacements and efforts that these frames were subjected, therefore it is concluded that the ideal separation between gentries for the optimal structural design is 8.00 meters, both in terms of the weight of the system and the number of elements that make up this industrial warehouse.

**Keywords:** industrial ship, structural optimization, scissor.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Para ejecutar una edificación en cualquiera de sus sistemas, se debe realizar previamente un análisis y diseño estructural en base a su arquitectura, condiciones ambientales y la zona en donde se construirá, así determinando la resistencia, estabilidad, rigidez, durabilidad y sobre todo salvaguardar las vidas y materiales de gran valor que se albergue dentro de ella.

La Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) representada por su presidente Enrique Espinosa, afirmó en una publicación de Radio Programas del Perú (RPP Noticias) en septiembre del año 2017, que más del 70% de las viviendas que están situadas en Lima son muy vulnerables ante cualquier evento sísmico de magnitud considerable, esto se debería a que las viviendas en su mayoría están construidas de manera informal y empíricamente, sin seguir normas técnicas mínimas en su ejecución y sin la supervisión de un profesional en el proceso constructivo (Angulo, 2017).

Se debe tener presente que una buena inversión en una construcción no es ahorrar en los materiales, ni mano de obra, pues también se debe considerar el diseño, planificación y ejecución de la obra con profesionales capacitados, solo así en un futuro, la estructura no presente ningún desperfecto o fallas por una mala ejecución en el proceso constructivo.

Se entiende que la estructuración de cualquier edificación es de gran importancia, es por ello que los especialistas al margen de realizar un buen análisis y diseño del mismo, consideran características como estudios de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales a utilizar ante la variación climática.

Lima es la capital de nuestro Perú y se presencia que año tras año se viene desarrollando en todos sus sectores, por ello el crecimiento industrial crea una necesidad de expansión en sus franquicias y nuevos lugares de más área libre en donde sus colaboradores puedan seguir realizando sus labores sin detener o afectar la producción.

A raíz de esta necesidad nace este proyecto de investigación enfocándose en la busca de soluciones a este problema, empleando un sistema constructivo a base de una estructura metálica llamada nave industrial.

Una nave industrial es una edificación propiamente de uso industrial que alberga en su interior a colaboradores, almacena la producción y bienes de una empresa o fábrica, protegiendo lo que contiene en su interior de la exposición de un clima cálido o precipitado, siendo esta nave industrial de una estructura metálica con pórticos tipo tijeral.

Se realizó el análisis y diseño estructural de la superestructura para obtener la distancia óptima entre pórticos de una nave industrial, ubicada en la zona industrial del centro de Lima en Jr. Huarochirí 302, se tomó como referencia los suelos conglomerados de la Av. Argentina en el cercado de Lima, se diseña una estructura aporticada para un almacén de uso general con una cubierta de techo a dos aguas, siendo las dimensiones de trabajo efectivo de 30 m. de luz por 80 m. de largo, dando un área libre de 2 400 m<sup>2</sup>.

En este proyecto se realizó varios diseños de espaciamientos entre pórticos, así encontrando el óptimo distanciamiento que tendrá el mismo para el soporte de la superestructura, optimizando pórticos y recursos tales como materiales, el peso de la estructura, deformaciones, mano de obra y hasta un 40% de ahorro de tiempo en la ejecución a comparación de otros sistemas constructivos; determinando los valores de esfuerzos que se someterá esta nave industrial como carga viva y muerta, carga de viento, volteo, pandeo y desplazamientos a prueba de sismos.

Así mismo dejando constancia para la toma de conciencia en la realización de una nave industrial y poder disminuir la autoconstrucción en estructuras metálicas, evitando errores y fallas en su proceso constructivo, tales como el sobredimensionamiento de la estructura, mal técnica de soldadura, mal anclaje y montaje de la misma.



**Figura 1.** Falla en el pórtico de una nave industrial en Navarra  
**Fuente:** Mapfre, 2007



**Figura 2.** Montaje de vigueta de acero  
**Fuente:** McCormac / Scernak, 2012, p. 02

**Antecedentes Internacionales,** (Luna Ribadeneira, Muñoz Navas, 2013) **Título** Análisis estructural y económico de alternativas de pórticos para estructuras industriales, aplicado al proyecto de Marglobal ubicado en la parroquia Calderón, Cantón Quito, Provincia de Pichincha, Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Ecuador. **Objetivo** presentar soluciones óptimas para la construcción de una nave industrial realizado por la empresa Marglobal ubicada en la capital de Quito en Ecuador, realizando un análisis comparativo de tres tipos de estructuras aporticadas: sección de alma llena, en celosía y con vigas caladas de 30, 35, 40 y 45 metros de luz diseñadas en el software SAP 2000, efectuando en análisis económico para cada diseño basándose a la realidad económica del país. **Conclusión** Se concluye que el software SAP 2000 es de gran ayuda para el diseño estructural de la nave industrial, cada uno de los pórticos utilizados cumplen con la deflexiones admisibles pero el pórtico de alma llena presenta mayor deflexión debido al peso del mismo acero en sus secciones, el pórtico en celosía es el más ligero y sencillo entre las tres alternativas antes mencionadas. El tipo de cimentación más eficiente para estas estructuras es utilizar la viga de cimentación, ya que presentó mejor resistencia en resistir grandes momentos producidos por la luz considerada.

(Luna Esquivel, 2014) **Título** 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 en la Universidad Don Vasco A.C. – México. **Objetivo** Analizar y diseñar una nave industrial en acero para un almacén de empaque de aguacate en Uruapan, Michoacan, de tal manera que soporte pesos y fuerzas que actúen sobre la estructura, utilizando el material adecuado para luces grandes garantizando la seguridad de las personas y equipos que alberguen dentro de ella y aislar el ruido del exterior hacia su interior. **Conclusión** Se concluye que el tipo de tubo redondo utilizado para la estructura de la nave industrial contribuye a no acumula mucho polvo ni otras partículas que dañen la fruta que se almacena en su interior y para analizar una armadura en el SAP 2000 se requiere indicar los nodos de la estructura a trabajar como articulaciones y así sus barras trabajan a carga axial.

(Martínez Valderrama, 2017) **Título** 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 en la Universidad Nacional Autónoma de México. **Objetivo** Analizar y estudiar los efectos que tiene el viento en una nave industrial tipo arco soportada por columnas mediante pruebas en túnel de viento, variando así la rugosidad en su cubierta, comparando resultados entre las superficies y proponer coeficientes de la presión neta en su cobertura tipo arco – columna. **Conclusión** Se concluye que los resultados obtenidos son óptimos sobre el comportamiento del viento sobre este tipo de estructuras, los coeficientes de presión son altos a diferencia con los datos propuestos para naves industriales

(Ortiz Fuentes, 2018) **Título** Análisis y diseño de un galpón metálico en el programa SAP 2000, bajo las normas del AISC-360 y la NEC-15, ubicado en el Km 1 ½ vía Durán Jujan, en el cantón Durán, de la provincia del guayas. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Guayaquil – Ecuador. **Objetivo** Analizar la estructura metálica de un galpón con el software SAP 2000, el diseño será bajo en enfoque de las normativas ASNI / AISC 360 y la NEC-15, siendo esta nave industrial para el uso destinado de almacén de arroz y cacao. **Conclusión** Se concluye que tanto el pre diseño como el diseño se deben calcular y hacer de manera óptima para obtener resultados excelentes del galpón al construirlo, así la superestructura se comporte de manera eficiente.

**Antecedentes Nacionales,** (Goñi Vega, Cáceres Calle, 2018) Título Comparativo Técnico-Económico de una nave industrial con un sistema de tijerales y de pórticos. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Objetivo Comparativo técnico-económico entre dos naves industriales tipo pórtico de acero y tijerales apoyados en columnas de concreto armado ejecutado para el almacén de materiales de construcción. Diseño estructural para ambos sistemas bajo el enfoque de la norma E.090 diseño de acero y norma E.060 diseño de elementos de concreto, metrado del caso estructural, presupuesto y obtención de ratio por metro cuadrado. Conclusión Se concluye que la construcción del sistema de tijerales apoyados en columnas de concreto armado es más económico por m<sup>2</sup>, con un monto S/ 893.80 mientras que el sistema de pórticos determina S/ 1021.70 por m<sup>2</sup>. Referente al tiempo de ejecución se demora un tiempo de 3.5 meses para el sistema de pórticos y 4.5 meses para el de tijerales, se comprueba que los dos sistemas estructurales no presencian problemas por desplazamiento por cargas de sismo y viento.

(Larico Quispetupac, 2015) **Título** Análisis y diseño en acero de una nave industrial con dos puentes grúa. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Perú. **Objetivo** Diseñar integralmente una nave industrial de estructura metálica incluyendo dos puentes grúa que soporta 60 Ton. de carga destinados para el mantenimiento de camiones pesados en un área de 900 m<sup>2</sup> aproximadamente y con dimensiones de 32x28 m. con una altura de 20 m., luz de 16 m. y viga carrilera de 11 m., analizar el desempeño de la estructura ante un evento sísmico. **Conclusión** Se concluye que para un mejor trabajo de las columnas y resistencia de carga de la estructura del techo se determina utilizar los siguientes perfiles de peralte WS47x177 y WS63x183 de 1.6 m. y 1.2 m., para rigidizar la estructura del techo se tuvo que utilizar cortavientos de acero liso de 1” y así idealicen un diafragma semirígido, los desplazamientos en X-X e Y-Y resultaron dentro de lo se estipule en la norma siendo de 0.006 y 0.003 respectivamente, los cuales son menores según lo indicado en la norma de 0.01.

(Salazar Fuentes, 2013) **Título** Alternativas modernas de coberturas de naves industriales. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería – Perú. **Objetivo** Brindar información básica para sustentar que un sistema techo auto sostenido es una gran opción para el sector industrial. En primera instancia da a conocer los antecedentes y definiciones de nave industrial, cubiertas del techo, tipos, diseño y aplicaciones que se tiene en la industria. Aplicar un análisis comparativo de un sistema común y tradicional vs. Un sistema alternativo, tiempo de ejecución en la construcción, costos y esfuerzos que se dan para cada caso. **Conclusión** Se concluye que para la cobertura de un sistema de techo auto sostenido para un área de 2000 m<sup>2</sup> en Lima es más costoso que un sistema tradicional con una diferencia de costo S/ 34,710.40 soles, el tiempo de construcción de una nave industrial es 15 días útiles menor al de un sistema tradicional, una nave industrial es más efectivo en soporte de carga axial comparado al de un sistema tradicional diferenciando en 13 Ton y tiene una mayor área libre en el centro ya que no requiere columnas en el centro como el sistema tradicional.

(Vargas Córdova, 2017) **Título** Diseño estructural de nave industrial metálica para mejoramiento de almacenes en Av. Argentina, Callao-2017. Tesis para obtener el título de Ingeniero civil en la Universidad César Vallejo – Perú. **Objetivo** Realizar el modelado de una estructura metálica para un almacén – taller con puente grúa de viga carrilera, con el apoyo de la normativa peruana y extranjera con el diseño LRFD, apoyado con el software SAP2000. **Conclusión** Se concluye que a base de los resultados obtenidos en su estudio de mecánica de suelos es la mejor opción utilizar este sistema constructivo para el uso industrial que se le hará, el tiempo del montaje de la cubierta parabólico es mejor comparados a otros sistemas, al igual que el costo en los materiales.

**Artículos Científicos**, (Mabrouk Mohamed y Abdelkhalek Sherif., 2014) Título Design and Implementation of a Light Duty Gantry Crane. Artículo Científico del M.T.C. - Egipto. **Objetivo** Diseñar e implementar una grúa pórtico de poca potencia que se puede utilizar en un taller. El diseño preliminar de la estructura del chasis de la grúa de pórtico, así como la estrategia de control utilizado ha sido discutido. El diseño del chasis de la grúa de pórtico se ha verificado mediante un modelo de ordenador que muestra los factores de seguridad satisfactorias para las cargas esperadas. **Conclusión** El diseño e implementación de una grúa pórtico incluye el análisis de tensión estructural del chasis de la grúa, así como la construcción del mecanismo de grúa carro y sistema de movilidad, el modelado del comportamiento dinámico de la grúa, la selección de una estrategia de control apropiada, y la validación del circuito de control utilizando un prototipo de la grúa de pórtico. Todos los informes de diseño, planos, dibujos y memorias de cálculo resultado de un trabajo presentado en este documento se han usado por un contratista de la construcción de la grúa de acuerdo con las normas que rigen la construcción de grúas de pórtico para asegurar una larga vida útil y el funcionamiento seguro de la grúa.

(Shivani Meher, Ruchita Nar, Sadichha Jagadale, Gautami Kalal y Viren Chandanshive, 2018) **Título** Design of Industrial Warehouse. Artículo Científico de Vidyavardhini's College of Engineering and Technology Vasai - India. **Objetivo** Diseñar una nave industrial, identificar diversas cargas y combinaciones de cargas que actúan sobre la estructura, de acuerdo con la norma IS 800: 2007 y IS 875: 1987 (Parte I, Parte-II, Parte-III). **Conclusión** Se adoptaron las cargas necesarias y adecuadas, determinando las combinaciones de carga. Sobre la base de los cuales se seleccionaron y diseñaron diferentes miembros de la armadura, columnas, vigas, etcétera. Todo el proceso se completó de acuerdo con las normas establecidas de la India, pudiendo ser fácilmente diseñado por el procedimiento de diseño simple en AUTOCAD.

(Silva Gouveia, Hussara Longhi, Mendonça Janones y Farias Machado, 2017) **Título** Uso de otimização no projeto estrutural de um suporte de duas barras. Artículo Científico del Centro Universitário do Norte Paulista (UNORP) - Brasil. **Objetivo** Explicar la aplicación de modelos de optimización en el diseño de un soporte formado por dos barras. Reducir al mínimo la masa de acero en el soporte y, por tanto, la adecuación de los gastos de acuerdo con el problema, utilizando el software Matlab con la función fmincon. Los resultados numéricos se comparan de acuerdo con las constantes determinadas por la función objetivo a través de las pruebas realizadas para validar el modelo. **Conclusión** A través de los experimentos numéricos realizados utilizando el software Matlab, Se observó que la variación del ángulo de carga de la incidencia en el nodo afecta considerablemente la cantidad de acero necesaria en la estructura, ya que, cuando la estructura trabaja con gran resistencia a la tracción (entre 0 y  $\pi/4$ ) la solicitud del acero crece forma relativamente. Además, cuando la carga se somete a un ángulo de incidencia mayor que  $\pi/4$ , trabaja bien con la mayoría de fuerza en compresión. A través de los resultados numéricos se deduce que la masa de acero inferior está en un ángulo de  $\pi/2$  debido que la carga se distribuye de manera uniforme en las barras haciendo así el acto estructural como un pilar.

(Vijay N., Dhaval D. y Sujit R., 2018) **Título** Structural Optimization of Truss Using Finite Element Analysis. Artículo Científico de la Universal College of Engineering Thane -India. **Objetivo** Realizar el análisis estático y optimización de un sistema de vigas para obtener una configuración óptima y económica de cerchas. El costo total de la estructura depende de la masa que va directamente en relación con el material a consumir en el esqueleto de la estructura. Se utilizó el software MATLAB para el análisis estático de la estructura en celosía a través del 'método de elementos finitos' y la 'optimización de la topología' obteniendo resultados diversos. **Conclusión** El análisis y diseño estructural realizadas en la viga de celosía reduce el peso muerto total de la estructura, por lo que representa una optimización estructural y ahorro de material. El software Matlab puede ser usado para resolver complejas estructuras más grandes con precisión y obtener rápidos resultados en comparación con los métodos manuales. Se concluye que tanto el pre diseño como el diseño se deben calcular y hacer de manera óptima para obtener resultados excelentes del galpón a construir, así la superestructura se comportó de manera eficiente.

**Diseño Estructural.** Para Meli ( 2014, pág. 15): El diseño estructural está presente en el proceso más común de un proyecto de obra civil, en el que se define las características que debe presentar una construcción para cumplir de una manera adecuada los requisitos que está destinada a desempeñar.

El comportamiento de una estructura debe estar preparada para resistir fuerzas y deformaciones a la que esté expuesta sin que esta colapse o presente fallas.

**Sistema Estructural:** El sistema estructural consiste en el ensamblaje de varios elementos independientes para formar un nuevo cuerpo uniforme y su objetivo es de darle estabilidad y soporte a la edificación que se define mediante el diseño estructural (Niño, 2014 pág. 2).

**Estructura Metálica:** Una estructura metálica es aquella estructura que está conformada por elementos metálicos, generalmente acero, este tipo de estructuras es la más idónea para el sector constructivo por su eficiencia que presentan y por el factor costo (Ferros la Pobra S.A., 2018).

**Optimización estructural:** La optimización se puede lograr mediante varias formas, siendo algunas de ellas el peso de la estructura, el uso mismo del acero, esfuerzos máximos, deformaciones permisibles y menor peso, eso podremos lograrlo mediante un diseño y análisis adecuado de la estructura (Zapata Baglietto, 1997 págs. 1-2).

**Nave Industrial:** Una nave industrial es una edificación que su estructura puede ser metálica, hormigón armado, mixto o cubierta tipo sándwich, y gracias a su diseño ofrece un área libre de mayor dimensión variando en función de las actividades económicas que se pueden desarrollar en su interior (GÓNGORA, 2018).

**Usos de la Nave Industrial:** Los usos que se le da a estos tipos de edificio son netamente industriales y/o almacén donde se pueden albergar bienes industriales, obreros, producción o materia prima, flora y fauna (GÓNGORA, 2018).

**Pórtico Estructural:** Es la conexión de elementos estructurales como la columna y viga conformando un arco de luz aceptable para sostener una carga.

**Columna:** Elemento vertical de soporte, rígido, 3 veces más alto que su ancho y generalmente de sección poligonal o cilíndrica, su función es soportar cargas a compresión de la estructura horizontal en una edificación (Vásquez Bustamante, 2018 pág. 354).

**Viga:** Elemento estructural que por lo general se colocan en posición horizontal, y en algunas veces también inclinadas, soportan cargas a flexión (Vásquez Bustamante, 2018 pág. 355).

**Tijerales:** Son vigas que pueden ser verticales u oblicuos que se unen a una viga principal de una construcción civil, conformando así la estructura sobre la que se apoya la cobertura del techo. Su diseño se asemeja a una forma de tijera en zigzag (AMBROSER, y otros, 2015).

**Arriostre:** Elemento diagonal que permite amarrar una estructura contra las fuerzas laterales. También es llamado miembro contraventeo.

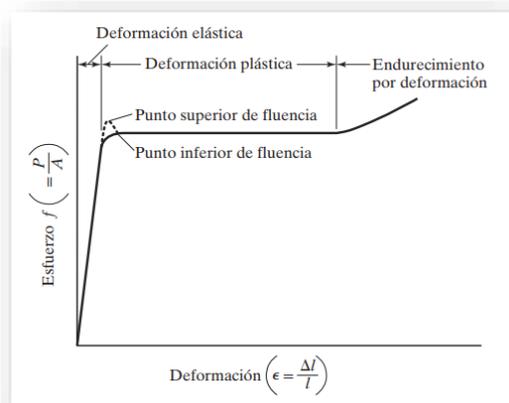
“El arriostamiento de cables es la opción menos costosa, pero requerirá volver a apretar cada 3 a 5 años. Sin embargo, casi nadie tiene en cuenta este factor, lo que puede conducir a una menor estabilidad general de la estructura con el tiempo.

El refuerzo de la barra, por otro lado, es como se puede imaginar: más rígido, con estiramiento cero y más fuerte que el refuerzo de cable sin la necesidad de volver a apretarlo. Esto crea una estructura más estable en el tiempo por solo unos pocos cientos de dólares más por estructura. [...]” (Solid Steel Buildings, 2019)

**Acero Estructural:** Según Zapata: De todos los tipos de acero que puede existir y producir, los más importantes para la construcción son los Aceros Estructurales, están preparados para resistir esfuerzos y deformaciones, a los que deben seguir cuidadosamente las indicaciones de las normas de fabricación (Zapata Baglietto, 1997 pág. 48).

**Densidad del Acero:** El acero ASTM A36 es uno de las variedades de acero más ampliamente utilizados en estructuras metálicas por su accesible costo, ofreciendo excelente calidad y resistencia. Las propiedades del acero A36 tienen una densidad de  $7860 \text{ kg / m}^3$  ( $0.28 \text{ lb / in}^3$ ). Acero A36 en barras, placas y perfiles con espesores inferiores a 8 pulg. ( $203,2 \text{ mm}$ ) que tienen un límite de fluencia en el punto de  $250 \text{ MPA}$  ( $36 \text{ ksi}$ ) y un corte de ruptura de base de  $400 \text{ MPA}$  ( $58 \text{ ksi}$ ). Las planchas con espesores más prominentes que 8 pulg. ( $203,2 \text{ mm}$ ) tienen una disminución de la base de  $220 \text{ MPA}$  ( $32 \text{ ksi}$ ) y un límite de rotura similar (Aamsa, 2019).

**Fluencia del Acero:** Es la deformación que sufre el acero antes que pueda colapsar y romper sus átomos. Su tramo comprende entre la deformación de fluencia inicial elástica y la deformación de zona por endurecimiento por deformación, se puede considerar en perfectamente horizontal por pequeñas variaciones (Gonzales, 2005, p. 03).



**Figura 3.** Diagrama de esfuerzo-deformación característico de un acero estructural  
**Fuente:** McCormac / Scernak, 2012, p. 18

**Conexiones:** En las estructuras del acero, la conexión forma una parte significativa básica, ya que satisface la capacidad de mover fuerzas longitudinales del componente y fuerzas opuestas o transversales.

Los conectores más empleados en este tipo de estructuras es el conector tipo perno, presenta ventajas como la colocación fácil y rápido en su manipulación (Larrúa Pardo, 2015 pág. 1).

**Correa de Techo:** Las correas son componentes del sistema estructural de la cubierta del techo, son elementos horizontales inclinados que se apoyan en las vigas sirviendo de amarre y unir los pórticos (Tekton Ingeniería y Construcción S.L, 2013).

**Pernos:** El perno cumple la función de un pasador metálico con cabeza normalmente hexagonal para su fácil ajuste y un cuello de roscado para facilitar la inserción de una tuerca (BUGUEÑO, 2014).

**Pernos de Conexión:** Es un perno de conexión enrasado, está diseñado para realizar amarres más fijos en la unión de viguetas o vigas.

**Pernos de Anclaje:** Se utilizan para la fijación, generalmente son lisos o corrugados de acero CT3, el extremo inferior es de diámetro pequeño y se hace en forma de gancho doblados, acanalado o se fija por el vástago horizontal.

**Tuerca:** La tuerca trabaja bajo un entorno de pesado cargado circularmente, que fácilmente produce defectos debido a su fabricación, condiciones de trabajo, y el propio material. Las concentraciones de esfuerzos más grandes pueden ser producidos en las raíces de rosca en cada extremo de la tuerca, y a medida que aumentan los ciclos de pesos cargado, los defectos se expanden y se roscan las raíces tienden a fracturarse. Desgaste considerable y daño por fatiga de los dientes, son a menudo causada por la carga axialmente pesada, lo que acorta la vida de servicio de los pares de tornillos y conduce a grandes pérdidas económicas (Zhao Chun-Jiang, 2017, p. 01).

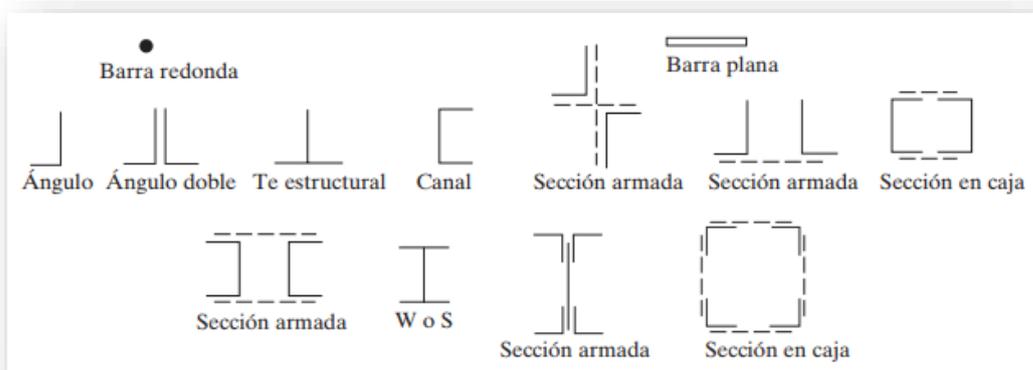
**Arandela:** Una arandela es un sub elemento de montaje con forma de disco aplanado con un agujero en el centro, sirve para soportar cargas de apriete de tuercas y cabezas de tornillos (LAZARO, 2016).

**Soldadura:** La soldadura es una pasta aglomerante para aceros mediante la cual se obtienen uniones de componentes de difícil separación mediante la construcción de uniones entre las piezas aplicando calor o presión. Dependiendo de la medida de la temperatura descubierta, la soldadura puede ser: En una etapa sólida, por ejemplo, fabricación, en una etapa fluida, por ejemplo, soldadura fuerte, en una etapa fuerte fluida, por ejemplo, formas de soldadura

con arco eléctrica y oxiacetileno y por oposición o resistencia que comprende la utilización de calor limitado para disolver las piezas y acompañarlas (Hoyos I, 2013 pág. 31)

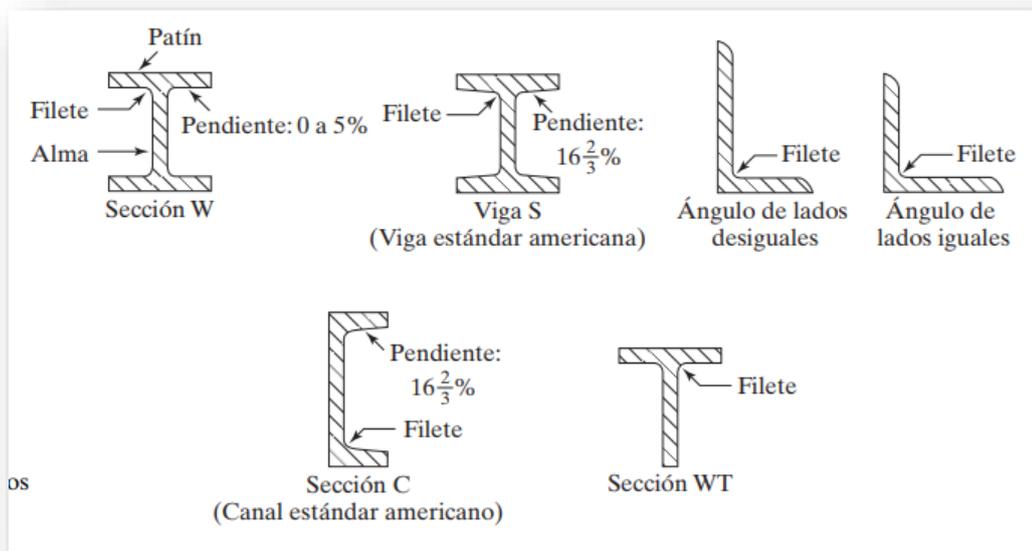
**Soldadura por Electrodo:** Soldadura de arco es una de las técnicas de soldadura más común y popular debido a su simplicidad en la operación, versatilidad y bajo costo. Debido a sus méritos inherentes, este proceso se utiliza ampliamente en casi todo tipo de industrias. El comportamiento de arco aleatoria y diversos modos de transferencia de metal en un proceso de soldadura por arco conduce a variaciones dinámicas en tensión y corriente, mientras que la soldadura está en curso y, la vigilancia de este proceso es difícil y desafiante. El proceso de soldadura puede ser entendida de una manera mucho mejor de lo que es hecho en la actualidad, si somos capaces de registrar las variaciones que se producen durante el proceso en sí, al mismo ritmo que están sucediendo (Vikas, 2018, p.02-03).

**Perfiles de acero estructural:** Los perfiles de acero se usan ampliamente para sistemas de piso de material compuesto y también como láminas de correa en los sistemas de pre-ingeniería del techo. El crecimiento en el uso de estas hojas, como se ha indicado anteriormente, es evidente principalmente para losas mixtas y de techo ventajas debido tales como no requerir encofrado separada y la facilidad de montaje y de fijación. La inspección visual de estas hojas, en particular hojas con múltiples elementos de refuerzo, sugieren que la rigidez en el plano de estas hojas también sería beneficioso para aplicaciones estructurales si se emplea para transportar cargas en paralelo a su plano centroidal (Raghavan, 2018, p. 01)



**Figura 4.** Tipos de Miembros de acero

**Fuente:** McCormac / Scernak, 2012, p. 63



**Figura 5.** Perfiles laminados de acero  
**Fuente:** McCormac / Scernak, 2012, p. 09

**Reglamento Nacional de Edificaciones (Edición 2018)**, Según el RNE detalla y estipula lo siguiente:

**Norma Técnica de Edificación E.090 – Estructuras Metálicas:** Esta norma tiene por finalidad diseñar, fabricar y montar estructuras metálicas con factores de carga y resistencias (LRFD) y es aplicable para todo el territorio nacional peruano (Vásquez Bustamante, 2018 pág. 457).

**Acero Estructural:** Es el acero aceptado para términos estructurales de pórticos y reticulados siendo capaces de soportar cargas en su diseño y su empleo está enfocado en columnas, vigas, puntales, bridas, montantes y otros (Vásquez Bustamante, 2018 págs. 457-458).

Tipos de construcciones aceptables con el acero estructural:

- Pórtico Rígido: Asume conexiones entre vigas y columnas.
- Pórtico Simple: Apoyo simple en los extremos por conexiones de corte.
- Pórtico Semirrígido: es la combinación entre el pórtico rígido y simple.

**Norma Técnica de Edificaciones E.020 – Cargas:** Las edificaciones en todas sus partes estructurales deben resistir cargas expuestas sobre ellas de acuerdo al uso que se diseñó, bajo el enfoque de las cargas mínimas permisibles estipuladas en la NTE E. 030 (Vásquez Bustamante, 2018 pág. 292).

- **Mapa Eólico del Perú:** En este mapa del territorio peruano se detalla la velocidad del viento que presenta por cada zona, variando desde 30 Km/h hasta 130 Km/h (Vásquez Bustamante, 2018 pág. 298).

**Tipos de cargas en la estructura:** Las cargas son fuerzas aplicadas en diferentes elementos estructurales de una edificación y se clasifican de acuerdo a su naturaleza y la duración de su aplicación, tales como cargas vivas, muertas y ambientales (McCormac, y otros, 2012 pág. 41).

**Carga Viva:** Son aquellas cargas que algunas veces pueden estar aplicadas a los miembros y otras no. Se les considera carga viva a las personas, muebles o equipos de uso no permanentes en una superficie (Zapata Baglietto, 1997 pág. 5).

**Carga Muerta:** Son fuerzas de gravedad que siempre permanecerán sobre la estructura, como los elementos estructurales, portantes de una edificación, tuberías, etcétera (Zapata Baglietto, 1997 pág. 5).

**Carga de Viento:** Es una fuerza dinámica que presenta el propio flujo del viento y se considera en el cálculo estructural para evitar fallas por la misma (Zapata Baglietto, 1997 pág. 7).

**Norma Técnica de Edificación E.030 – Diseño Sismoresistente:** Es relevante para el diseño de todas las estructuras en nuevas estructuras, en la fortificación de las existentes y para arreglar aquellas que se ven perjudicadas por una ocasión sísmica, para mantenerse alejado de la falta de asistencia de las vidas humanas, respaldar la progresión de las administraciones esenciales de servicios básicos y limitar el daño material a la estructura (Vásquez Bustamante, 2018 pág. 299).

**Zonificación:** El territorio peruano se divide por zonas vulnerables ante eventos sísmicos mediante el factor Z que representa la aceleración máxima horizontal en el suelo rígido (Vásquez Bustamante, 2018 pág. 300).

**Tabla 1.** Factor "Z"

<b>FACTORES DE ZONA "Z"</b>	
<b>ZONA</b>	<b>Z</b>
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

**Fuente:** RNE E.030

Se considera para nuestra localidad Lima el factor Z 4.

**Parámetros de Sitio (S, Tp y TL):** Tomar en cuenta el tipo de perfil de suelo que mejor calce en las condiciones que se estime (Vásquez Bustamante, 2018 pág. 302).

**Tabla 2.** Factor de Suelo "S"

<b>FACTOR DE SUELO "S"</b>				
<b>SUELO – ZONA</b>	<b>S0</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

**Fuente:** RNE E.030

**Tabla 3.** *Períodos "T"*

PERIODOS "Tp" "Y" "Tl"				
SUELO – ZONA	S0	S1	S2	S3
Tp (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
Tl (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

**Fuente:** RNE E.030

**Peligro Sísmico:** Para consideraciones de esta etapa dependerán del lugar y las características que presente el terreno en donde se quiere construir más no de las características de la misma edificación, para ello considerar las siguientes tablas (Vásquez Bustamante, 2018 págs. 325-326).

- Factor de Zona Z
- Perfil de Suelo
- Parámetros de Sitio S, Tp y TL
- Factor de Ampliación Sísmica C Vs Periodo T
- Categoría de la Edificación y Factor de Uso
- Sistema Estructural
- Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas
- Factores de irregularidad
- Restricciones a la irregularidad
- Modelos de Análisis
- Estimación del Peso
- Procedimientos de Análisis sísmico
- Análisis Estático
- Análisis Dinámico
- Revisión de las Hipótesis del Análisis
- Restricciones a la Irregularidad
- Determinación de Desplazamientos Laterales
- Distorsión Admisible
- Separación entre edificios

**Tracción:** Es la fuerza aplicada en la misma dirección y de sentidos contrarios, que por esfuerzo estira al elemento (Xunta de Galicia, 2019 pág. 4.1).

**Compresión:** La presión ocurre cuando las potencias transmiten fuerzas de manera similar en su dirección y curso inverso de esta, en la parte que intenta contraerse (Xunta de Galicia, 2019 pág. 4.2).

**Flexión:** Es el esfuerzo que se produce debido a la aplicación de fuerzas opuestas al elemento fundamental que en general lo retorcerá, aplicando presión en la parte curva y tracción en el inverso (convexa) del componente (Xunta de Galicia, 2019 pág. 4.3).

**Corte o Cizalla:** Son fuerzas opuestas al eje longitudinal de la pieza o elemento, aplicadas en sentidos inversos de un similar vertical que tienden generalmente a cortarlo (Xunta de Galicia, 2019 pág. 4.5).

**Pandeo:** Es un esfuerzo específico que se identifica con la presión en componentes largos en relación con su segmento transversal. En el punto en que el componente gira su punto focal de gravedad se mueve desde el eje focal, expandiendo el momento de fuerza y disminuyendo su oposición o resistencia (Xunta de Galicia, 2019 pág. 4.6)

**Software Sap2000:** El SAP2000 es una programación de componentes limitada, con diseños tridimensionales ubicados en objetos, está configurado para realizar, de manera coordinada, visualización, investigación y dimensionamiento en la construcción de estructuras (Computers and Structures, Inc, 2019). Para ello asumiremos los siguientes pasos:

- Definir Grillas en X - Y: Para empezar a diseñar bajo el software Sap2000 lo primero empezamos la configuración a partir de una rejilla o grid.
- Definir materiales: Aquí se elige y configura con qué tipo de materiales vamos a trabajar la estructura con las resistencias asignadas para cada tipo.
- Asignamos las secciones o dimensiones a las barras: Se elige la sección que deseamos para las barras de acero, luego comprobamos si cumplen con las cargas y movimientos aplicados.

- Dibujar columnas y vigas (pórticos): Es aquí donde ya se dibuja la ubicación de los pórticos con sus respectivas dimensiones y distancia de luz.
- Creando y configuramos las combinaciones de cargas: Se crean las cargas considerables según el RNE como viva, muerta y de viento, para luego aplicarlas y observar cómo se va comportando nuestra estructura.
- Asignación de Cargas: Se aplica a la estructura cargas por gravedad puntuales y uniformes, trapezoidal por temperatura o fatiga.
- Correr el Sap2000: Ya realizado los pasos previos, dejar que el software haga la simulación en las deformaciones aplicando las cargas antes definidas y aplicadas.
- Verificar deformaciones: Aquí observaremos todas las deformaciones que presenta nuestra estructura, si es muy crítico se toma acciones aumentando el peralte de la estructura o ubicación de los pórticos, correas o arriostres.
- Diseñar la estructura: Bajo el enfoque y determinación de las normas del RNE empezamos a diseñar y modelar la estructura ya definida.

**Software Tekla Structures:** Es un software BIM donde se diseña, detalla, despieza, se ve la producción y el montaje de alta gama de estructuras para la construcción desde una vista 3D. Pudiendo trabajarlo desde varias computadoras de manera simultánea unida por un servidor (Trimble Solutions Corporation., 2019).

El modelado parte de la ingeniería básica pasmándose con el trazo de los perfiles de columnas, vigas, arriostres, etcétera. El cual lo explicamos a continuación:

- Ruta de guardado del proyecto: El modelado inicia definiendo la ruta en donde se desea guardar el proyecto.
- Configuración de mallas: Se tendrá una vista en isométrico donde se detalla la malla y se modifica en las coordenadas a trabajar x, y, z.
- Trazado de perfiles: Se inicia con el trazado con los perfiles en elevación y planta, siempre teniendo en cuenta que se deberá realizar el trazado de los perfiles de abajo hacia arriba y de derecha a izquierda.
- Conexiones: Luego se efectúa las conexiones, modificándolo según los estándares implementados por la ingeniería, codificando cada elemento.
- Verificación: Terminando de realizar las conexiones o ensamble de los elementos se procede a verificar que cada uno de ellos esté codificado para una rápida y mejor ubicación y control de los mismos.
- Numeración: Configurar y codificar la ubicación de cada elemento de manera numérica para que agrupe y se pueda ubicar en sus ejes.
- Liberación de planos por partes y conjuntos: Son planos de partes que conforman el elemento de forma detallada, siendo el despiece del conjunto.
- Plano de montaje: Es la ubicación del plano de conjunto en obra, para saber cuál es su posición o ubicación de cada conjunto.
- Reportes de conjuntos, materiales y pernos: Es el metrado total de los materiales al 100% de la estructura, como: elementos, partes y conjuntos.
- Exportación en modelo bimsight: Es un archivo que se puede visualizar en 3D, sirve para armar la estructura en obra, saber su ubicación de cómo va encajado el elemento, facilita el

montaje, y ayuda a identificar si es que se desea realizar un cambio en obra por las condiciones in situ.

**Problema General:** ¿De qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral, Lima - 2019?

**Problemas Específicos:**

- ¿De qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz, para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral y obtener los desplazamientos permisibles?
  
- ¿De qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz, para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral y obtener los mínimos esfuerzos?

**Justificación Social:** Esta investigación tiene como justificación social, y se enfoca en el déficit intelectual que existe actualmente en la construcción de estructuras metálicas; dando a conocer su diseño cumpliendo con las normas vigentes, optimizando recursos en los pórticos que sostendrán la estructura sin afectar la resistencia del sistema.

**Justificación Teórica:** Este proyecto tiene como justificación teórica, siendo fundamental la aplicación de fórmulas y criterios necesarios para determinar el análisis y diseño estructural de una nave industrial, que se apoya con los softwares SAP2000 y Tekla Estructure, así optimizando los pórticos tipo tijerales deseados.

**Justificación Económica:** Lo aplicado en esta investigación justifica que se puede optimizar recursos como el acero estructural, peso de la nave industrial y también el tiempo de entrega del proyecto, las cuales se enfoca en un ahorro económico.

**Justificación Académica:** Este proyecto de investigación deja al alcance como fuente de referencia y apoyo a futuros estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, contribuyendo para posteriores investigaciones académicas relacionadas al tema.

**Hipótesis General:** Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, se establecerá la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral, Lima - 2019.

### **Hipótesis Específicos**

- Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, se podrá establecer la separación ideal entre pórticos tipo tijeral obteniendo los desplazamientos permisibles.
  
- Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, se podrá establecer la separación ideal entre pórticos tipo tijeral obteniendo los mínimos esfuerzos.

**Objetivo General:** Determinar de qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral, Lima - 2019.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar de qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz, para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral y obtener los desplazamientos permisibles.
  
- Determinar de qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz, para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral y obtener los mínimos esfuerzos.

## **II. MÉTODO**

## **2.1. Tipo y Diseño de Investigación**

### **2.1.1. Tipo de Investigación:**

La investigación aplicada busca información para dar una respuesta aplicada a los problemas de nuestro público en general, basándose en los descubrimientos tecnológicos de la investigación fundamental, gestionando los procedimientos relacionados entre teoría y solución (Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria, 2014 pág. 34).

En consecuencia, persigue que este tipo de proyecto sea una investigación aplicada, ya que se incorporó información anterior para abordar un problema genuino en una circunstancia objetivo.

### **2.1.2. Diseño de Investigación:**

Para caracterizar el diseño de investigación, Borja (2012) afirma que:

Las investigaciones experimentales son aquellos en las cuales su especulación es confirmada por el control intencional de las variables por parte del científico o investigador, decidiendo la razón - impacto de un fenómeno físico.

La especulación será válida cuando el control de las variables libres provoque cambios en la conducta de la variable dependiente.

En este sentido, este proyecto es experimental, ya que la variable independiente se controló para poder conseguir el distanciamiento óptimo entre los pórticos tipo tijeral.

### **2.1.3. Nivel de Investigación:**

Se requiere una investigación explicativa más allá de la descripción de las cualidades o fenómenos del objeto de estudio y la base de la conexión entre variables, la búsqueda de las causas que comienzan los fenómenos físicos o sociales, aclarando por qué ocurre el fenómeno observado y en qué condiciones sucede o por qué se relaciona entre al menos dos variables. (Borja Suárez, 2016 p. 14)

Según lo estipulado por Borja, caracterizamos que este proyecto de investigación es causal explicativa, con el argumento de que se realizó una investigación de análisis y diseño de una estructura de una nave industrial (Causa) para decidir la optimización de pórticos tipo tijeral (impacto).

### **2.1.4. Enfoque:**

La metodología cuantitativa utiliza una variedad de información para probar la hipótesis, en vista de la estimación numérica, para hacer ejemplos o patrones de conducta y demostrar teorías (Hernández Sampieri, Fernández Collado, Baptista Lucio, 2006 pág. 15).

Este proyecto tiene un enfoque cuantitativo, ya que los variables fueron estimadas por medios de información para medir datos con cualidades específicas.

## **2.2. Operacionalización de variables**

### **2.2.1. Variables:**

#### **2.2.1.1. Optimización de Pórticos tipo Tijeral:**

Zapata sostiene:

la optimización se logra mediante la definición de una función objetiva, donde involucra una expresión que se pretende minimizar esfuerzos máximos, deformaciones permisibles y materiales disponibles (2012, pág. 1).

La optimización se logra cuando se ahorra recursos en una estructura, ya sea material, herramienta o mano de obra, funcionando el sistema estructural sin ningún desperfecto.

#### **2.2.1.2. Diseño Estructural:**

Para Meli ( 2014, pág. 15):

El diseño estructural está presente en el proceso más común de un proyecto de obra civil, en el que se define las características que debe presentar una construcción para cumplir de una manera adecuada los requisitos que está destinada a desempeñar.

El comportamiento de una estructura debe estar preparada para resistir fuerzas y deformaciones a la que esté expuesta sin que esta colapse o presente fallas.

## **2.3. Población, Muestra y Muestreo**

### **2.3.1. Población:**

La población es el conjunto de elementos que son objeto de estudio estadístico (Tamayo, 2004 pág. 24).

Se identifica la población para este proyecto de investigación, las naves industriales que se encuentran en la Av. Argentina del Cercado de Lima, denominada zona industrial central.

### **2.3.2. Muestra:**

Valderrama, indica que:

Las muestras se resuelven como una pieza de un conjunto o población elegida adecuadamente por el investigador, que está expuesta a una percepción definitiva para el beneficio de todo el conjunto, con el fin de adquirir fines sustanciales. (Valderrama, 2007 pág. 16)

Como muestra de este proyecto se toma una nave industrial de 30 metros de luz que será proyectada en la Av. Argentina cuadra 01, Jr. Huarochirí 302 en el Cercado de Lima (ver ANEXO 04).

### **2.3.3. Muestreo:**

#### **Muestreo No Probabilístico**

Borja, afirma que:

En las muestras no probabilísticas, es absurdo esperar calcular el error estándar, al igual que el grado de nivel de confianza con el que hacemos el indicador. En cualquier caso, este tipo de muestreo es muy significativo para estudios cuantitativos. Para esta situación, la elección de los componentes no depende de la probabilidad, sin embargo, de los criterios del especialista (Borja, 2016 pág. 32).

Para el muestreo se elige de manera no probabilística el objeto a estudiar, así encontrar el espaciamiento óptimo de pórticos tipo tijeral.

## **2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos:**

Para Borja (2016), confirma que:

Las técnicas se utilizan para recopilar toda la información necesaria para iniciar el proyecto a investigar, para su proceso de recolección de datos implica cumplir con tres actividades vinculadas:

- Elegir el instrumento de recolección de datos, el mismo que deberá ser válido y confiable por expertos en el tema.
- Obtener registros o medición de variables.
- Aplicar los datos recopilados

Para realizar estas tres actividades previas, se debe considerar principales técnicas como: la observación, la entrevista, la encuesta y pruebas estandarizadas (p.33).

### **2.4.2. Validez:**

Para Behar (2008), sostienen que:

La validez demuestra la capacidad de medir las características para las cuales ha sido construida. Una escala desconcertante no puede ser válida, de manera similar a la escala que está estimando, simultáneamente factores de cobertura únicos. Una escala es válida cuando realmente mide lo que afirma cuantificar (p.73).

La validez en este proyecto de investigación fue medida mediante el juicio de tres expertos, que a través del instrumento de recolección de datos dieron fe que es lo necesario para desarrollar este proyecto de investigación (ver ANEXO 02).

### 2.4.3. Confiabilidad:

Behar (2008), deduce que:

Consistencia interna, su capacidad de discriminar constantemente entre un valor y otro. Se puede confiar en una escala cuando produce constantemente los mismos resultados cuando se aplica a la misma muestra, es decir, cuando los mismos objetos siempre aparecen valorados de la misma manera (p.73).

En este proyecto la confiabilidad es basada en el expertiz del asesor y especialistas en el rubro estructural, el cual colaboran en la ejecución de esta investigación, a continuación, se detalla el promedio obtenido en la calificación de cada Instrumento de recolección de datos por cada experto (ver ANEXO 03):

**Tabla 4.** Calificación de instrumentos de recolección de datos por Expertos

<b>ESPECIALISTAS</b>	<b>CALIFICACIÓN DEVALIDEZ</b>
Experto 1	1.00
Experto 2	1.00
Experto 3	1.00
Promedio de Expertos	1.00

**Fuente:** Elaboración propia

También al uso de softwares como el SAP2000 v.20 y Tekla Structures con licencia original (Ver ANEXO 11 y 12).

## 2.5. Procedimiento

En el siguiente flujograma se detalla el procedimiento de cómo fue elaborada la nave industrial de 30 metros de luz.

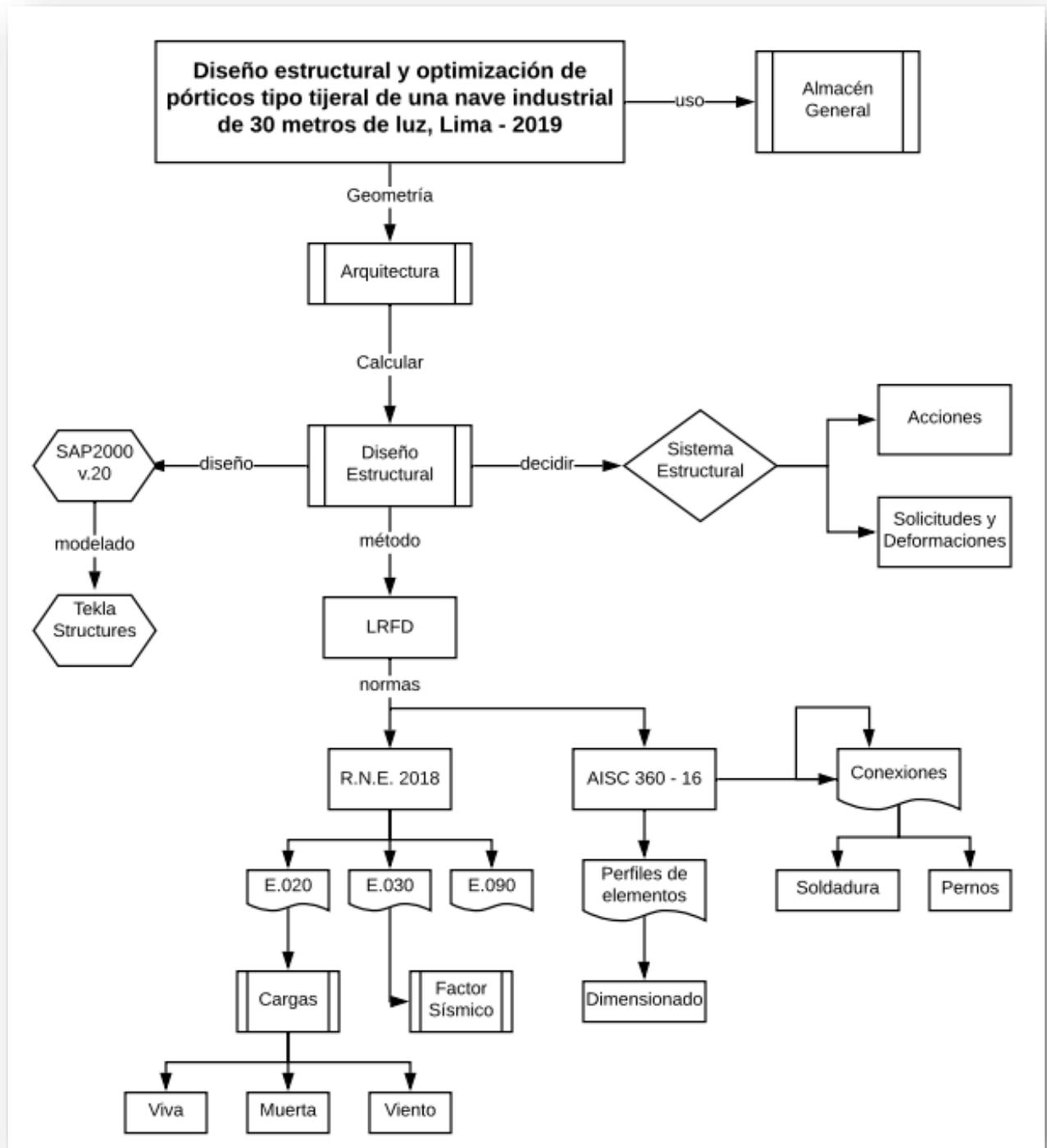


Figura 6. Flujograma del Diseño estructural de la nave industrial

Fuente: Elaboración Propia

## **2.6. Método de Análisis de datos**

### **2.6.1. Método**

El método científico es el instrumento o procedimiento que se realiza en la ciencia para obtener una adecuada expresión del porqué de las cosas, donde se puede manejar, combinar y utilizar las mismas, comprobando si una supuesta hipótesis es respaldada y demostrada con hechos reales. (Ruiz, 2007 pág. 3)

Esta investigación se orienta en el método científico, determinándose en el análisis, diseño estructural y optimización de pórticos de una nave industrial, usando los procedimientos y métodos necesarios para la comparación de resultados.

### **2.6.2. Análisis de datos**

Para el desarrollo del proyecto de investigación se usó los software's como Microsoft office, para el análisis y diseño estructural el SAP2000 y para el modelado el Tekla Structure utilizando datos obtenidos a través del análisis y cálculo del diseño estructural de la nave industrial haciendo uso de las normas correspondientes del Reglamento Nacional de Edificaciones, aplicando el diseño por método de factores de carga y resistencias AISC-LRFD.

## **2.7. Aspectos éticos**

### **2.8. Respeto:**

Es el valor esencial y significativo de manera constante en nuestra vida cotidiana, laboral, académica y, por lo tanto, en este proyecto de investigación tiene datos honestos y concisos, con los cuales se hará referencia a la variedad de datos de diferentes autores utilizando la norma ISO 690.

### **2.9. Honestidad:**

Ser honesto en la elaboración del proyecto de investigación, con la información y análisis de datos con fuentes confiables para la argumentación de esta investigación.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Descripción de la zona de estudio

La zona de la proyección se encuentra situada en la zona céntrica industrial de Lima Metropolitana y Callao, en la primera cuadra de la Avenida Argentina, el terreno destinado para la proyección cuenta con un área de 3,962.39 m<sup>2</sup>, cercada colindando con los siguientes sentidos:

- **Frente:** Fachada directo a Jr. Huarochirí
- **Derecha:** Lateral direccionado con el Jr. Huancavelica
- **Izquierda:** Con sentido a la Av. Argentina cuadra 01, colindando con propiedades privadas
- **Fondo:** Limita hacia Jr. Ascope colindando con una propiedad privada (ver ANEXO 04)

El terreno tiene el perímetro cercado con muro de ladrillo de arcilla ya desgastado por su antigüedad, conteniendo en su área algunos cuartos provisionales de material precario y de uso de cochera de unidades de carga pesada.



**Figura 7.** Vista del predio entre cruce de Jr. Huarochirí con Jr. Andahuaylas  
**Fuente:** Propia



**Figura 8.** Vista Frontal del predio límite con Jr. Huarochirí  
**Fuente:** Propia

### 3.2. Trabajos Preliminares

Para iniciar con el diseño y modelado de la nave industrial y obtener la separación óptima entre pórticos, se deberán considerar los siguientes datos importantes para su desarrollo:

✓ Luz	= 30 m
✓ Longitud	= 80 m
✓ Separación de pórticos	= 8.00 m
✓ Ancho tributario	= 8.00 m
✓ Altura	= 8.18 m
✓ Viento	= 90.00 Km/h
✓ Material	= Acero Estructural A-36
✓ Módulo Elasticidad	= 2 100 000 Kg/cm <sup>2</sup>
✓ Esfuerzo de Fluencia (Fy)	= 2530 Kg/cm <sup>2</sup>
✓ Acción Sísmica (Z)	= 0.45
✓ Factor de Uso - instalaciones industriales (U)	= 1.00
✓ Factor de Ampliación Sísmica (C)	= 2.50
✓ Factor de Suelo (S)	= 1.10
✓ Factor de Reducción sísmica (R)	= 6.00

### 3.3. Análisis de Resultado

Una parte muy importante de un proyecto de una nave industrial es el cálculo estructural, en el que las siguientes fases deben seguirse consecutiva:

- a) **La geometría de la nave industrial:** teniendo las dimensiones en planta y la altura según su arquitectura del edificio, estas deben ser suficientes para determinar el uso al que se va a destinar.
- b) **El sistema estructural:** Cuando se conocen los requisitos previos al procedimiento y la geometría de la planta, se debe elegir el sistema estructural que se va a utilizar, lo que afectará las actividades a considerar y el cálculo estructural.
- c) **Las acciones:** Con la estructura completamente definida (tanto geoméricamente, como con su sistema estructural), así como su ubicación, se debe determinar todas las acciones que pueda tomar sobre él en todas las situaciones de proyecto que pueden dar una larga vida.
- d) **Las solicitudes, deformaciones:** La fase principal del cálculo estructural requiere la adquisición de las cargas y deformaciones que soporta cada uno de los componentes estructurales a dimensionar. Esto debe ser posible usando programas de estimación de cálculo, siempre que el sistema estructural elegido lo permita.
- e) **El dimensionado:** Con esfuerzos y deformaciones obtenidos, se debe dimensionar cada uno de los componentes que conforman el sistema estructural, decidiendo los perfiles comerciales importantes (en función de columnas o las vigas).

A continuación, se procede a abordar el cálculo estructural de una nave industrial, partiendo para ello de las condiciones geométricas impuestas por la distribución en planta arquitectónica, con las que se puede decidir el sistema estructural a emplear.

Algunas fases del proyecto estructural podremos abordar mediante el empleo de programas informáticos de amplia implantación en el mundo profesional. En este caso utilizaremos de apoyo el software SAP2000 V.20, una herramienta muy extendida en el ámbito comercial. Se trata de una potente aplicación para el cálculo de estructuras de naves industriales, edificios y cualquier otro tipo de estructura resistente.

Este programa trabaja aplicando el método matricial en sus cálculos, obteniendo de forma sencilla y fiable el dimensionado y optimización de los elementos de la estructura.

### **Normativa utilizada**

Para el análisis, diseño y detallado del proyecto estructural se emplearon las consideraciones contenidas en las siguientes normas:

- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica E.020 CARGAS, 2018.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE, 2018.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS, 2018.
- Norma ANSI AISC 358-16 “Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications”.
- Norma ANSI/AISC 360-16 “Specification for Structural Steel Buildings”
- ANSI/AISC 341-02 “Seismic Provisions for Structural Steel Buildings”

## Análisis y Metrado de Cargas

- **Sobrecargas Permanentes (SCP):** Se consideran aquellas cargas constantes de mobiliarios fijos como cargas puntuales fijas, así como también cargas provenientes de recubrimientos o pavimentos en las losas de entrepiso.
- **Cargas Muerta (CM):** se consideraron los pesos propios de todos los elementos estructurales (vigas y columnas) y otros elementos no estructurales (losas, escalera, revestimiento, mampostería, etc.).
- **Carga Permanente (CP):** se considera como la suma algebraica de la sobrecarga permanente y la carga muerta.
- **Cargas Variables (CV):** se consideraron las acciones variables tal como lo establece la Norma Técnica E.020 CARGAS, 2018 para los niveles intermedios.
- **Carga de Viento (W):** se consideraron las acciones de viento tal como lo establece la Norma Técnica E.020 CARGAS, 2018.

### 3.3.1. Diseño por el método LRFD (Load and Resistance factor design)

Es un método práctico que se utiliza para el diseño de estructuras metálicas de acero, este método nos permite hacer el diseño estructural de una manera más eficaz nuestros proyectos. El Diseño de Factores de Carga y Resistencia (LRFD) es un método de diseño en el cual las cargas de diseño se incrementan y las resistencias de diseño se minoran multiplicando por factores mayores y menores que la unidad, respectivamente.

#### Carga Muerta

La carga muerta está dada por el peso propio de la estructura, de acuerdo a las características de los materiales. Este valor será calculado de manera automática por el software de análisis estructural SAP2000 v.20.

##### **Carga Muerta de Techo**

Peso propio de Estructura	20.0 kg/m <sup>2</sup>
Peso Panel techo TR4	10.0 kg/m <sup>2</sup>
Falso cielo raso	0.0 kg/m <sup>2</sup>
Instalaciones de Luminarias	10.0 kg/m <sup>2</sup>
Otros	15.0 kg/m <sup>2</sup>
Carga Muerta	55.0 kg/m <sup>2</sup>

### **Sobrecarga Permanente**

Según lo establecido en arquitectura se cuenta con una cobertura de lámina de policarbonato la cual genera una sobrecarga permanente aproximada según fabricante de **7.17 Kg/m<sup>2</sup>**.

### **Carga Variable**

La carga variable está fundamentada en el uso que se le dio a la estructura. Para este proyecto se estimaron las cargas variables según lo que la normativa RNE E.0.20, en su artículo 7.1 (Cargas vivas mínimas repartidas) establece:

**Ecuación 1.** Cargas vivas mínimas repartidas

$$CV = 30 \text{ Kg/m}^2$$

A continuación, se muestra una sección del cual se hace referencia.

Según lo estipulado en el RNE. E.020 Art. 7.1.d – Cargas vivas mínimas repartidas

“Para techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etcétera., cualquier sea su pendiente, 0,30 kPa (30 kgf/m<sup>2</sup>), excepto cuando en el techo pueda haber acumulación de nieve”.

### **Combinaciones de carga**

Las combinaciones de carga a considerar, de acuerdo a la norma RNE E.090 “Estructuras Metálicas” son:

#### Nomenclatura:

**D:** Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanente sobre la estructura.

**L:** Carga viva debida al mobiliario y ocupantes.

**Lr:** Carga viva en las azoteas.

**W:** Carga de viento.

**S:** Carga de nieve.

**E:** Carga de sismo de acuerdo a la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

**R:** Carga por lluvia o granizo.

Para la uso del método LRFD, considerar estas combinaciones:

**Ecuación 2.** Combinaciones de Carga

$$1,4D \quad (1.4-1)$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (1.4-2)$$

$$1,2D + 1,6(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W) \quad (1.4-3)$$

$$1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (1.4-4)$$

$$1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S \quad (1.4-5)$$

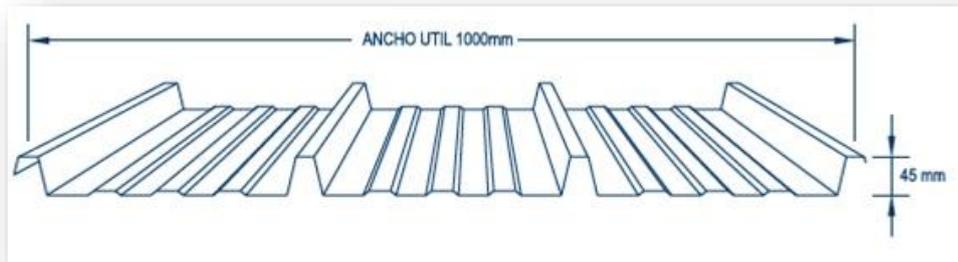
$$0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E) \quad (1.4-6)$$

**Propiedades del Material**

- Acero al carbono A36
- Peso por unidad de volumen: 7,850 Kg/m<sup>3</sup>
- Módulo de Elasticidad: 2,100,000 Kgf/cm<sup>2</sup>
- Módulo de Poisson: 0.3
- Esfuerzo de Fluencia:  $F_y = 2530 \text{ Kgf/cm}^2$

**Características de la cubierta**

- Material: Lámina de Policarbonato, según norma ASTM D-1003-61 y D-3029-84/FA
- Peso específico: 1200 Kg/m<sup>3</sup>
- Resistencia a la flexión: 890 Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad: 23000 Kg/cm<sup>2</sup>
- Color: Transparente
- Espesor: 1 mm
- Largo Estandar: 5.80 m y 11.60 m.
- Nombre comercial: TR-4



**Figura 9.** Cubierta TR4

**Fuente:** Precor - Ficha Técnica, 2019

### Acción Sísmica.

- **Factor de Zona**

El inmueble está ubicado en la provincia de Lima, la cual según la Norma E.030 pertenece a la **zona 4**, por lo tanto, correspondiéndole un factor de zona **Z=0.45**.



**Figura 10.** Zonas Sísmicas

**Fuente:** RNE E.020

### Factor de Uso

El inmueble en estudio es un edificio esencial por lo cual le corresponde, según la norma E.030, la categoría **C** por lo cual se le asigna **U=1.0**.

**Tabla 5.** Categoría de las edificaciones

<b>C Edificaciones Comunes</b>	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e <b>instalaciones industriales</b> cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas contaminantes.	<b>1.0</b>
--	--	------------

Fuente: RNE E.030

### Carga de Sismo (E)

#### Peso Sísmico de Techo:

Peso de Techo	= 55 x 30 x 8		= 13200 k g
Peso de Pared	= 10 x 8 x 1.0 x 2		= 160 k g
Peso Total		$P_{Dtecho}$	= <b>13360</b> k g
Carga Viva Techo al 25%	$P_L = 0.25 \times 30 \times 30 \times 8$		= <b>1800</b> k g

$$P_{S\ techo} = P_{Dt} + 25\%P_L = 15160 \text{ kg/ Por p\acute{o}rtico}$$

### Factor de Suelo

Tomamos las características del suelo más crítico según la tabla de factor de suelos “S” que es el tipo **S3** (ver TABLA 2), por lo que le corresponde un valor de **S=1.10** y el periodo del terreno es de **T<sub>p</sub> = 1.0 s** y **T<sub>l</sub> = 1.6s**.

### Factor de Amplificación Sísmica (C)

Se calcula de acuerdo a la siguiente formulación:

**Ecuación 3.** Factor de amplificación sísmica

$$T = 8.18 \text{ m (h)} / 35 \text{ (CT: coeficiente de Periodo fundamental)} = 0.23 \text{ s}$$

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

### Factor de Reducción Sísmica

En cuanto a la dirección X y Y, la cortante es absorbida por un **SISTEMA DE PÓRTICOS ORDINARIOS** para lo cual se emplea el coeficiente **R<sub>o</sub>=6**.

**Tabla 6.** *Sistemas Estructurales*

<b>SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>	
<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coeficiente Básico de Reducción R<sub>o</sub> (*)</b>
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6

**Fuente:** RNE E.030

### Sistema Estructural

El presente proyecto se desarrolla en una zonificación 4 y una categoría C, es por ello que se proyecta un sistema estructural de Pórticos los cuales deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Este sistema se encuentra acorde a lo exigido en la Norma Técnica RNE E.0.30. en la tabla que a continuación se aprecia.

**Tabla 7.** *Categoría y Sistema Estructural*

<b>Categoría de la Edificación</b>	<b>Zona</b>	<b>Sistema Estructural</b>
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

**Fuente:** RNE E.030

<b>Z</b>	=	0.45	Factor de Zona 4
<b>U</b>	=	1.0	Coefficiente de uso
<b>S</b>	=	1.10	Factor de Suelo tipo S3
<b>C</b>	=	2.5	Factor de amplificación sísmica en eje "X" $T_p < T < T_L$ , $C = 2.5 * (T_p / T)$
<b>C</b>	=	2.5	Factor de amplificación sísmica en eje "Y" $T_p < T < T_L$ , $C = 2.5 * (T_p / T)$
<b>R<sub>x</sub></b>	=	6.00	Factor de Reducción (Pórtico Ordinario Resistente a Momento OMF)
<b>R<sub>y</sub></b>	=	6.00	Factor de Reducción (Pórtico Ordinario Resistente a Momento OMF)
<b>T<sub>p</sub></b>	=	1 s	Período que define la Plataforma del factor C
<b>T<sub>L</sub></b>	=	1.6 s	Período de Plataforma el inicio de la zona del factor C
<b>C<sub>T</sub></b>	=	35	Coef. para determinar el Periodo Fundamental (Pórticos dúctiles de acero)
<b>C<sub>T</sub></b>	=	35	Coef. para determinar el Periodo Fundamental (Pórticos dúctiles de acero)
<b>h<sub>n</sub></b>	=	8.18 m	Altura total de la edificación (Un piso)
<b>T<sub>x1niv</sub></b>	=	0.23 s	Periodo Fundamental en eje X: $T_x = h_n / C_T$
<b>T<sub>y1niv</sub></b>	=	0.23 s	Periodo Fundamental en eje Y: $T_y = h_n / C_T$

### **Coefficiente Sísmico $C_s = (ZUSC) / R$**

**Ecuación 4.** Coeficiente Sísmico (C)

$$C_{sx} = 0.206 \quad (C_{sx} = ZUSC / R_x)$$

$$C_{sy} = 0.206 \quad (C_{sy} = ZUSC / R_y)$$

### **Fuerza Cortante en la base:**

**Ecuación 5.** Fuerza cortante en la base

$$V = \frac{Z * U * S * C}{R} \quad P_s$$

$$V_x = 0.206 \quad P_T$$

$$V_x = 3127 \quad \text{Kg}$$

$$V_y = 0.206 \quad P_T$$

$$V_y = 3127 \quad \text{kg}$$

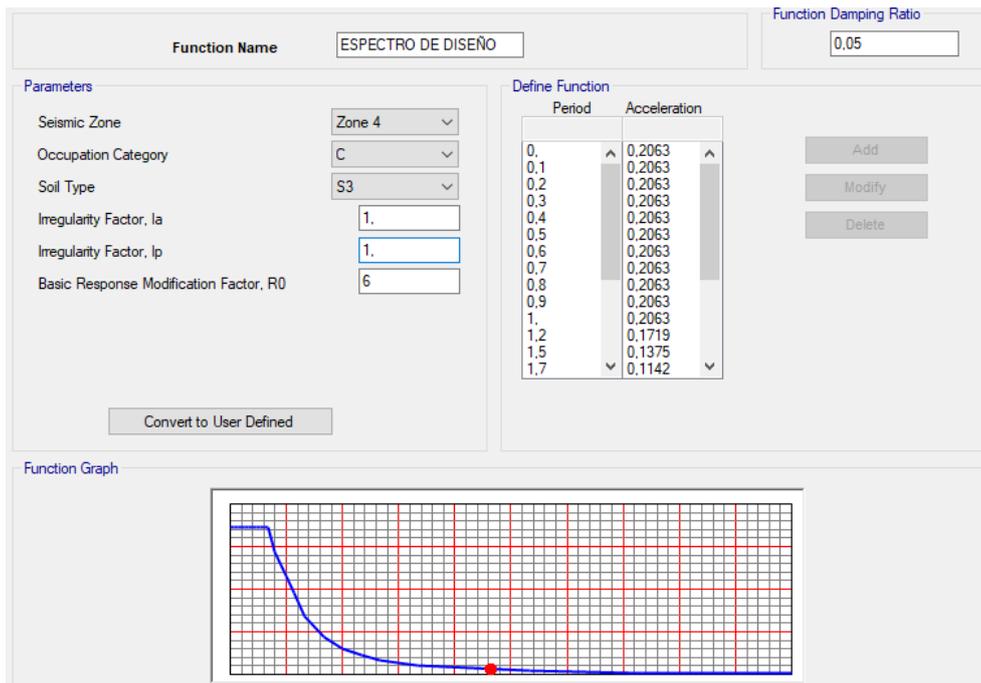


Figura 11. Espectro de Diseño

Fuente: SAP2000 v.20

### Dirección Ideal de Sismo:

Se plantea la acción de sismo en las dos direcciones global principal de la estructura  $X=U1$  e  $Y=U2$ .

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	ESPECTRO DE D	9,81
Accel	U2	ESPECTRO DE D	9,81
		ESPECTRO DE D	9,81

Figura 12. Métodos de combinación direccional y modal

Fuente: SAP2000 v.20

## ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES

Las bases de las columnas de la nave industrial son empotradas, a continuación, se detallan los desplazamientos horizontales y verticales.

### Deformaciones Horizontales:

**Tabla 8.** Deformaciones Horizontales en ejes X – Y

CARGA	Dirección	Máx. desplaz. relativo de entrepiso (cm)	Altura de entrepiso (m)	Deriva	Límite de distorsión	Comentario
Sismo	X	0.70	8.18	0.0038	0.020	(ok)
	Y	0.37	8.18	0.0020	0.020	(ok)
Viento	X	0.69	8.18	H/1187	H/200	(ok)
	Y	0.31	8.18	H/2656	H/200	(ok)

**Fuente:** Elaboración propia

### Deformaciones Verticales:

**Tabla 9.** Deformaciones Verticales en el eje Z

CARGA	Dirección	Desplaz. Vertical (cm)	Luz (m)	Deformación	Límite de deformación	Comentario
Muerta	Z	1.16	30.00	-	-	-
Viva	Z	2.23	30.00	H/1345	L/300	(ok)
Muerta + Viva	Z	3.39	30.00	H/885	L/300	(ok)

**Fuente:** Elaboración propia

Las deformaciones tanto Horizontales como Verticales cumplen con la deriva menor al 2% que estipula la Norma E.030 – Sismo Resistente.

Los casos de carga de sismo se definen en los ejes principales de acuerdo a los siguientes gráficos, se conoce que la norma E.030 establece la siguiente combinación de respuestas elásticas r:

**Ecuación 6.** Criterios de combinación

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

Alternativamente la E.030 establece que se puede emplear la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de respuestas elásticas.

Se toma en consideración un amortiguamiento de 5% de la estructura, así como también una excentricidad del diafragma del 5% tal como lo establece la norma RNE E.030.

Para este proyecto se utiliza una combinación modal bajo el método de combinación cuadrática completa (CQC) y una combinación direccional del sismo horizontal por el método de la raíz cuadrada de la suma de los resultados al cuadrado SRSS.

### **Masa de la Estructura**

Por tratarse de una edificación de categoría C, se considera la siguiente configuración de Masa, E.030 Cap. 4.3:

**b. En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.**

**Ecuación 7.** Masa de la estructura

$$\mathbf{Masa} = \text{Sobre cargas permanentes} + 25\% \text{ Carga Viva}$$

## **Carga de Viento (W)**

### **Estimación de Cargas de Viento:**

Citándose la norma RNE 0.20 se tiene: Tipo de edificación proyectado: Tipo 1

### **“12.2. CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES Tipo 1.**

Edificaciones poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento, tales como edificios de poca altura o esbeltez y edificaciones cerradas con cobertura capaz de soportar las cargas sin variar su geometría. Para este tipo de edificaciones se aplica lo dispuesto en los Artículos 12 (12.3) y 12 (12.4).”

### **Estimación de velocidad de diseño:**

### **“12.3. VELOCIDAD DE DISEÑO**

La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación, pero no menos de 75 Km/h. La velocidad de diseño del viento en cada altura de la edificación se obtendrá de la siguiente expresión.

**Ecuación 8.** Velocidad de Diseño

$$V_h = V(h/10)^{0,22}$$

### **Dónde:**

$V_h$ : velocidad de diseño en la altura h en Km/h

V: velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h

h: altura sobre el terreno en metros

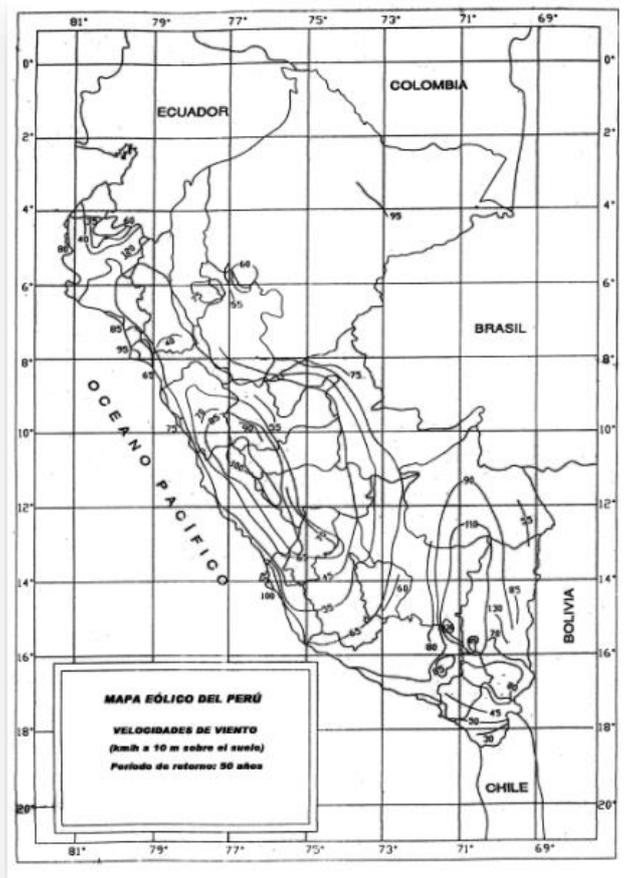


Figura 13. Mapa Eólico del Perú  
Fuente: RNE E.020, 2018

**$h = 8.18 \text{ m}$**

**Ubicación Lima = 90 Km/h**

$$V_h = 90 \text{ Km/h} \left( \frac{8.18}{10} \right)^{0.22} = 86.10 \text{ Km/h}$$

## Estimación de carga exterior del viento

### “12.4. CARGA EXTERIOR DE VIENTO

La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual actúa. Se calcula mediante la expresión:

**Ecuación 9.** Carga exterior de viento

$$P_h = 0,005 CV^2 h$$

**Dónde:**

$P_h$  : presión o succión del viento a una altura  $h$  en Kgf/m<sup>2</sup>

$C$  : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 5

$V_h$  : velocidad de diseño a la altura  $h$ , en Km/h, definida en el Artículo 12 (12.3)

**Tabla 10.** Factores de Forma ( $C$ )

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3-0,7	-0,6

**Fuente:** RNE E.020

A continuación, se realiza los cálculos para encontrar las cargas de viento según el RNE. 2018:

$V$ = Velocidad del Viento	90 km/h
$h$ = Altura sobre el terreno en m	8.18 m
$V_h$ = Velocidad de diseño en la altura $h$	<b>86.10 km/h</b>
$P_h$ = Presión dinámica de viento	
$P_h = 0.005 * C * V^2$	37.1 *C [kg/m <sup>2</sup> ]

### Factores de forma "C"

#### **En superficies inclinadas a 15° o menos – Caso A**

$C_{max} = -0.7$  (positivo = succión hacia arriba - barlovento)

$C_{min} = -0.6$  (negativo = succión hacia arriba - sotavento)

#### **En superficies inclinadas a 15° o menos – Caso B**

$C_{max} = 0.3$  (positivo = presión hacia abajo - barlovento)

$C_{min} = -0.6$  (negativo = succión hacia arriba - sotavento)

#### **En superficies verticales – Caso C**

$C_{max} = 0.8$  (positivo = barlovento)

$C_{min} = -0.6$  (negativo = sotavento)

#### **En superficies paralelas a la dirección del viento – Caso D**

$C_{max} = -0.7$  (positivo = barlovento)

$C_{min} = -0.7$  (negativo = sotavento)

### Presiones de viento en superficies

**Tabla 11.** Presiones de viento superficiales (C)

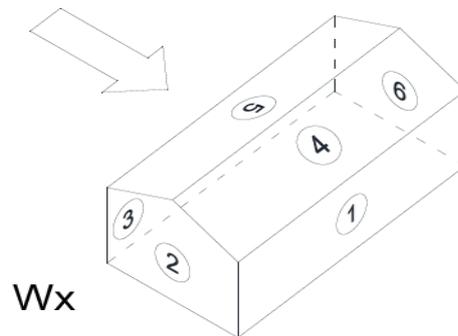
Descripción	C	$P_h$ (kg/m <sup>2</sup> )
Pared Barlovento	0.8	<b>29.7</b>
Pared Sotavento	-0.6	<b>-22.2</b>
Pared paralelo al viento	-0.7	<b>-26.0</b>
Techo Barlovento	-0.7	<b>-26.0</b>
Techo Barlovento	0.3	<b>11.1</b>
Techo Sotavento	-0.6	<b>-22.2</b>

**Fuente:** Elaboración propia

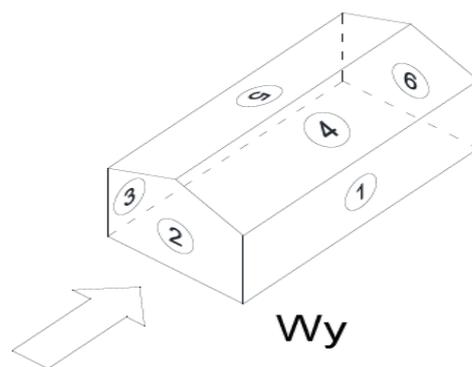
## Esquema de Aplicación de cargas de viento

Consideramos lo siguientes estados de viento:

- 1° **Caso  $W_x$** : Viento en sentido paralelo al pórtico, asumiendo que está totalmente cerrado.
- 2° **Caso  $W_{x1}$** : Viento en sentido paralelo al pórtico, asumiendo que está totalmente cerrado.
- 3° **Caso  $W_y$** : Viento en sentido longitudinal o transversal al pórtico, asumiendo que está totalmente cerrado.



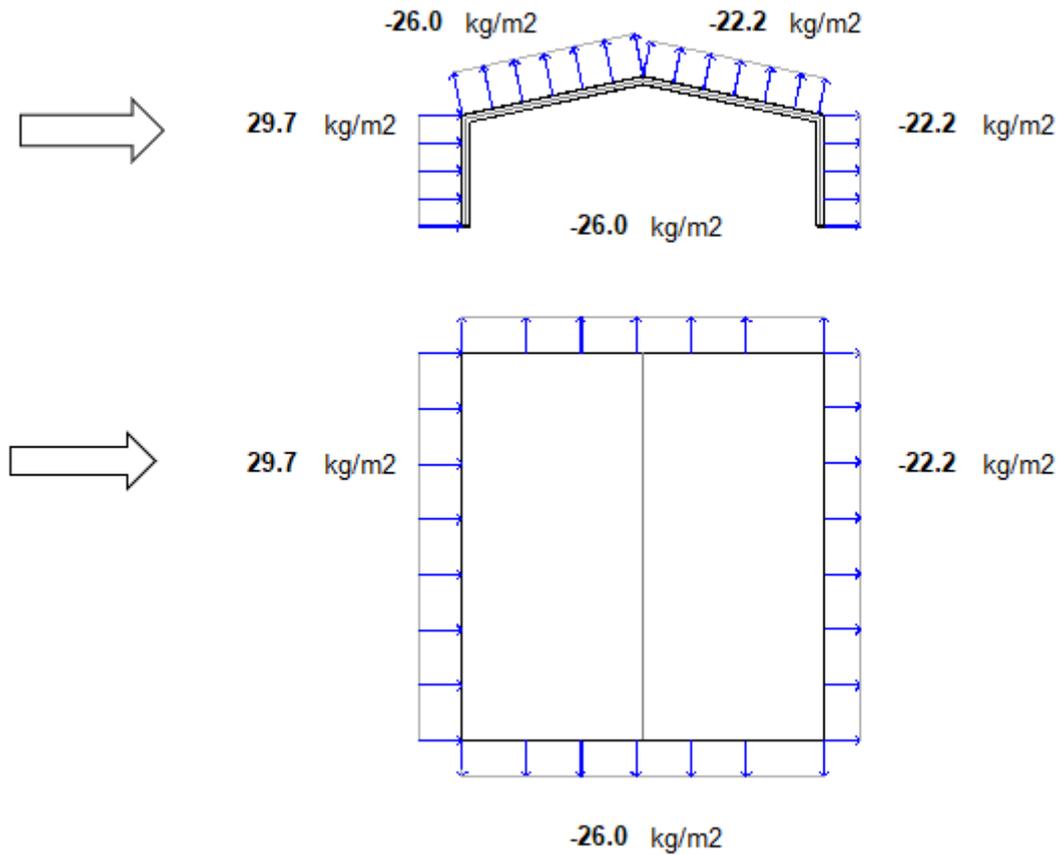
**Figura 14.** Viento en sentido paralelo al pórtico  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 15.** Viento en sentido longitudinal o transversal al pórtico  
**Fuente:** Elaboración propia

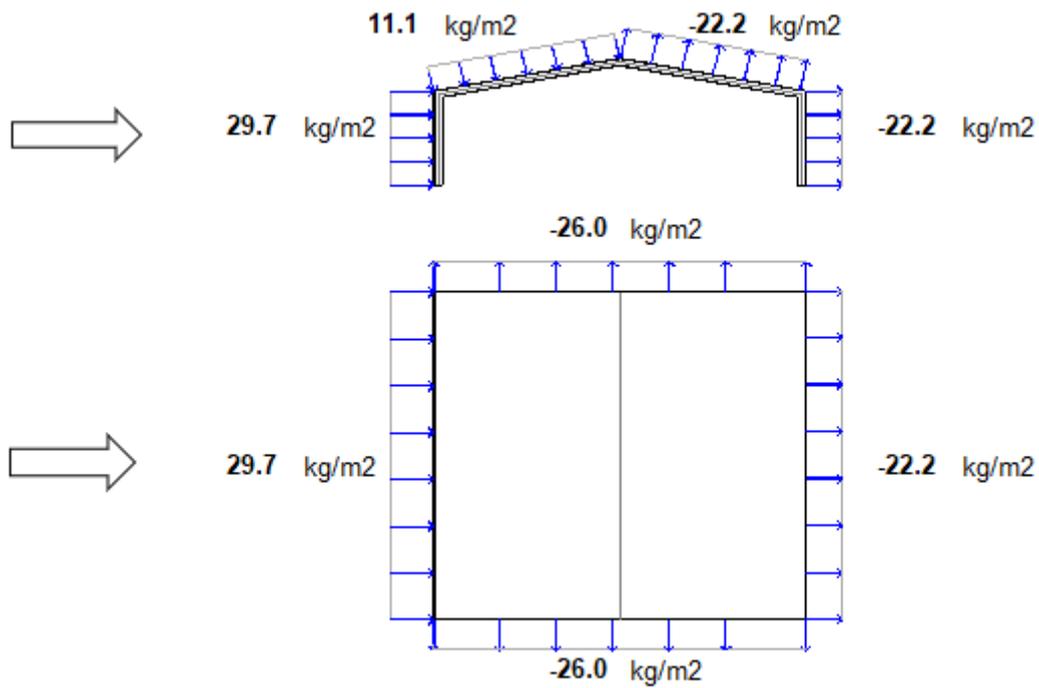
**Aplicación de estados de viento según los siguientes casos:**

**1° Caso Wx:** Viento paralelo a los pórticos (techo inclinado menor a 15°)



**Figura 16.** Caso Wx: Vista frontal del pórtico y planta del techo  
**Fuente:** Elaboración propia

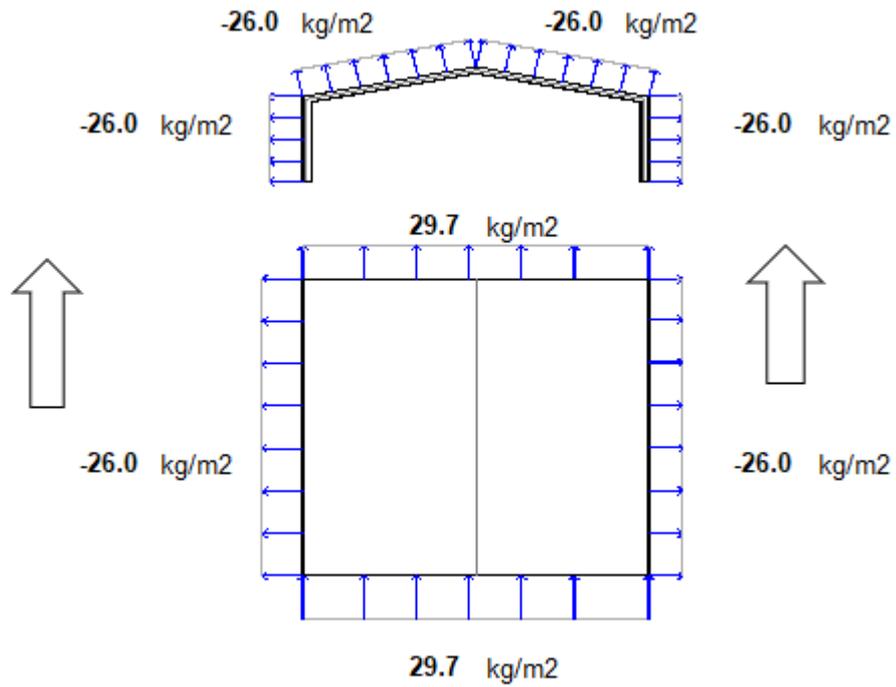
2° Caso Wx1: Viento paralelo a los pórticos (techo inclinado menor a 15°)



**Figura 17.** Caso Wx1: Vista frontal del pórtico y planta del techo

**Fuente:** Elaboración propia

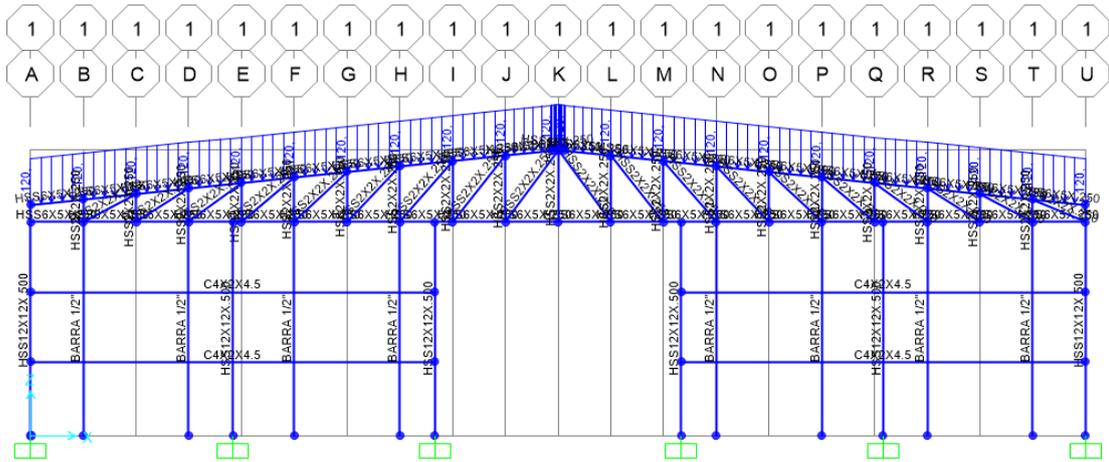
**3° Caso Wy:** Viento longitudinal o transversal a los pórticos



**Figura 18.** Caso Wy: Vista frontal del pórtico y planta del techo  
**Fuente:** Elaboración propia

## Asignación de Cargas

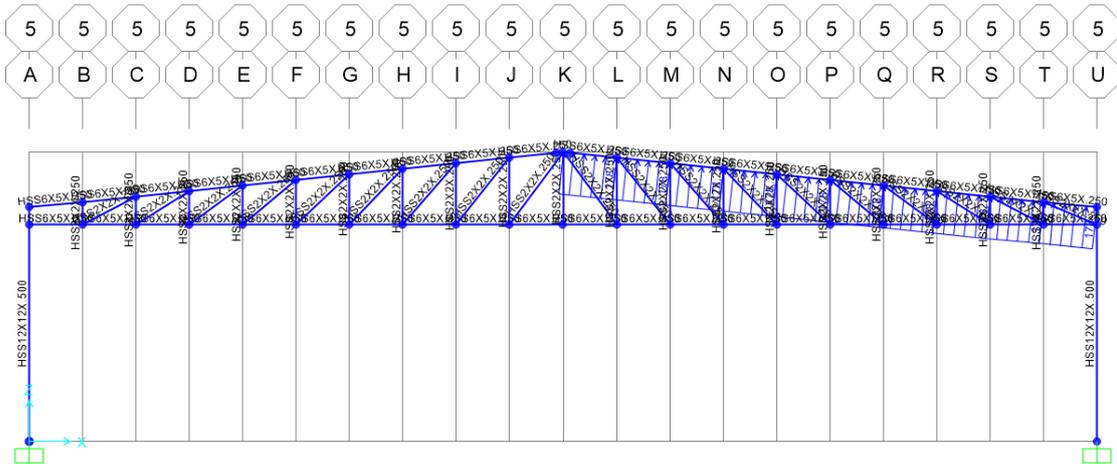
A continuación se realiza la asignación de las cargas correspondientes para la simulación y resistencia de la nave industrial:



**Figura 19.** Carga Variable Pórtico 1

**Fuente:** SAP2000 v.20

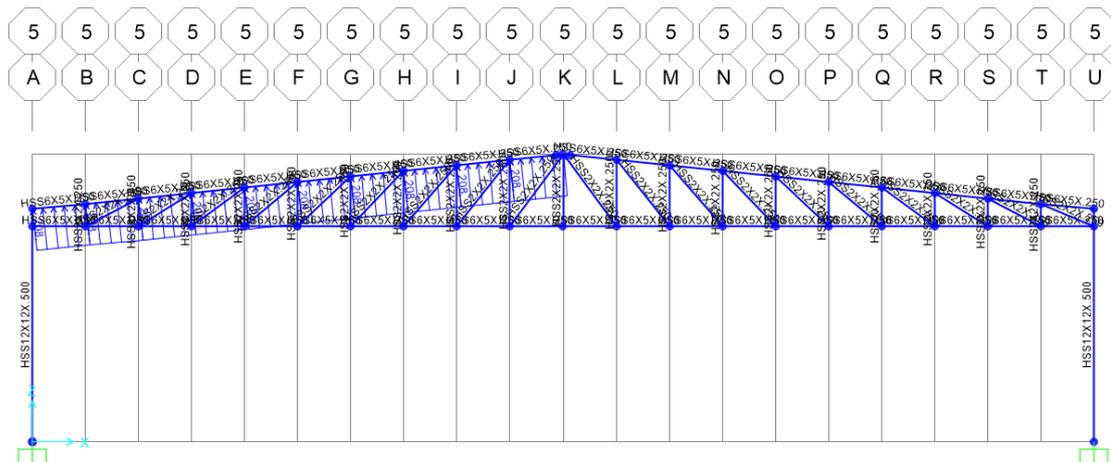
Carga de Viento a Sotavento en la nave industrial:



**Figura 20.** Carga Sotavento Pórtico 1

**Fuente:** SAP2000 v.20

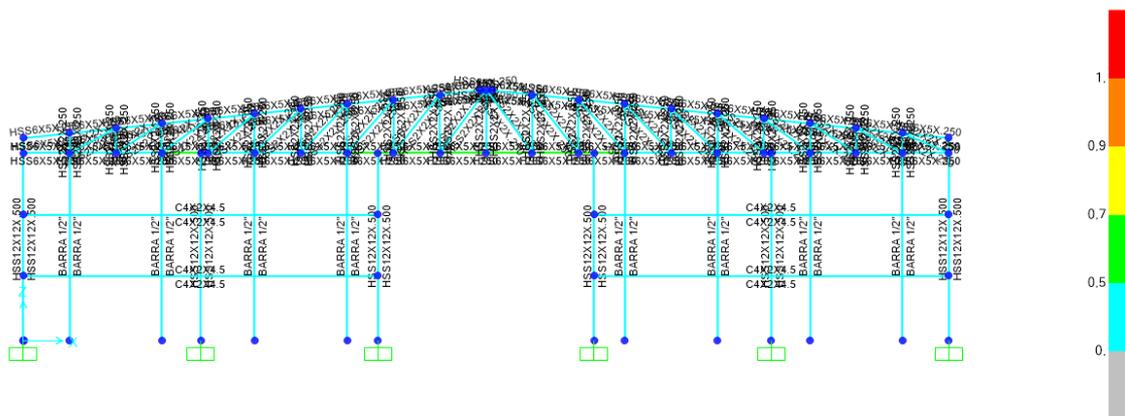
Carga de Viento a Barlovento en la nave industrial:



**Figura 21.** Carga Barlovento Pórtico 1  
**Fuente:** SAP2000 v.20

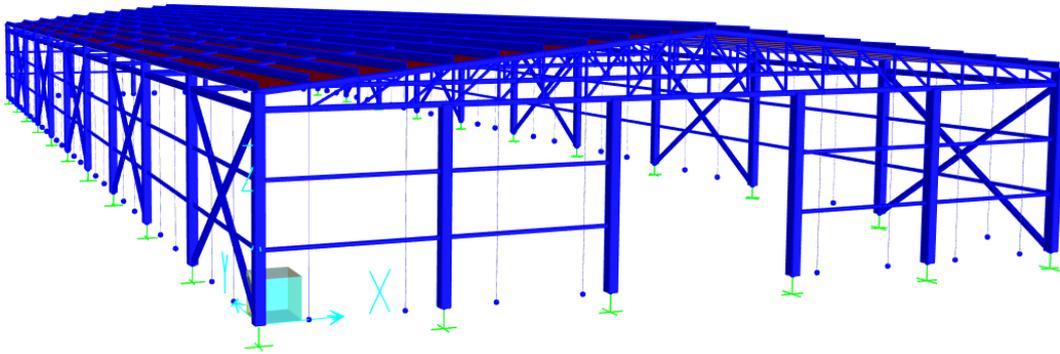
### Valores Ratio Demanda-Capacidad de elementos

Una vez realizado la asignacion de cargas a la nave industrial, apreciamos y comprobamos los valores de ratio que emite el software SAP2000 para la demanda – capacidad de resistencia que tendra cada elemento estructural:



**Figura 22.** Elevación Pórtico 1. Relación Demanda-Capacidad  
**Fuente:** SAP2000 v.20

En la siguiente imagen se aprecia la nave industrial de vista isométrica, de 30 metros de luz y 80 metros de fondo:



**Figura 23.** Modelo 3D. Nave Industrial

**Fuente:** SAP2000 v.20

Normas y datos utilizados para el diseño estructural con el método LRFD:

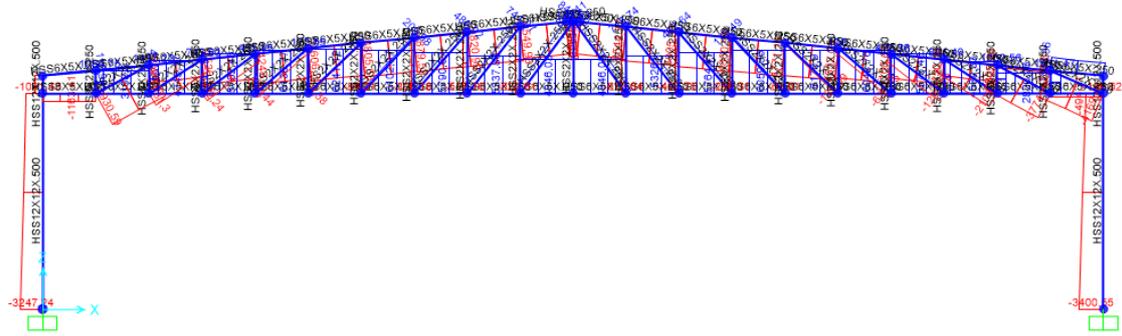
Item	Value
1 Design Code	AISC 360-16
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Framing Type	OMF
4 Seismic Design Category	D
5 Importance Factor	1,
6 Design System Rho	1,
7 Design System Sds	0,5
8 Design System R	8,
9 Design System Omega0	3,
10 Design System Cd	5,5
11 Design Provision	LRFD
12 Analysis Method	Direct Analysis
13 Second Order Method	General 2nd Order
14 Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15 Phi(Bending)	0,9
16 Phi(Compression)	0,9
17 Phi(Tension-Yielding)	0,9
18 Phi(Tension-Fracture)	0,75
19 Phi(Shear)	0,9
20 Phi(Shear-Short Webed Rolled I)	1,
21 Phi(Torsion)	0,9
22 Ignore Seismic Code?	No
23 Ignore Special Seismic Load?	No

**Figura 24.** Norma aplicada AISC 360-16 / Método de diseño LRFD (Load and Resistance Factor Desing)

**Fuente:** SAP2000 v.20

## Esfuerzos y Deformaciones

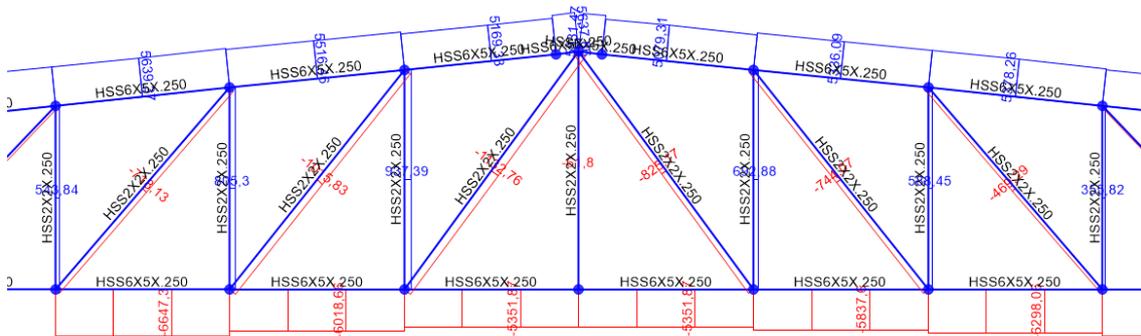
Fuerzas Axiales en pórtico mas crítico:



**Figura 25.** Fuerzas axiales para el caso de carga más desfavorable

**Fuente:** SAP2000 v.20

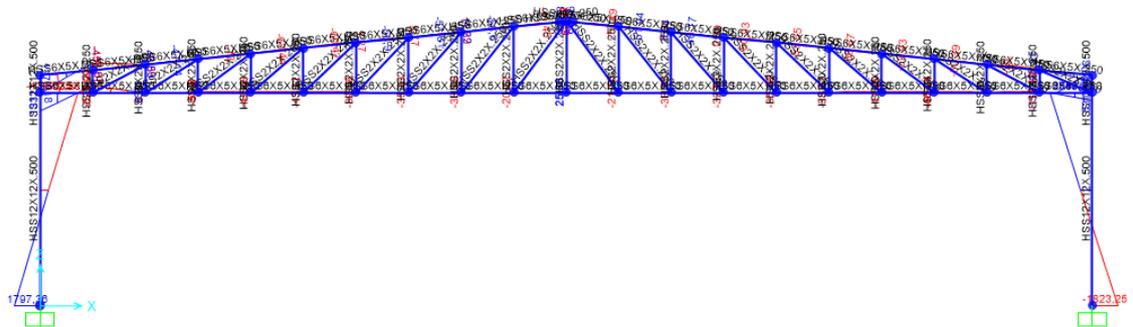
Fuerzas Axiales en pórtico mas crítico para el caso de carga de viento:



**Figura 26.** Fuerzas axiales para el caso de carga más desfavorable. Caso de Viento (Kgf/cm2)

**Fuente:** SAP2000 v.20

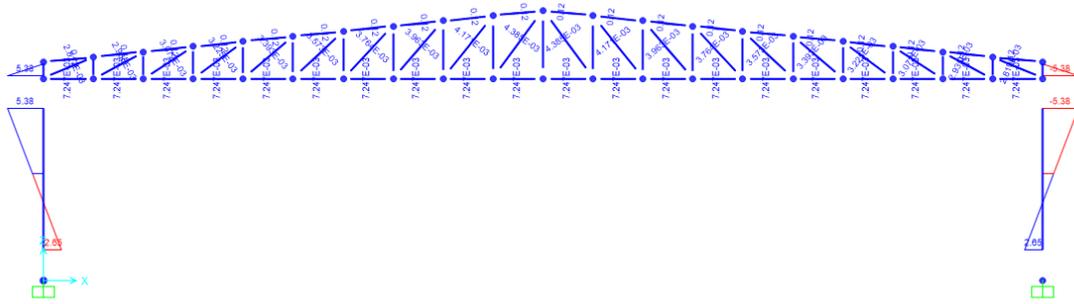
Momento Flector en pórtico mas crítico:



**Figura 27.** Momento Flector para el caso de carga más desfavorable. Caso de Viento (Kgf/cm2)

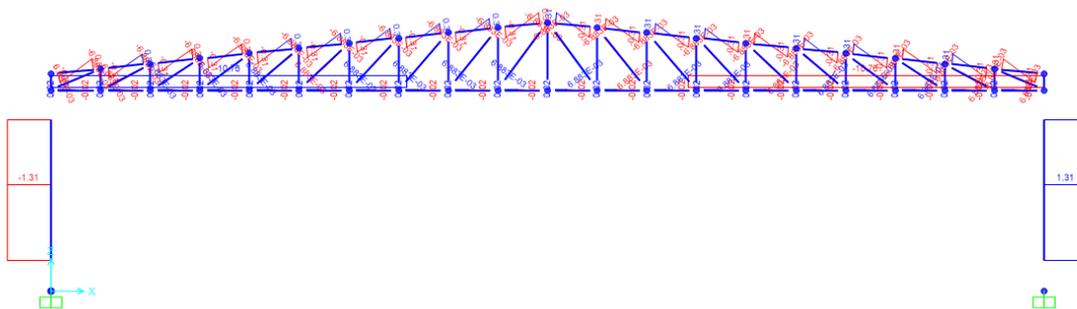
**Fuente:** SAP2000 v.20

Diagrama de Momento Flector a gravedad:



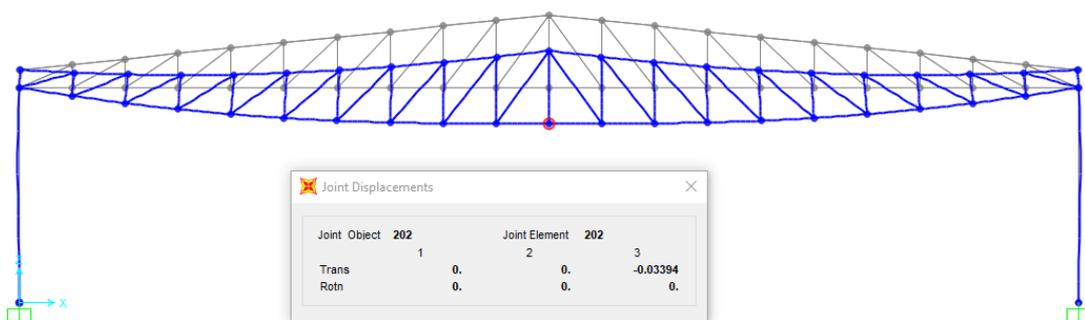
**Figura 28.** D.M.F  
**Fuente:** SAP2000 v.20

Diagrama de Fuerza Cortante a gravedad:



**Figura 29.** D.F.C  
**Fuente:** SAP2000 v.20

Desformación vertical del pórtico a gravedad:

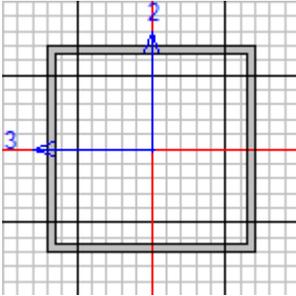


**Figura 30.** Deformación del pórtico  
**Fuente:** SAP2000 v.20

## Diseño de Elementos

A continuación, se detalla los elementos más críticos que trabajan a mayor porcentaje de su capacidad, encontrados en el SAP2000 v.20 (ver ANEXO 08).

- **Columnas:**



**Figura 31.** Perfil de columna HSS 12''x12''x1/2''

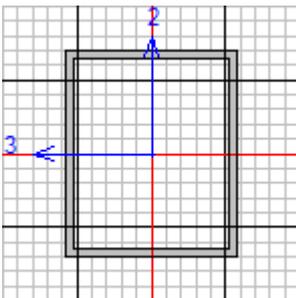
**Fuente:** SAP2000 v.20

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

$$\begin{aligned} \text{D/C Ratio: } 0,194 &= 0,011 + 0,177 + 0,005 \\ &= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22) \end{aligned}$$

El perfil de columna HSS 12''x12''x1/2'' trabaja al 19.40% de su capacidad.

- **Cordón Superior e Inferior de Tijeral:**



**Figura 32.** Perfil de cordón de tijeral HSS 6''x5''x1/4''

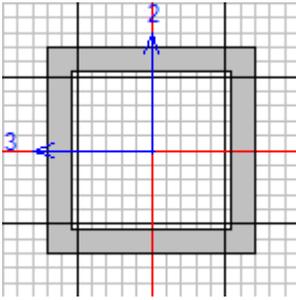
**Fuente:** SAP2000 v.20

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

$$\begin{aligned} \text{D/C Ratio: } 0,090 &= 0,065 + 0,018 + 0,007 \\ &= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22) \end{aligned}$$

El cordón HSS 6''x5''x1/4'' más crítico del tijeral trabaja al 09.00% de su capacidad.

- **Diagonales y verticales de Tijeral:**



**Figura 33.** Perfil de cercha del tijeral HSS 2"x2"x1/4"

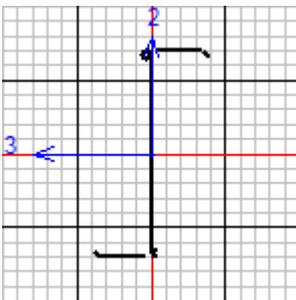
Fuente: SAP2000 v.20

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

$$\begin{aligned} \text{D/C Ratio: } 0,045 &= 0,038 + 0,007 + 0,000 \\ &= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22) \end{aligned}$$

El elemento cuadrado HSS 2"x2"x1/4" más crítico del tijeral trabaja al 04.50% de su capacidad.

- **Correas:**



**Figura 34.** Perfil de correa de techo "Z" 300x75x3mm

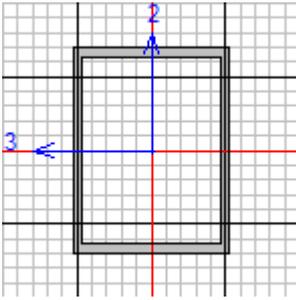
Fuente: SAP2000 v.20

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

$$\begin{aligned} \text{D/C Ratio: } 0,719 &= 0,014 + 0,275 + 0,430 \\ &= (\text{Omegac})(P/Pno) + (\text{Omegab})(M33)/(Mn33) + \\ &(\text{Omegab})(M22)/(Mn22) \end{aligned}$$

La correa de techo Z 300x75x3.0mm más crítica trabaja al 71.90% de su capacidad.

- **Largueros entre pórticos:**



**Figura 35.** Perfil de larguero lateral HSS 8"x6"x3/8"

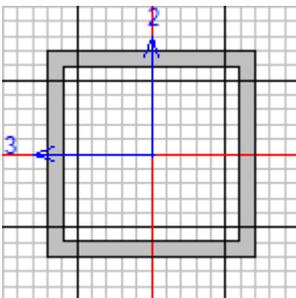
**Fuente:** SAP2000 v.20

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

$$\begin{aligned} \text{D/C Ratio: } 0,045 &= 0,001 + 0,040 + 0,004 \\ &= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22) \end{aligned}$$

El larguero lateral rectangular HSS 8"x6"x3/8" más crítico trabaja al 04.50% de su capacidad.

- **Arriostramientos concéntricos:**



**Figura 36.** Perfil Arriostre concéntrico HSS 6"x6"x1/2"

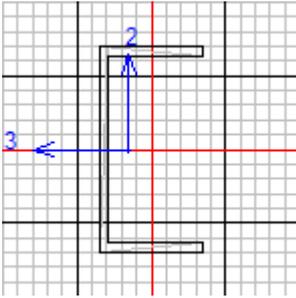
**Fuente:** SAP2000 v.20

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

$$\begin{aligned} \text{D/C Ratio: } 0,111 &= 0,017 + 0,000 + 0,094 \\ &= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22) \end{aligned}$$

El arriostramiento concéntrico rectangular HSS 6"x6"x1/2" más crítico trabaja al 11.10% de su capacidad.

- **Canal "U" Laterales:**



**Figura 37.** Perfil de canal "U" 4"x2"x4.5mm

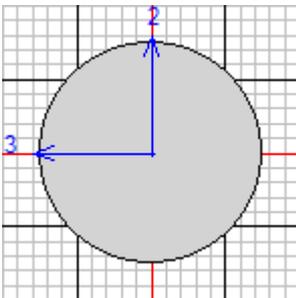
**Fuente:** SAP2000 v.20

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

$$\begin{aligned} \text{D/C Ratio: } 0.975 &= 0.2 + 0,775 + 0,000 \\ &= (\text{Pr}/\text{Pc}) + (8/9)(\text{Mr}33/\text{Mc}33) + (8/9)(\text{Mr}22/\text{Mc}22) \end{aligned}$$

El canal U lateral U 4"x2"x4.5mm más crítico trabaja al 97.50% de su capacidad.

- **Barra de tensora:**



**Figura 38.** Perfil de barra tensora de techo  $\phi$  1/2"

**Fuente:** SAP2000 v.20

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

$$\begin{aligned} \text{D/C Ratio: } 0.963 &= 0.2 + 0,763 + 0,000 \\ &= (\text{Pr}/\text{Pc}) + (8/9)(\text{Mr}33/\text{Mc}33) + (8/9)(\text{Mr}22/\text{Mc}22) \end{aligned}$$

La barra tensora circular de  $\phi$ 1/2" más crítica trabaja al 96.30% de su capacidad.

## DISEÑO DE CONEXIONES

- **Diseño de Plancha Base de columnas HSS 12"x12"x1/2"**

<b>Mu</b> =	<b>9812</b> kg-m	Momento Máximo
<b>Pu</b> =	<b>8135</b> kg	Compresión Máxima
<b>Vu</b> =	<b>3,900</b> kg	Cortante Máximo

Asumiendo una Plancha Base de:

<b>N</b> =	<b>50</b> cm	
<b>B</b> =	<b>50</b> cm	
<b>A<sub>PL</sub></b> =	<b>2500</b> cm <sup>2</sup>	(Área de Plancha Base)

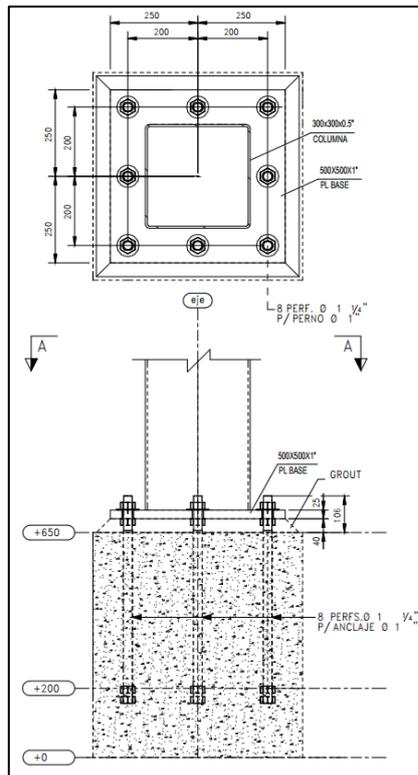
**Verificación de la resistencia por aplastamiento del concreto debajo de la Plancha base:**

<b>f<sub>c</sub></b> =	<b>315</b> kg/cm <sup>2</sup>	
<b>A<sub>c</sub></b> =	<b>3600</b> cm <sup>2</sup>	(Área de concreto)
<b>e<sub>x</sub></b> =	<b>Mu / Pu</b>	= <b>1.21</b> m
<b>T</b> =	<b>Pu*(e<sub>x</sub>-d/2)/(d+5)</b>	= <b>25,270</b> kg
<b>R</b> =	<b>Pu + T</b>	= <b>33,405</b> kg (Ø = 0.65)
<b>σ<sub>ua</sub></b> =	<b>R / (B * 22.5 / 2)</b>	= <b>49</b> kg.cm <sup>2</sup> < Ø 0.85 f <sub>c</sub> = <b>174</b> kg/cm <sup>2</sup>

**Verificación del espesor de la Plancha Base**

<b>M<sub>ua</sub></b> =	<b>(σ<sub>ua</sub>*2/3)*1*8<sup>2</sup>/2+(σ<sub>ua</sub>/3)*1*8<sup>2</sup>/3=</b>	<b>2,463</b> kg-cm
<b>t<sub>p</sub></b> =	<b>[4*M<sub>ua</sub>/Ø*F<sub>y</sub>]<sup>0.5</sup></b>	= <b>2.08</b> cm

**Usar: Plancha Base 1"x 500x500mm**



**Figura 39.** Plancha Base de 1"x500x500mm.  
**Fuente:** Elaboración propia

- **Diseño de Perno de Anclaje**

**Para tomar el Corte, se utilizaran Pernos de Anclaje A36**

Suponiendo 8 pernos  $\phi 1''$  (ASTM A36), con una Longitud de empotramiento de 630mm.

$$\mathbf{\emptyset} = 2.54 \text{ cm}$$

$$\mathbf{A\emptyset} = 5.067 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{Z} = 2.731 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{G} = 40 \text{ mm} \quad (\text{Grouting})$$

$$\mathbf{Me} = (V/10) * G = 1,560 \text{ Kg-cm}$$

$$\mathbf{Fy} = 2530.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mathbf{Fu} = 4077.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mathbf{\emptyset Mn} = 0.9 * Z * Fy = 6,219 \text{ Kg-cm}$$

$$\mathbf{\emptyset Mn} > Me$$

**Para tomar la fuerza de tensión usaremos Pernos de  $\phi 1''$**

Verificamos:

$$T_b = T_u / 8.0 = 3,159 \text{ Kg}$$

$$d_b = 2.54 \text{ cm}$$

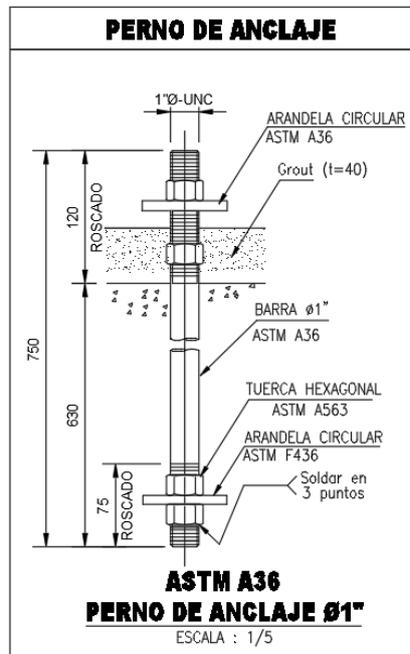
$$A_b = 5.07 \text{ cm}^2$$

$$F_u = 4077 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi Tr = 11620 \text{ kg}$$

$$T_a = 11620 \text{ kg} > T_b$$

**Por lo tanto se usa 8 unidades de Pernos de  $\phi 1''$  ASTM A36 por cada plancha.**



**Figura 40.** Perno de Anclaje de  $\phi 1''$

**Fuente:** Elaboración propia

- Soldadura E-60XX  $F_y=4,200\text{kg/cm}^2$

Para encontrar la soldadura que se utilizara en la nave industrial, se debe considerar los siguientes diagramas y fórmulas para soldar juntas a tope y juntas de filete.

**Ecuación 10.** Tope y juntas de filete de soldadura

$$C = [(A_1 + A_2) \times L \times G / E] \times 1/10$$

**Dónde:**

**C:** Consumo de insumo de soldadura (Kg)

**A1:** Área del metal de soldadura de la sección A1 (mm<sup>2</sup>) (Ver Figura 38 y 39)

**A2:** Área del refuerzo de la sección A2 (mm<sup>2</sup>) (Ver Figura 38 y 39)

**L:** Longitud lineal de soldadura (m)

**G:** Gravedad específica del metal de soldadura (7.850 g/cm<sup>3</sup>)

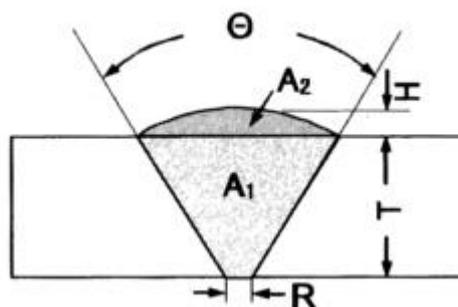
**E:** Eficiencia de deposición (%): (Ver Figura 40 y 41)

Electrodos revestidos de SMAWW: 55%

Alambres con núcleo solido/metálico de GMAW: 95%

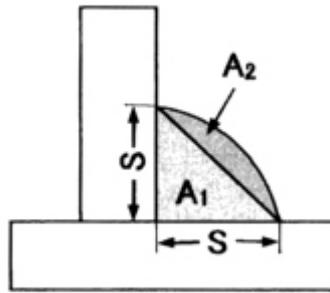
Hilos tubulares de FCAW: 90%

Alambres solidos de SAW: 100%



**Figura 41.** Junta a tope de soldadura

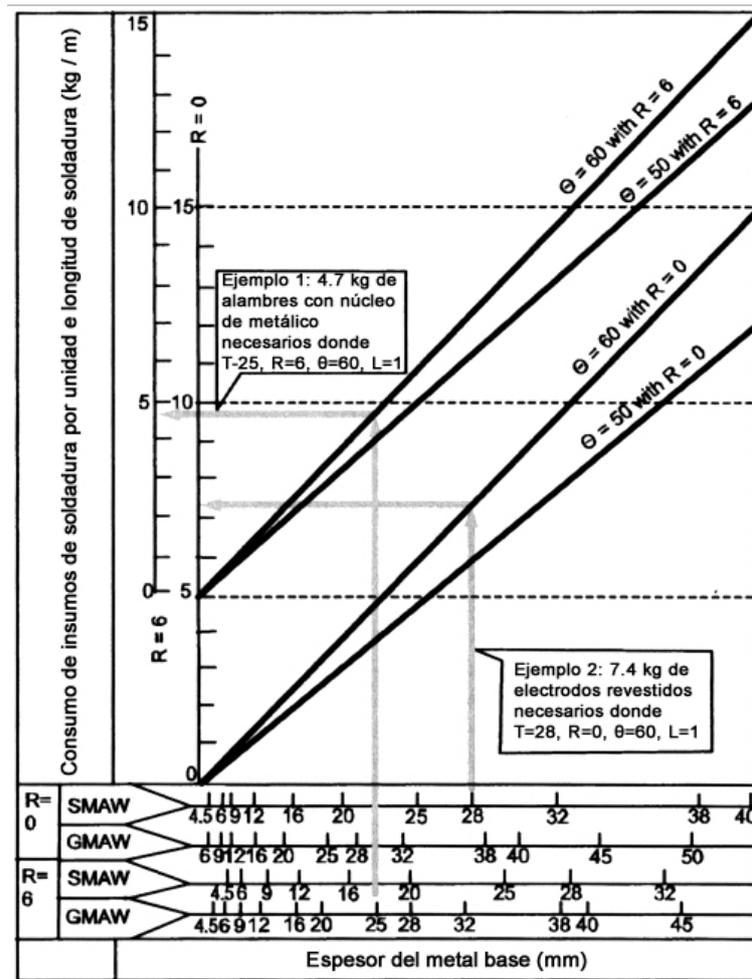
**Fuente:** El ABC de la soldadura por arco - Kobelco



**Figura 42.** Junta de soldadura en ángulo (filete)  
**Fuente:** El ABC de la soldadura por arco - Kobelco

Estos ábacos detallan la posición ideal de cómo se debe posicionar la soldadura y cuanto se consume por metro lineal.

A continuación, el consumo de insumos de soldadura por unidad e longitud de soldadura (kg/m) de juntas a tope:



**Figura 43.** Consumo de electrodos revestidos en el SMAW - Junta a tope  
**Fuente:** El ABC de la soldadura por arco - Kobelco

Consumo de insumos de soldadura por cada 10m de longitud de soldadura (kg/10m), alambres sólidos en el SAW de las juntas de filete:

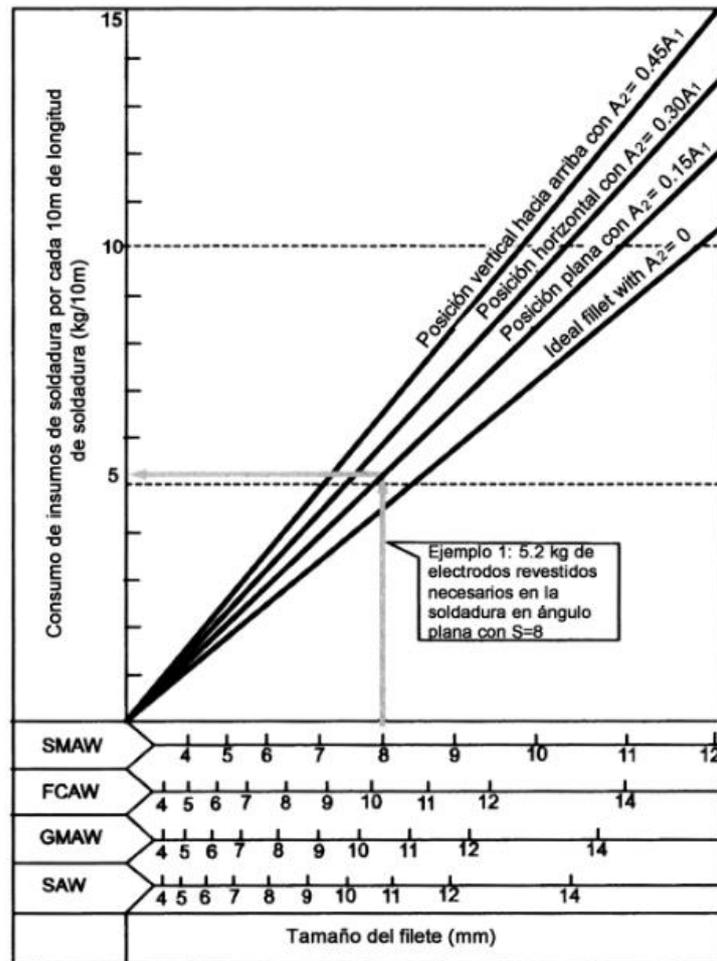


Figura 44. Consumo de electrodos revestidos en el SMAW - Juntas de filete

Fuente: El ABC de la soldadura por arco - Kobelco

Para saber la cantidad en peso de la soldadura se consideró el 2.85% del peso total de la nave industrial, es una ratio experimental que se usa en la actualidad de la industria metalmeccánica a través de la experiencia:

Tabla 12. Cantidad de soldadura para la nave industrial en Kg.

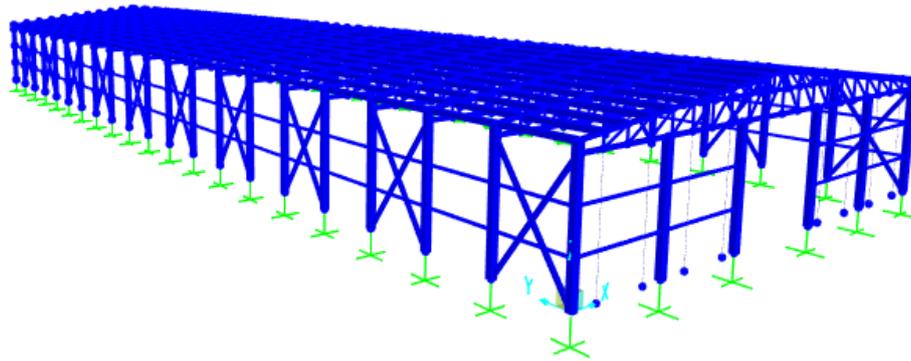
Separación entre pórticos (m)	Peso total de la estructura (kg)	Peso de soldadura a utilizar (kg)
8.00	87,569.24	2,451.94

Fuente: Elaboración propia

## Análisis y Diseño de Distanciamiento entre Pórticos

Para ubicar la distancia óptima entre pórticos se procedió a analizar el modelo propuesto a diversas distancias hasta lograr graficar las deflexiones máximas en correas versus su distancia y el peso de la estructura versus su distancia.

- **Diseño 1:**



**Figura 45.** Pórticos distanciados a cada 4 metros

**Fuente:** SAP2000 v.20

System Name: GLOBAL

Quick Start...

X Grid Data

Grid ID	Spacing (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	1,5	Primary	Yes	End	
B	1,5	Primary	Yes	End	
C	1,5	Primary	Yes	End	
D	1,5	Primary	Yes	End	
E	1,5	Primary	Yes	End	
F	1,5	Primary	Yes	End	

Add Delete

Y Grid Data

Grid ID	Spacing (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	4	Primary	Yes	Start	
2	4	Primary	Yes	Start	
3	4	Primary	Yes	Start	
4	4	Primary	Yes	Start	
5	4	Primary	Yes	Start	
6	4	Primary	Yes	Start	

Add Delete

Z Grid Data

Grid ID	Spacing (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	6,62	Primary	Yes	End
Z2	1,56	Primary	Yes	End
Z3	0	Primary	Yes	End

Add Delete

Display Grids as

Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1,3125

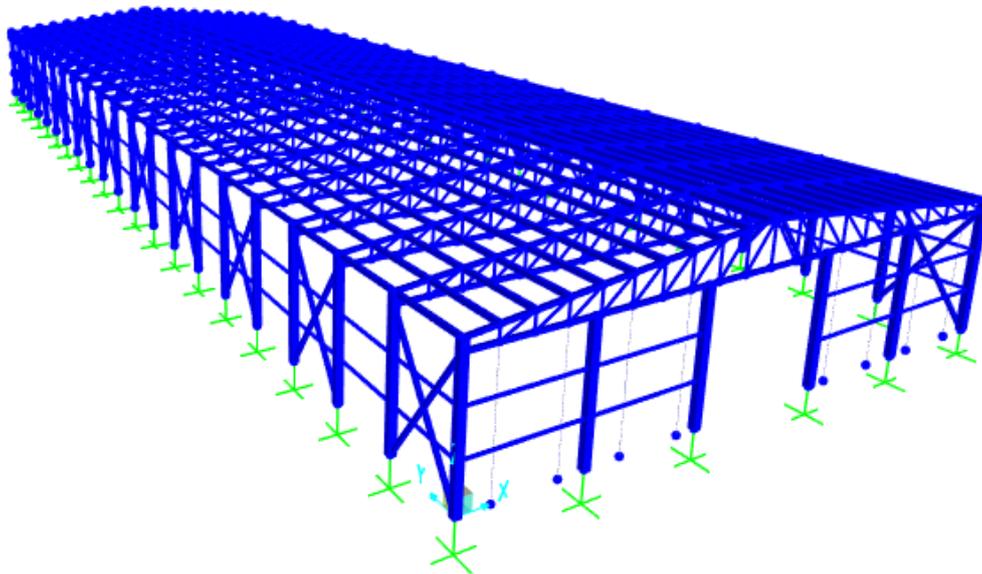
Reset to Default Color

Reorder Ordinates

**Figura 46.** Grilla de Pórticos distanciados a cada 4 metros

**Fuente:** SAP2000 v.20

- **Diseño 2:**



**Figura 47.** Pórticos distanciados a cada 5 metros

**Fuente:** SAP2000 v.20

System Name: GLOBAL

Quick Start...

X Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	0	Primary	Yes	End	
B	1,5	Primary	Yes	End	
C	3	Primary	Yes	End	
D	4,5	Primary	Yes	End	
E	6	Primary	Yes	End	
F	7,5	Primary	Yes	End	

Add Delete

Y Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	
2	5	Primary	Yes	Start	
3	10	Primary	Yes	Start	
4	15	Primary	Yes	Start	
5	20	Primary	Yes	Start	
6	25	Primary	Yes	Start	

Add Delete

Z Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	0	Primary	Yes	End
Z2	6,62	Primary	Yes	End
Z3	8,18	Primary	Yes	End

Add Delete

Display Grids as

Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1,3125

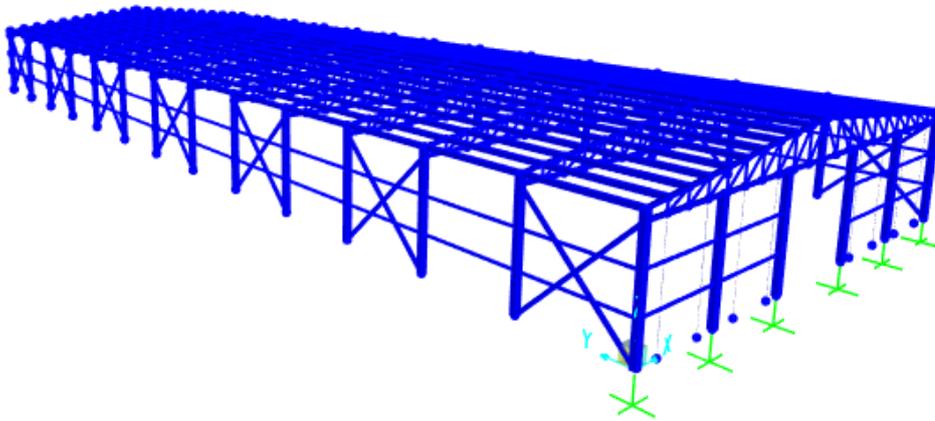
Reset to Default Color

Reorder Ordinates

**Figura 48.** Grilla de Pórticos distanciados a cada 5 metros

**Fuente:** SAP2000 v.20

- **Diseño 3:**



**Figura 49.** Pórticos distanciados a cada 6.15 metros

Fuente: SAP2000 v.20

System Name: GLOBAL

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data

Grid ID	Spacing (cm)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	150	Primary	Yes	End	
B	150	Primary	Yes	End	
C	150	Primary	Yes	End	
D	150	Primary	Yes	End	
E	150	Primary	Yes	End	
F	150	Primary	Yes	End	

Add Delete

Y Grid Data

Grid ID	Spacing (cm)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	615	Primary	Yes	Start	
2	615	Primary	Yes	Start	
3	615	Primary	Yes	Start	
4	615	Primary	Yes	Start	
5	615	Primary	Yes	Start	
6	615	Primary	Yes	Start	
7	615	Primary	Yes	Start	

Add Delete

Z Grid Data

Grid ID	Spacing (cm)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	662	Primary	Yes	End
Z2	156	Primary	Yes	End
Z3	0	Primary	Yes	End

Add Delete

Display Grids as

Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

Bubble Size: 131,25

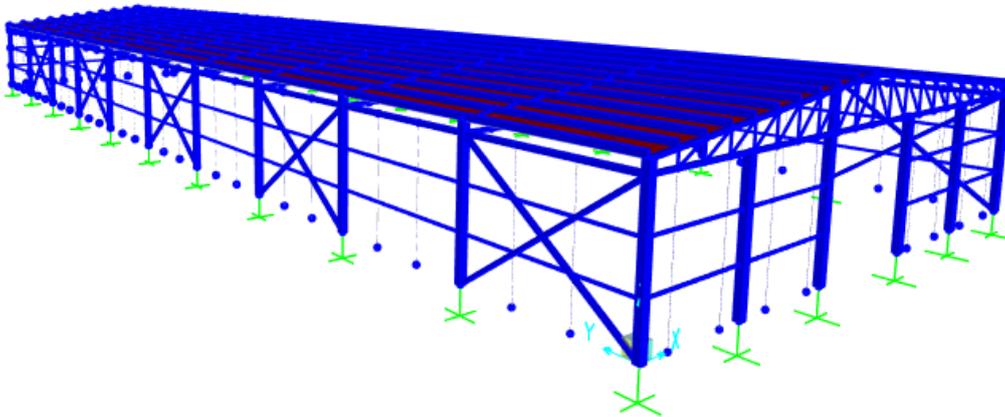
Reset to Default Color

Reorder Ordinates

**Figura 50.** Grilla de Pórticos distanciados a cada 6.15 metros

Fuente: SAP2000 v.20

- **Diseño 4:**



**Figura 51.** Pórticos distanciados a cada 7 metros

Fuente: SAP2000 v.20

System Name: GLOBAL

Quick Start...

X Grid Data

Grid ID	Spacing (cm)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	150	Primary	Yes	End	
B	150	Primary	Yes	End	
C	150	Primary	Yes	End	
D	150	Primary	Yes	End	
E	150	Primary	Yes	End	
F	150	Primary	Yes	End	

Add Delete

Y Grid Data

Grid ID	Spacing (cm)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	700	Primary	Yes	Start	
2	700	Primary	Yes	Start	
3	700	Primary	Yes	Start	
4	700	Primary	Yes	Start	
5	700	Primary	Yes	Start	
6	700	Primary	Yes	Start	
7	700	Primary	Yes	Start	

Add Delete

Z Grid Data

Grid ID	Spacing (cm)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	662	Primary	Yes	End
Z2	156	Primary	Yes	End
Z3	0	Primary	Yes	End

Add Delete

Display Grids as

Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

Bubble Size: 131,25

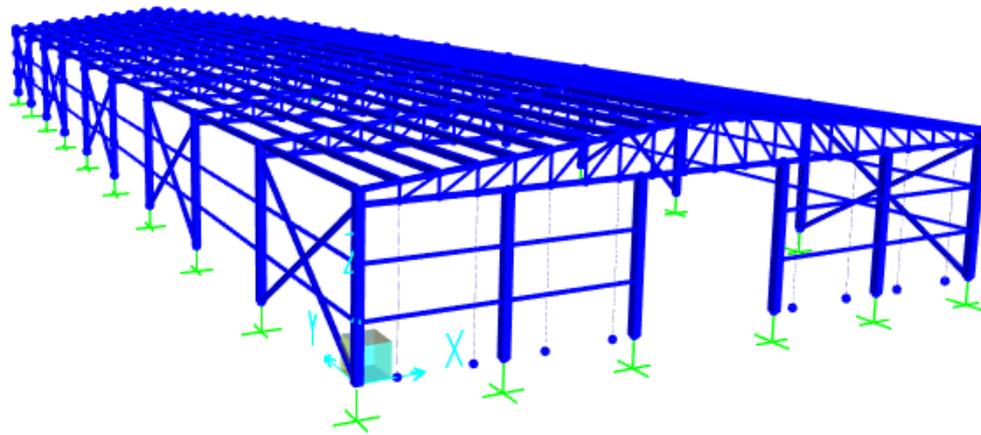
Reset to Default Color

Reorder Ordinates

**Figura 52.** Grilla de Pórticos distanciados a cada 7 metros

Fuente: SAP2000 v.20

- **Diseño 6:**



**Figura 53.** Pórticos distanciados a cada 9 metros

**Fuente:** SAP2000 v.20

system name:

quick start...

**X Grid Data**

Grid ID	Spacing (cm)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	150	Primary	Yes	End	
B	150	Primary	Yes	End	
C	150	Primary	Yes	End	
D	150	Primary	Yes	End	
E	150	Primary	Yes	End	
F	150	Primary	Yes	End	
G	150	Primary	Yes	End	

Add  
Delete

Display Grids as

Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

Bubble Size:

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

**Y Grid Data**

Grid ID	Spacing (cm)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	900	Primary	Yes	Start	
2	900	Primary	Yes	Start	
3	900	Primary	Yes	Start	
4	900	Primary	Yes	Start	
5	900	Primary	Yes	Start	
6	900	Primary	Yes	Start	
7	900	Primary	Yes	Start	

Add  
Delete

**Z Grid Data**

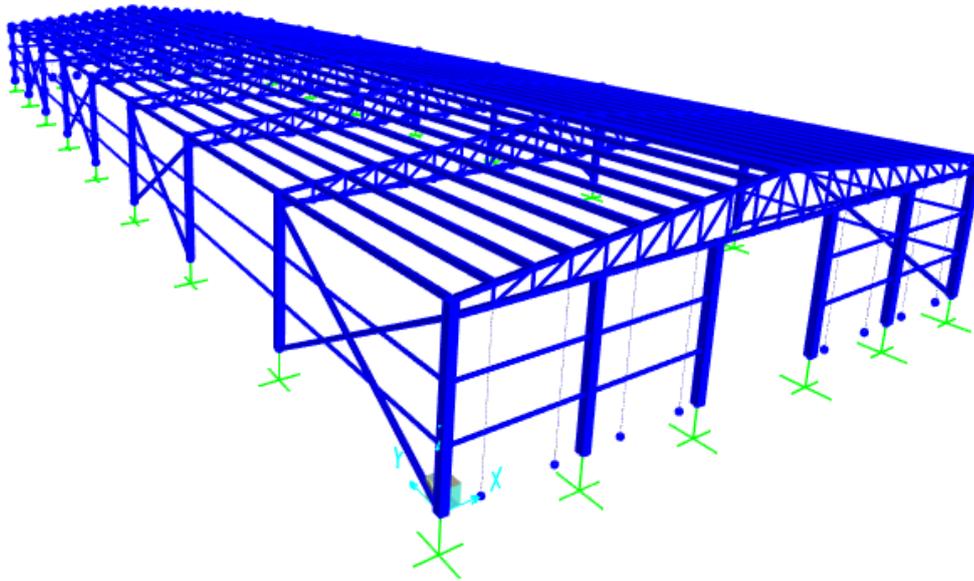
Grid ID	Spacing (cm)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	662	Primary	Yes	End
Z2	156	Primary	Yes	End
Z3	0	Primary	Yes	End

Add  
Delete

**Figura 54.** Grilla de Pórticos distanciados a cada 9 metros

**Fuente:** SAP2000 v.20

- **Diseño 7:**



**Figura 55.** Pórticos distanciados a cada 10 metros  
**Fuente:** SAP2000 v.20

System Name: GLOBAL

Quick Start...

X Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	0	Primary	Yes	End	
B	1,5	Primary	Yes	End	
C	3	Primary	Yes	End	
D	4,5	Primary	Yes	End	
E	6	Primary	Yes	End	
F	7,5	Primary	Yes	End	

Add Delete

Y Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	
2	10	Primary	Yes	Start	
3	20	Primary	Yes	Start	
4	30	Primary	Yes	Start	
5	40	Primary	Yes	Start	
6	50	Primary	Yes	Start	

Add Delete

Z Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	0	Primary	Yes	End
Z2	6,62	Primary	Yes	End
Z3	8,18	Primary	Yes	End

Add Delete

Display Grids as

Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

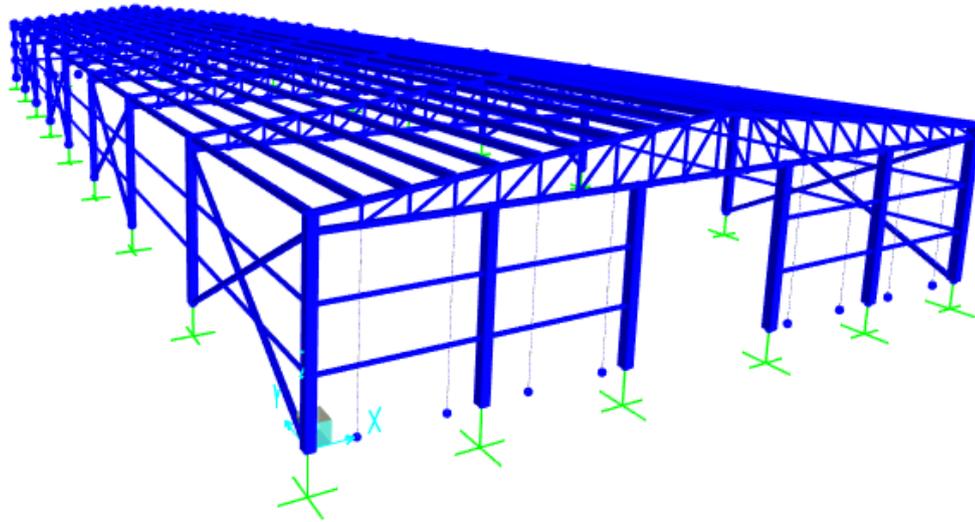
Bubble Size: 1,3125

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

**Figura 56.** Grilla de Pórticos distanciados a cada 10 metros  
**Fuente:** SAP2000 v.20

- **Diseño 8:**



**Figura 57.** Pórticos distanciados a cada 12 metros  
**Fuente:** SAP2000 v.20

System Name: GLOBAL Quick Start...

**X Grid Data**

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	0	Primary	Yes	End	
B	1,5	Primary	Yes	End	
C	3	Primary	Yes	End	
D	4,5	Primary	Yes	End	
E	6	Primary	Yes	End	
F	7,5	Primary	Yes	End	

Add  
Delete

**Y Grid Data**

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	
2	12	Primary	Yes	Start	
3	24	Primary	Yes	Start	
4	36	Primary	Yes	Start	
5	48	Primary	Yes	Start	
6	60	Primary	Yes	Start	

Add  
Delete

**Z Grid Data**

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	0	Primary	Yes	End
Z2	6,62	Primary	Yes	End
Z3	8,18	Primary	Yes	End

Add  
Delete

Display Grids as

Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

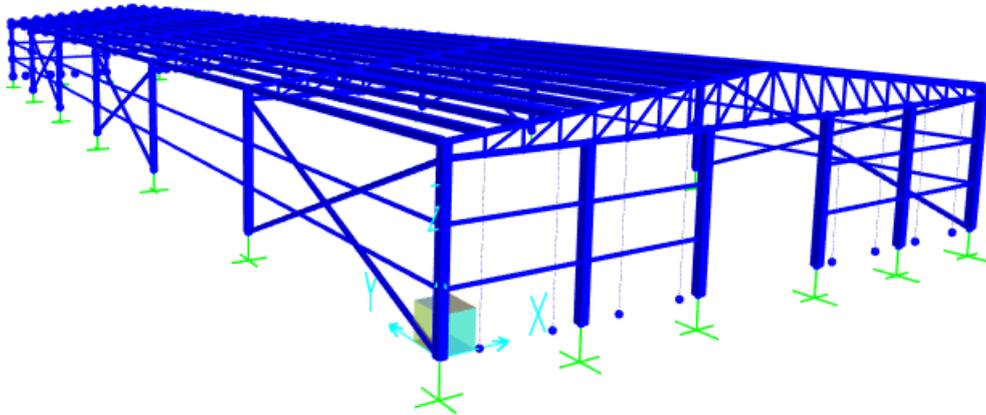
Bubble Size:

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

**Figura 58.** Grilla de Pórticos distanciados a cada 12 metros  
**Fuente:** SAP2000 v.20

- **Diseño 9:**



**Figura 59.** Pórticos distanciados a cada 14 metros  
**Fuente:** SAP2000 v.20

System Name: GLOBAL

Quick Start...

X Grid Data

Grid ID	Spacing (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	1.5	Primary	Yes	End	
B	1.5	Primary	Yes	End	
C	1.5	Primary	Yes	End	
D	1.5	Primary	Yes	End	
E	1.5	Primary	Yes	End	
F	1.5	Primary	Yes	End	

Add  
Delete

Y Grid Data

Grid ID	Spacing (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	14	Primary	Yes	Start	
2	14	Primary	Yes	Start	
3	14	Primary	Yes	Start	
4	14	Primary	Yes	Start	
5	14	Primary	Yes	Start	

Add  
Delete

Display Grids as

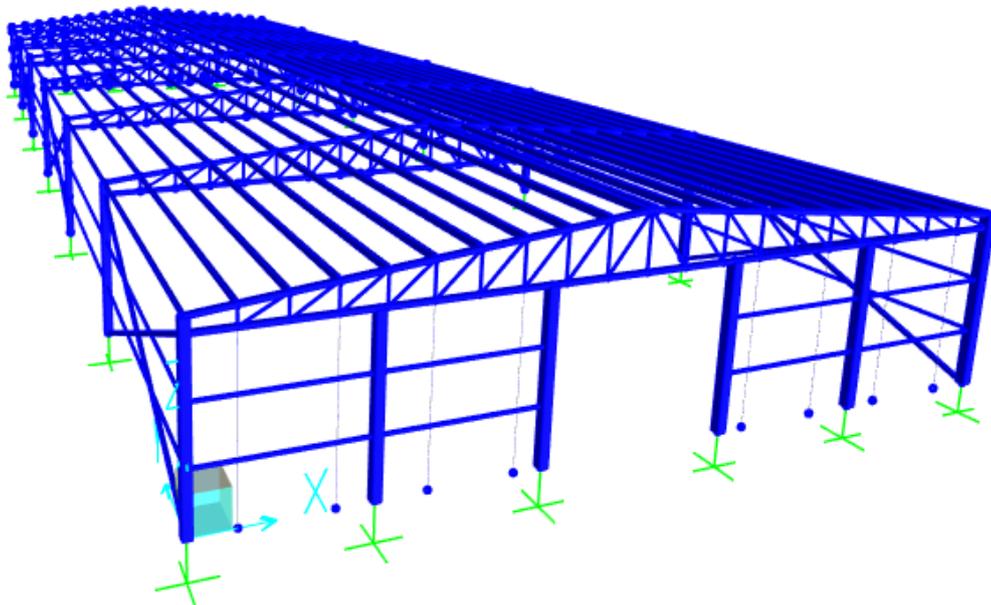
Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines  
 Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1,3125

**Figura 60.** Grilla de Pórticos distanciados a cada 14 metros  
**Fuente:** SAP2000 v.20

- **Diseño 10:**



**Figura 61.** Pórticos distanciados a cada 16 metros  
**Fuente:** SAP2000 v.20

System Name: GLOBAL

**X Grid Data**

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	0	Primary	Yes	End	
B	1,5	Primary	Yes	End	
C	3	Primary	Yes	End	
D	4,5	Primary	Yes	End	
E	6	Primary	Yes	End	
F	7,5	Primary	Yes	End	

**Y Grid Data**

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	
2	16	Primary	Yes	Start	
3	32	Primary	Yes	Start	
4	48	Primary	Yes	Start	
5	64	Primary	Yes	Start	
7	80	Primary	Yes	Start	

**Z Grid Data**

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	0	Primary	Yes	End
Z2	6,62	Primary	Yes	End
Z3	8,18	Primary	Yes	End

Grid Lines: Quick Start...

Display Grids as:  Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines  
 Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1,3125

Reset to Default Color  
 Reorder Ordinates

**Figura 62.** Grilla de Pórticos distanciados a cada 16 metros  
**Fuente:** SAP2000 v.20

### Resumen de los diez diseños de nave industrial:

En el siguiente resumen se detalla los perfiles utilizados para los diez diseños estructurales de la nave industrial, obteniendo así diversos pesos totales y deflexiones para cada diseño de la estructura.

**Tabla 13.** Resumen de los diez diseños estructurales de la Nave industrial

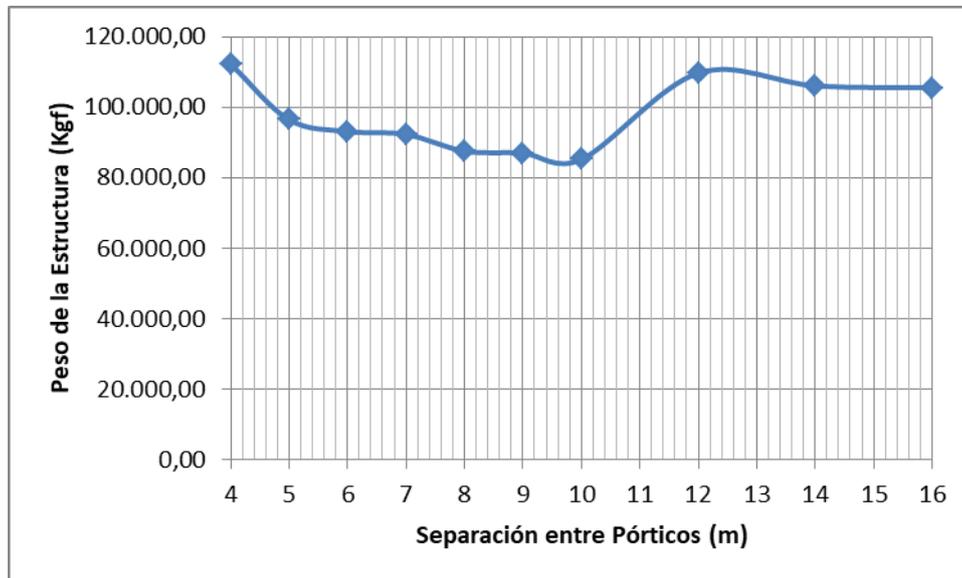
Número de diseños	Separación entre Pórticos (m)	Perfil de Columna (HSS)	Espesor Columna (mm)	Perfil de Correa (Z)	Peso Total (Kg)	Deflexión Máxima (cm)
1	4.00	12x12x0.313	7.95	250X50X3	112,254.74	0.0073
2	5.00	12x12x0.313	7.95	250X50X3	96,452.54	0.0067
3	6.15	12x12x0.313	7.95	300X75X3	93,111.15	0.018
4	7.00	12x12x0.375	9.53	300X75X3	92,279.41	0.031
5	8.00	12x12x0.5	12.7	300X75X3	87,569.24	0,037
6	9.00	12x12x0.5	12.7	300X75X3	86,986.30	0.068
7	10.00	12x12x0.5	12.7	300X75X3	85,227.39	0.097
8	12.00	12x12x0.625	15.875	300X75X3	109,700.75	0.127
9	14.00	12x12x0.625	15.875	300X75X3	106,063.48	0.345
10	16.00	12x12x0.625	15.875	300X75X3	105,515.57	0.46

Fuente: Elaboración propia

### Resumen de los diez diseños de nave industrial:

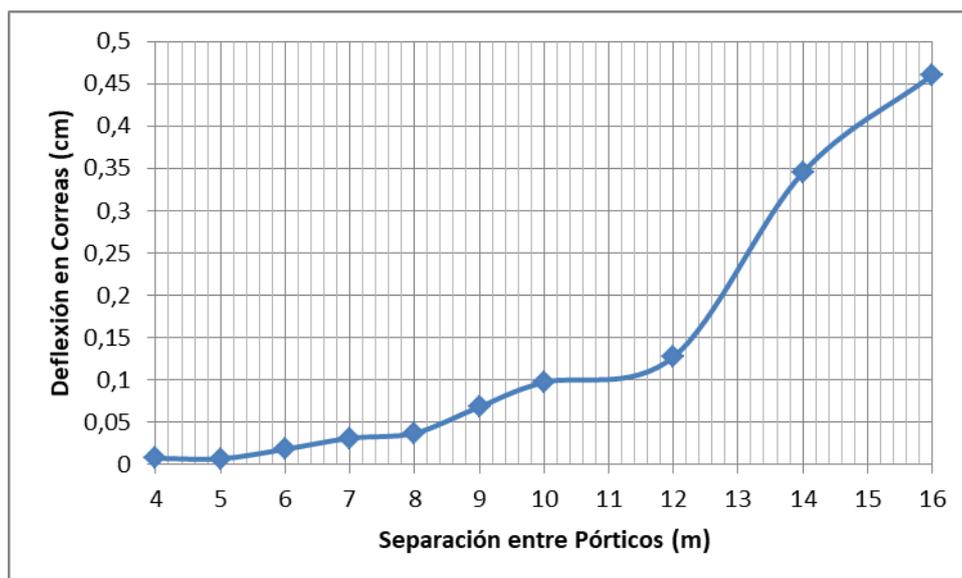
Con los resultados obtenidos de los diez diseños de la nave industrial se proyecta a través de un diagrama para obtener una curva comparativa y de detalla en lo siguiente:

- **Separación entre pórticos Versus Peso de la estructura:**



**Figura 63.** Curva comparativa de distancia entre pórticos versus peso total de la estructura  
Fuente: Elaboración propia

- **Separación entre pórticos Versus Deflexión en correas:**



**Figura 64.** Curva comparativa entre distancia entre pórticos versus deflexión máxima entre correas  
Fuente: Elaboración propia

## Resumen de los desplazamientos y esfuerzos más resaltantes de la nave industrial:

En el siguiente resumen se detallan los desplazamientos horizontales tanto de sismo como de viento y desplazamientos verticales como carga muerta y viva, al igual que los esfuerzos que está expuesto los pórticos según la distancia de separación.

**Tabla 14.** Desplazamientos de los pórticos más resaltantes de los diseños estructurales de la nave industrial

Separación entre pórticos	DESPLAZAMIENTOS						
	Horizontales (mm)				Verticales (cm)		
	Sismo		Viento		Muerta	Viva	Muerta + Viva
	X	Y	X	Y	Z	Z	Z
<b>5.00 metros</b>	5.43	2.71	3.28	1.74	1.37	2.00	3.37
<b>8.00 metros</b>	6.95	3.66	6.89	3.08	1.16	2.23	3.39
<b>12.00 metros</b>	15.67	4.60	11.64	7.06	9.73	17.27	27.00

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15.** Esfuerzos de los pórticos más resaltantes de los diseños estructurales de la nave industrial

Separación entre pórticos	ESFUERZOS	
	Momento Flector (Tn-m)	Esfuerzo Cortante (Tn)
<b>5.00 metros</b>	7.02	14.05
<b>8.00 metros</b>	5.38	10.77
<b>12.00 metros</b>	2.91	5.75

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Contratación de Hipótesis

#### 3.4.1. Contratación de hipótesis: Desplazamientos permisibles de los pórticos tipo tijeral de una nave industrial de 30 metros de luz.

- **Hipótesis Nula:** Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, no se podrá establecer la separación ideal entre pórticos tipo tijeral obteniendo los desplazamientos permisibles.
- **Hipótesis Alterna:** Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, se podrá establecer la separación ideal entre pórticos tipo tijeral obteniendo los desplazamientos permisibles.

Con el diseño estructural 05 de la nave industrial, se logró optimizar el uso del acero estructural en los perfiles verticales de columnas con tubo HSS 12"x12"x1/2", horizontales tubo HSS 6"x5"x1/4" y diagonales con tubo HSS 2"x2"x1/4" para pórticos y con correas de techo tipo Z de 300x75x3mm, obteniendo a la vez un peso de 36.48 Kg/m<sup>2</sup> y una deflexión de 0.037 cm en las correas de techo de la nave industrial de 30 metros de luz.

A la vez los desplazamientos horizontales por sismo fueron de X= 6.95 mm y en Y=3.66 mm; por viento en X=6.89 y en Y=3.08; para los desplazamientos verticales de carga muerta=1.16 cm y para la carga viva=2.23 cm, haciendo un incremento promedio del 22.66% con referencia al diseño 02 y una disminución promedio del 58.07% con relación al diseño 08.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diez diseños y análisis de la estructura para la nave industrial de 30 metros de luz, se determina que en el diseño 05 se optimiza estructuralmente el uso de acero estructural en la misma, ya que se encontró menos elementos y conjuntos en comparación en el diseño 01 y menor peso comparado al diseño 10 por el uso de perfiles más robustos, por consiguiente, se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la Hipótesis Nula.

### 3.4.2. Contrastación de hipótesis: Esfuerzos mínimos de los pórticos tipo tijeral de una nave industrial de 30 metros de luz.

- **Hipótesis Nula:** Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, no se podrá establecer la separación ideal entre pórticos tipo tijeral obteniendo los mínimos esfuerzos.
- **Hipótesis Alternativa:** Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, se podrá establecer la separación ideal entre pórticos tipo tijeral obteniendo los mínimos esfuerzos.

Con el diseño y análisis estructural 05 de la nave industrial, se logró encontrar el espaciamiento óptimo ideal entre pórticos tipo tijeral, siendo la separación cada 8.00 metros, así conservando la simetría y ahorrando este conjunto de elementos conformado a lo largo del terreno proyectado.

Los valores encontrados para su momento flector fueron 5.38 Tn-m y para su esfuerzo cortante 10.77 Tn, haciendo una disminución promedio del 30.47% referente al diseño 02 y un incremento del 86.09% con relación al diseño 08.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el diseño 05 para la nave industrial de 30 metros de luz, se determina que se optimizó estructuralmente la nave industrial, encontrando el espaciamiento óptimo entre ellos con un peso más liviano y con menor deflexión en sus correas de techo. Por consiguiente, se acepta la Hipótesis Alternativa y se rechaza la Hipótesis Nula.

## IV. DISCUSIÓN

Tabla 16. *Discusión*

Tema	Autor	Título	Año	Objetivo	Propia Investigación
Desplazamientos por sismo y viento de pórticos en acero estructural	Goñi Vega / Cáceres Calle	Comparativo Técnico-Económico de una nave industrial con un sistema de tijerales y de pórticos.	2018	Para los pórticos en acero estructural de 28m de luz y 6m de altura, tuvo un desplazamiento sísmico de 7.7mm mientras que su desplazamiento por viento fue de 15mm en una separación entre pórticos cada 5m.	Para los pórticos tipo tijeral de 30m de luz y con una altura de 6.62m se halló el desplazamiento sísmico de 6.95mm y por viento 6.89mm, para una separación de pórticos cada 8m.
Esfuerzos sometidos a la estructura aporticada en acero estructural, Momento flector y fuerza cortante	Larico Quispetupac	Análisis y diseño en acero de una nave industrial con dos puentes grúa.	2015	Para el sistema de la nave industrial con dos puentes grúa con tubo WS con separación de 2@11m y 1@6m, se halló un momento flector horizontal de 27.797 Ton-m y con una fuerza cortante de 7.66 Ton bajo el método LRFD.	Para el sistema de pórticos tipo tijeral con tubo HSS y de separación cada 8.00m se encontró un momento flector de 5.38 Ton-m y una fuerza cortante de 10.77 Ton, empleando el método LRFD.

Fuente: Elaboración propia

## V. CONCLUSIONES

- Se logró optimizar estructuralmente la nave industrial haciendo el uso de los siguientes perfiles: en las columnas utilizando tubo HSS 12"x12"x1/2", en los cordones superior e inferior del tijeral con tubo HSS 6"x5"x1/4", diagonales y verticales en la cercha del tijeral con tubo HSS 2"x2"x1/4", correas de techo tipo Z de 300x75x3mm, largueros laterales rectangulares HSS 8"x6"x3/8", arriostramientos concéntricos laterales HSS 6"x6"x1/2", Canal U laterales de 4"x2"x4.5mm, barra tensora  $\phi$  1/2", obteniendo un peso de 36.49 Kg/m<sup>2</sup> de la superestructura, comparando con un 20.49% menor al diseño 01 y 28.19% también menor al diseño 10, con una deflexión de 0.037 cm en las correas de techo, incrementado un 91% con respecto al diseño 01 y disminuido en un 1,243.24% con el diseño 10 entre la separación de pórticos de la nave industrial de 30 metros de luz.
- Se determinó que sus desplazamientos horizontales por sismo fueron de X= 6.95 mm y en Y=3.66 mm; por viento en X=6.89 y en Y=3.08; para los desplazamientos verticales de carga muerta=1.16 cm y para la carga viva=2.23 cm, haciendo un incremento promedio del 22.66% con referencia al diseño 02 y una disminución promedio del 58.07% con relación al diseño 08, concluyendo que para ambos casos de desplazamientos tanto horizontales como verticales cumplen con la deriva menor al 2% que estipula la norma peruana E.030 – Sismo resistente.
- Luego del análisis de diez diseños estructurales de la nave industrial se concluyó que la separación ideal entre pórticos tipo tijeral para las características dimensionales del predio es de 8.00 metros, los perfiles diseñados la hacen una estructura más liviana, de menor elementos y conexiones. Los valores encontrados para su momento flector fueron 5.38 Tn-m y para su esfuerzo cortante 10.77 Tn, haciendo una disminución promedia del 30.47% referente al diseño 02 y un incremento del 86.09% con relación al diseño 08, haciéndola una estructura más versátil e ideal en comparación a los demás diseños.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el diseño tipo cercha para los pórticos tipo tijeral, así alivianar la carga del mismo, variando los perfiles de cada elemento pero manteniendo la configuración estructural para encontrar la deflexión mínima ideal en los elementos horizontales, se utilizó tubo tipo HSS porque proporciona una mejor inercia en sus ambas direcciones laterales y por su característica cerrada evita que el polvo, insectos y arácnidos se alberguen con mayor facilidad en zonas confinadas del mismo perfil, posteriormente tener un fácil mantenimiento preventivo, colocar un sistema de protección anticorrosión electrolítica mediante ánodos de sacrificio expuesto en puntos estratégicos de la nave industrial para un mejor mantenimiento de este tipo de estructuras ante la posible corrosión del ambiente, principalmente en zonas costeras como es el caso de esta nave industrial.
- Elegir el diseño estructural ideal en donde sus desplazamientos sean permisibles con relación al peso de la nave, haciendo el uso de norma nacional e internacional vigentes, para su diseño estructural y modelado en acero tales como esta nave industrial se recomienda hacer el uso de herramientas de software tales como el SAP2000 y Tekla Structures respectivamente, luego comparándolo con un cálculo manual para la verificación del diseño
- Se recomienda realizar el análisis comparativo con criterio de las cargas sometidas para obtener los mínimos esfuerzos y momentos de la estructura, considerando la norma nacional de edificaciones como la E.030 – Sismo resistente para un mejor cálculo de deformaciones permisibles. Quedando a criterio del diseñador elegir lo que más factible y beneficioso sea para este tipo de edificación, en donde la simetría y proporcionalidad sean un factor importante a considerar en el comparativo.

## VII. REFERENCIAS

AGUADO, Fernando. Introducción a la Construcción [en línea]. La Habana. ed. Pueblo y Educación, 1987.

[fecha de consulta: 16 de marzo de 2019].

Disponible en: [https://www.worldcat.org/title/materiales-de-construccion-1/oclc/628203638&referer=brief\\_results](https://www.worldcat.org/title/materiales-de-construccion-1/oclc/628203638&referer=brief_results)

ANGULO, Wilfredo. Capeco: El70% de viviendas en Lima son informales y vulnerables a un terremoto [en línea]. Rpp.pe. 26 de septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2019].

Disponible en: <https://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934>.

BEHAR, Daniel. Metodología de la Investigación. [s.l.]. ed. Shalom, 2008. 94 pp. ISBN: 9789592127837

BUGUEÑO, Briant. Pernos [en línea]. [s.n.], 2014

[Fecha de consulta: 22 de junio de 2019].

Disponible en: <https://es.slideshare.net/tabiloco/pernos-42294012>

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo: [s.n.], 2016. 38 pp.

Cimentaciones [Mensaje en un blog]. Puebla: Anaya, Daniel, (20 de mayo de 2017). [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019]. Recuperado de <https://www.expoedificarepuebla.com/blog/cimentaciones.php>

CSI computers & structures, inc. GruntsWork. 2019. Disponible en: <https://www.csiespana.com/software/2/sap2000#>

DA SILVA, Paulo [et al]. Uso de otimização no projeto estrutural de um suporte de duas barras. Revista Electronica Paulista de Matemática [en línea].

Marzo 2017, n°. 10. [Fecha de consulta: 11 de Julio de 2019].

Disponible en  
[https://www.researchgate.net/publication/321967465\\_Uso\\_de\\_otimizacao\\_no\\_projeto\\_estrutural\\_de\\_um\\_suporte\\_de\\_duas\\_barras](https://www.researchgate.net/publication/321967465_Uso_de_otimizacao_no_projeto_estrutural_de_um_suporte_de_duas_barras)  
ISSN: 2316-9664

Estructuras. Galicia: Xunta de Galicia, (30 de abril de 2014). [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2019]. Recuperado de  
<https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/index.html>

Finite element análisis and structural designo f axially uniform-loaded nut por Zhao Chun-jiang [et. al]. JSA – J Strain Analysis [en línea]. Febrero 2017, n.o4. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2019].

Disponible en  
<https://search.proquest.com/docview/1910840075/5C0C442F432E4FA1PQ/2?accountid=37408>  
ISSN: 0309-3247

FORTOUL, Celso [et al.]. Manual de proyecto de estructuras de acero. 2.a ed. Caracas. [s.n.], 1982. 1038 pp.

[fecha de consulta: 22 de mayo de 2019]

Disponible en: <https://es.scribd.com/document/186598329/ESTRUCTURAS-DE-ACERO-TOMO-I-pdf>

Ferros la Pobla S.A. Ferros la pobla. 29 de enero de 2018. Disponible en: <https://ferroslapobla.com/que-es-una-estructura-metalica/>

GOÑI, David y CÁCERES, José. Comparativo técnico-económico de una nave industrial con un sistema de tijerales y de pórticos. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2018. 110 pp. Disponible en

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10193/GO%C3%91I\\_D AVID\\_CACERES\\_JOSE\\_COMPARATIVO\\_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10193/GO%C3%91I_D AVID_CACERES_JOSE_COMPARATIVO_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación. 4ta. ed. México: McGraw-Hill, 2006. 182 pp.  
ISBN: 9701057538

HOYOS, Lessing. Estructuras Metálicas, [s.l.], [s.n.] 2013. 110 pp.

JIMÉNEZ, Rosa. Metodología de la Investigación. La Habana: Ciencias Médicas, 1998. 93 pp.  
ISBN: 9592120668

In-Plane compression behaviour os Steel profile sheets de CrossMark [en línea]. Heidelberg: International Journal of Steel Structures, 2019 [fecha de consulta: 11 de octubre de 2019].  
Disponible en <https://search.proquest.com/docview/2170981422/276E7566B2AE4DAEPQ/2?accountid=37408>  
ISSN: 1598-2351

LARICO, José. Análisis y diseño en acero de una nave industrial con dos puentes grúa. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería Civil, 2015. 321 pp.  
Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/99>

LARRÚA, Yisel, LARRÚA, Rafael y PIGNATTA, Valdir. Channel connections resistance ar elevated temperaturas. Dyna 82 [en línea]. October 2015, n°193. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2019]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n193.47152>  
ISSN: 2346-2183

La Zapata aislada [Mensaje en un blog]. Valencia: Yepes, Víctor, (29 de marzo de 2019). [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2019]. Recuperado de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/03/29/la-zapata-aislada/>

LUÉVANOS, Arnulfo. Un nuevo modelo para diseño de zapatas combinadas rectangulares de lindero con dos lados opuestos restringidos, Mérida.

Revista Alconpat, vol. 6, (2): 172-187, 2016.

ISSN: 2007-6836

LOZADA, José. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos, Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Pichincha, Ecuador, 34-39,2014.

LUNA, Diego. Análisis y diseño estructural en acero para una nave industrial en un empaque de aguacate en Uruapan, Mich. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Uruapan: Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela de Ingeniería Civil, 2014. 160 pp.

Disponible en <http://www.remeri.org.mx/tesis/INDIXE-TESIS.jsp?id=oai:tesis.dgbiblio.unam.mx:000712156>

LUNA, Jaime y MUÑOZ, César. Análisis estructural y económico de alternativas de pórticos para estructuras industriales, aplicado al proyecto de marglobal ubicado en la parroquia Calderón, Cantón Quito, provincia de Pichincha. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2013. 223 pp.

Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6035>

MARTÍNEZ, Josué. Estudio experimental de los efectos del viento en una nave industrial con cubierta tipo arco, considerando diferentes rugosidades en la cubierta. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2017. 99 pp.

Disponible en <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Estudio+experimental+de+los+efectos+del+viento+en+una+nave+industrial+con+cubierta+tipo+arco%2C+considerando+diferentes+rugosidades+en+la+cubierta>

MCCORMAC, Jack y CSERNAK, Stephen. Diseño de Estructuras de Acero. México, 2012. 737 pp.

ISBN: 9780136079484

MELI, Roberto. Diseño Estructural. 2da ed. Distrito Federal. : Noriega Editores, 1985. 587 pp.

ISBN: 2147400000900544

Sistemas Estructurales. Barinas: NIÑO, Victoria, (8 de junio de 2014). [Fecha de consulta: 31 de mayo de 2019]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/1964victoria/sistemas-estructurales-35624621>

MABROUK, Mohamed y ABBELKHALEK, Sherif. Design and Implementation of a Light Duty Gantry Crane. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) [en línea]. Diciembre 2014, n°. 3. [Fecha de consulta: 11 de Julio de 2019].

Disponible en <https://www.ijert.org/research/design-and-implementation-of-a-light-duty-gantry-crane-IJERTV3IS120431.pdf>

ISSN: 2278-0181

ORTIZ, Luis. Análisis y diseño de un galpón metálico en el programa SAP2000, bajo las normas del AISC-360 y la NEC-15, ubicada en el km 1 ½ vía Durán Jujan, en el cantón Durán de la provincia del Guayas. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, 2018. 118 pp.

Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29313>

Placa A36 [Mensaje en un blog]. (20 de mayo de 2017). [Fecha de consulta: 07 de Setiembre de 2019]. Recuperado de <http://www.aamsa.com/productos/placa/placa-a-36/>

Propiedades mecánicas del acero de refuerzo utilizado en Colombia por Victoria Gonzalez [et al]. Revista Ingeniería y Ciencia [en Línea]. Marzo 2005, N°. 1. [Fecha de consulta: 09 de octubre del 2019].

Disponible en <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/504>

ISSN: 1794-9165

¿Qué son las naves industriales? [Mensaje en un blog]. Yucatán: Góngora, Karina, (4 de septiembre de 2018). [Fecha de consulta: 25 de abril de 2019]. Recuperado de <https://blog.laminasyaceros.com/blog/naves-industriales>

¿Qué son las corres de techo? [Mensaje en un blog]. Madrid: Tekton Ingeniería y Construcción S.L. (06 de noviembre de 2013). [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019]. Recuperado de <http://www.tekton.es/que-son-correas-techo/>

¿Qué tipo de arandelas existen y para qué se usan? [Mensaje en un blog]. España: Lazaro, Jose, (01 de junio de 2016). [Fecha de consulta: 08 de junio de 2019]. Recuperado de <https://comunidad.leroymerlin.es/t5/Bricopedia-Bricolaje/Qu%C3%A9-tipo-de-arandelas-existen-y-para-qu%C3%A9-se-usan/ta-p/89977>

RUIZ, Ramón. El Método Científico y sus etapas. [s.l.]. [s.n.], 2007. 79 pp.

SALAZAR, José. Alternativas modernas de coberturas de naves industriales. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, 2013. 138 pp.

Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14875>

SHIVANI, Meher [et al]. Design of Industrial Warehouse. Revista Internacional de Investigación en Ingeniería y Tecnología (IJERT) [en línea].

Febrero 2018, n°. 7. [Fecha de consulta: 11 de Julio de 2019].

Disponible en <https://www.ijert.org/research/design-of-industrial-warehouse-IJERTV7IS020170.pdf>

ISSN: 2278-0181

Signal processing approach on weld data for evaluation of arc welding electrodes using probability density distributions por Kumar, Vikas [et al]. Measurement [en línea]. Setiembre 2018, n.o23. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2019].

Disponible en <https://search.proquest.com/docview/2159931957?accountid=37408>

ISSN: 0263-2241

TAVERA, Hernando, BERNAL, Isabel y GÓMEZ, Juan. Zonificación Sísmico-Geotécnica para el Centro Histórico de Lima [en línea]. Jesús María – Lima. 2010

[Fecha de consulta: 15 de Julio de 2019]. Disponible en: [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Microzonificacion\\_lima\\_final\\_2010.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Microzonificacion_lima_final_2010.pdf)

TAMAYO, Mario. El proceso de la Investigación científica. 4ta ed. D.F: Limusa S.A., 2004. 175 pp.

ISBN: 9681858727

TRIMBLE SOLUTIONS CORPORATION. Tekla Structures [en línea]. Ciudad de México, 2019 [fecha de consulta: 21 de marzo de 2019].

Disponible en: <https://www.tekla.com/la/productos/tekla-structures>

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. 5ta ed. Lima: San Marcos EIRL, 2007. 469 pp.

ISBN: 9786123028787

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, 2018. 661 pp.

VARGAS, William. Diseño estructural de nave industrial metálica para mejoramiento de almacenes en Av. Argentina, Callao-2017. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, Escuela de Ingeniería Civil, 2017.

Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/>

VIJAY, Jamariya, DHAVAL, Panchal, SUJIT, Tare. Structural Optimization of Truss Using Finite Element Analysis. Conference: 2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology (ICSCET) [en línea].

Enero 2018. [Fecha de consulta: 11 de Julio de 2019].

Disponible

en

[https://www.researchgate.net/publication/329064734\\_Structural\\_Optimization\\_of\\_Truss\\_Using\\_Finite\\_Element\\_Analysis](https://www.researchgate.net/publication/329064734_Structural_Optimization_of_Truss_Using_Finite_Element_Analysis)

VILLARREAL, Genner. Análisis Estructural. Lima: [s.n.], 2009. 327 pp.

Win Frame Bracing 101: From Basics to the Secrets [Mensaje en un blog]. United States: Pektas, María. (June 7, 2019). [Fecha de consulta: 30 de junio de 2019]. Recuperado de <https://solidsteelbuildings.com/blog/>

ZAPATA, Luis. Diseño Estructural en Acero [en línea]. [Lima]. [s.n.], 1997

[Fecha de consulta: 15 de marzo de 2019].

Disponible en: <https://es.slideshare.net/renzolaura1/zapata-baglieto-diseo-estructural-en-acer>

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 01. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Pórticos tipo tijeral	Zapata (2012, pág. 1) afirma: “la optimización puede lograrse mediante la definición de una función objetivo que involucre una expresión que se pretende minimizar esfuerzos deformaciones permisibles y materiales disponibles. [...]”.	La optimización se logra cuando se ahorra recursos en una estructura, ya sea material, herramienta o mano de obra, y la estructura funcione adecuadamente sin ningún desperfecto.	Separación ideal entre pórticos tipo tijeral	Separación de 4.00 metros	Instrumento de recolección de datos: Ficha de registro de datos validado por expertos (ver anexo 03)
				Separación de 5.00 metros	
				Separación de 6.15 metros	
				Separación de 7.00 metros	
				Separación de 8.00 metros	
				Separación de 9.00 metros	
				Separación de 10.00 metros	
				Separación de 12.00 metros	
				Separación de 14.00 metros	
Separación de 16.00 metros	Hojas de cálculos (ver Resultados)				
Optimización Estructural	Para Meli (2014, pág. 15) “El diseño estructural se encuentra inserto en el proceso más general del proyecto de una obra civil, en el cual se define las características que debe tener la construcción para cumplir de manera adecuada las funciones que está destinada a desempeñar. [...]”.	El comportamiento de una estructura debe estar preparada para resistir fuerzas y deformaciones a las que esté expuesta sin que esta colapse o presente fallas.	Desplazamiento	Desplazamientos Horizontales	Diseño estructural en el software SAP 2000 (ver anexo 09)
				Desplazamientos Verticales	Modelado en el software Tekla Structures (ver anexo 10)
			Esfuerzos	Momento Flector	Fichas Técnicas de materiales (ver anexo del 14 al 19)
				Esfuerzo cortante	

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 02. Matriz de Consistencia

Título: Diseño estructural y optimización de pórticos tipo tijeral de una nave industrial de 30 metros de luz, Lima - 2019							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<u>Problema general</u>	<u>Objetivo general</u>	<u>Hipótesis general</u>					
¿De qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral, Lima - 2019?	Determinar de qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral, Lima - 2019.	Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, se establecerá la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral, Lima - 2019.	<b><u>Variable Independiente</u></b>  <b>Pórticos tipo Tijeral</b>	Separación ideal entre pórticos tipo tijeral	Separación de 4.00 metros Separación de 5.00 metros Separación de 6.15 metros Separación de 7.00 metros Separación de 8.00 metros Separación de 9.00 metros Separación de 10.00 metros Separación de 12.00 metros Separación de 14.00 metros Separación de 16.00 metros	Hojas de Cálculos  Software SAP 2000	<b>MÉTODO:</b> Científico  <b>ENFOQUE:</b> Cuantitativo  <b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicativa  <b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Explicativa cuasal  <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Experimental
<u>Problemas específicos</u>	<u>Objetivos específicos</u>	<u>Hipótesis específicas</u>	<b><u>Variable Dependiente</u></b>  <b>Optimización Estructural</b>	Desplazamientos	Desplazamientos Horizontales	Software Tekla Structures	
¿De qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz, para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral y obtener los desplazamientos permisibles?	Determinar de qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz, para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral y obtener los desplazamientos permisibles.	Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, se podrá establecer la separación ideal entre pórticos tipo tijeral obteniendo los desplazamientos permisibles.			Desplazamientos Verticales		
¿De qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz, para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral y obtener los mínimos esfuerzos?	Determinar de qué manera se puede optimizar estructuralmente una nave industrial de 30 metros de luz, para establecer la separación ideal entre los pórticos tipo tijeral y obtener los mínimos esfuerzos.	Determinando la optimización estructural de una nave industrial de 30 metros de luz, se podrá establecer la separación ideal entre pórticos tipo tijeral obteniendo los mínimos esfuerzos.		Esfuerzos	Momento Flector		

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 03.** Instrumento de Recolección de Datos

**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXO 04.** Plano de Ubicación y Localización de zona de estudio

**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXO 05.** Plano de Arquitectura – Vista en Planta

**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXO 06.** Plano de Arquitectura – Elevación

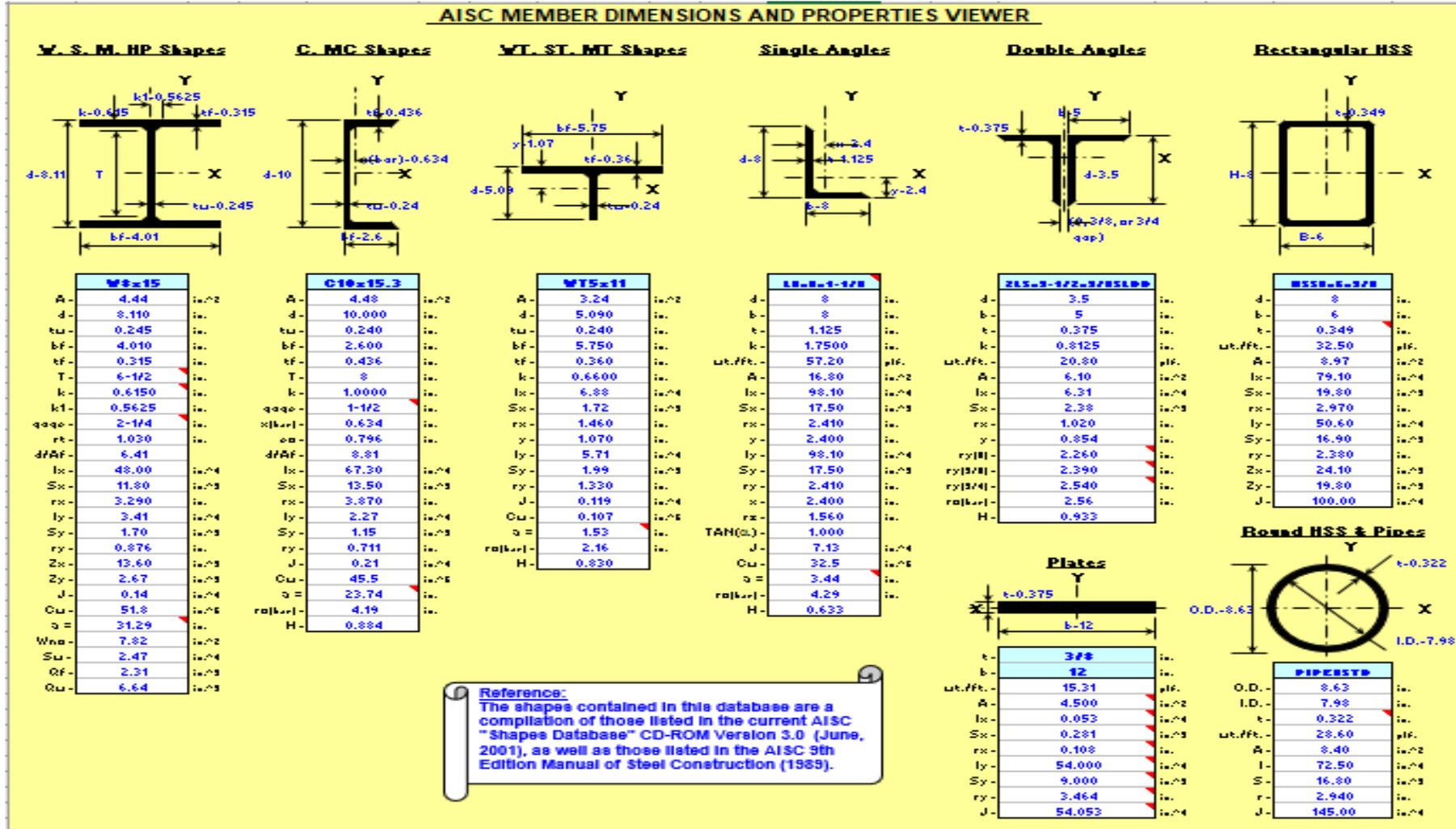
**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXO 07. Plano de Arquitectura – Techo**

**Fuente:** Elaboración propia

ANEXO 08. Tabla técnica de perfiles de acero estructural A36 - A500

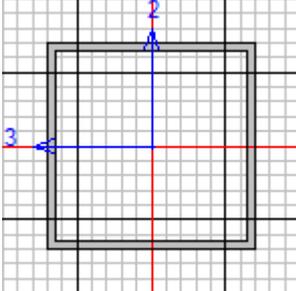
Fuente: American Institute of Steel Construction



## ANEXO 09. Diseño de Elementos en SAP200 v.20

Fuente: SAP2000 v.20

### • Columnas:



AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : Kgf, m, C

Frame : 541	X Mid: 0,00	Combo: COMB8	Design Type: Column
Length: 6,620	Y Mid: 16,000	Shape: HSS12X12X.500	Frame Type: OMF
Loc : 6,120	Z Mid: 3,310	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=1,000	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,800 EI factor=0,800
AlphaPr/Py=0,018	AlphaPr/Pe=0,006 Tau_b=1,000	

PhiB=0,900	PhiC=0,900	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,900	

A=0,013	I33=1,902E-04	r33=0,119	S33=0,001	Av3=0,007
J=3,030E-04	I22=1,902E-04	r22=0,119	S22=0,001	Av2=0,007
E=2,100E+10	fy=25300000,00	Ry=1,501	z33=0,001	
RLLF=1,000	Fu=40800000,0		z22=0,001	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB8)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
6,120	-6052,138	5916,348	-180,885	-1630,570	38,201	20,704

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio:  $0,194 = 0,011 + 0,177 + 0,005$   
 $= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)$

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0,924	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	0,924	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	0,924	1,000	1,602

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-6052,138	268080,602	307027,122

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	5916,348	33432,756	33432,756	33432,756
Minor Moment	-180,885	33432,756		

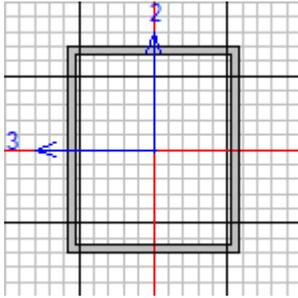
Tu	Tn	phi*Tn
----	----	--------

Torsion	Moment	Capacity	Capacity
	20,704	30684,978	27616,480

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress	Status
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	1630,570	86931,133	0,019	OK
Minor Shear	38,201	86931,133	0,000	OK

• **Cordón Superior e Inferior de Tijeral:**



AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : Kgf, cm, C

Frame : 983	X Mid: 1425,000	Combo: COMB8	Design Type: Brace
Length: 150,809	Y Mid: 7200,000	Shape: HSS6X5X.250	Frame Type: OMF
Loc : 150,809	Z Mid: 810,200	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=1,000	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,800 EI factor=0,800
AlphaPr/Py=0,112	AlphaPr/Pe=0,013 Tau_b=1,000	

PhiB=0,900	PhiC=0,900	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,900	

A=30,774	I33=1028,092	r33=5,780	S33=134,920	Av3=15,032
J=1423,512	I22=778,353	r22=5,029	S22=122,575	Av2=18,039
E=2038901,916	fy=3515,348	Ry=1,100	z33=161,740	
RLLF=1,000	Fu=4569,953		z22=142,895	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB8)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
150,809	-12092,370	-8993,848	3181,565	361,515	55,982	-401,355

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

**D/C Ratio: 0,090** = 0,065 + 0,018 + 0,007  
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	0,867	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	0,867	1,000	1,521

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-12092,370	92635,786	97363,608

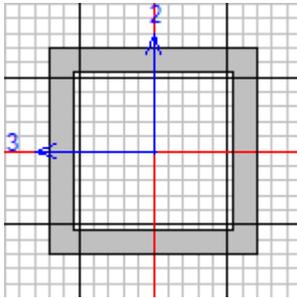
	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-8993,848	511716,178	511716,178	511716,178
Minor Moment	3181,565	452093,745		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	-401,355	441105,163	396994,647

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	361,515	30253,334	0,012	OK
Minor Shear	55,982	24546,235	0,002	OK

• **Diagonales y verticales de Tijeral:**



AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : Kgf, cm, C

Frame : 989      X Mid: 1125,000      Combo: COMB8      Design Type: Brace  
 Length: 195,128      Y Mid: 7200,000      Shape: HSS2X2X.250      Frame Type: OMF  
 Loc : 97,564      Z Mid: 724,400      Class: Non-Compact      Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD      Analysis: Direct Analysis  
 D/C Limit=1,000      2nd Order: General 2nd Order      Reduction: Tau-b Fixed  
 AlphaPr/Py=0,069      AlphaPr/Pe=0,101      Tau\_b=1,000      EA factor=0,800      EI factor=0,800

PhiB=0,900      PhiC=0,900      PhiTY=0,900      PhiTF=0,750  
 PhiS=0,900      PhiS-RI=1,000      PhiST=0,900

A=9,742      I33=31,092      r33=1,787      S33=12,241      Av3=6,013  
 J=54,526      I22=31,092      r22=1,787      S22=12,241      Av2=6,013  
 E=2100000,000      fy=2530,000      Ry=1,501      z33=15,797  
 RLLF=1,000      Fu=4080,000      z22=15,797

HSS Welding: ERW      Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB8)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
97,564	1701,360	251,813	0,000	0,000	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

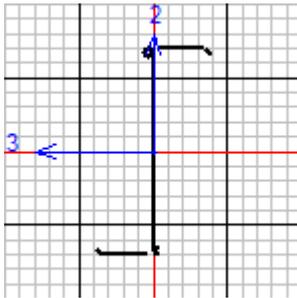
D/C Ratio:  $0,045 = 0,038 + 0,007 + 0,000$   
 $= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)$

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

LTB	Lltb 1,000	Kltb 1,000	Cb 1,380	
Axial	Pu Force 1701,360	phi*Pnc Capacity 12058,742	phi*Pnt Capacity 22182,343	
Major Moment	Mu Moment 251,813	phi*Mn Capacity 35970,064	phi*Mn No LTB 35970,064	phi*Mn Cb=1 35970,064
Minor Moment	0,000	35970,064		
Torsion	Tu Moment 0,000	Tn Capacity 34978,136	phi*Tn Capacity 31480,322	
SHEAR CHECK				
Major Shear	Vu Force 0,000	phi*Vn Capacity 5343,735	Stress Ratio 0,000	Status Check OK
Minor Shear	0,000	5343,735	0,000	OK

• **Correas:**



AISI-ASD96 COLD-FORMED STEEL SECTION CHECK

Combo : DCLD16  
Units : Kgf, m, C

Frame : 1228                      Design Sect: CORREA Z 300X75X3mm  
X Mid : 12,000                    Design Type: Beam  
Y Mid : 4,000                    Frame Type : Braced  
Z Mid : 7,868                    Sect Class : Slender  
Length : 8,000                  Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3  
Loc : 8,000                      RLLF : 1,000

Area : 0,001                      SMajor : 1,147E-04                      AVMajor: 8,439E-04                      rMajor : 0,112  
IMajor : 1,720E-05                SMinor : 1,423E-05                      AVMinor: 3,707E-04                      rMinor : 0,029  
IMinor : 1,195E-06                E : 20740553971  
Ixy : -3,152E-06                    Fy : 35153481,307

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
8,000	-302,321	170,456	42,280	14,467	-5,476	6,423E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

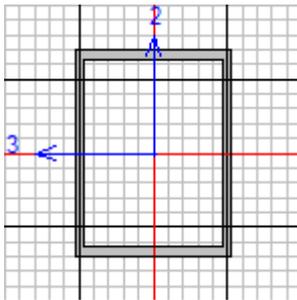
D/C Ratio: 0,719 = 0,014 + 0,275 + 0,430  
= (Omegac) (P/Pno) + (Omegab) (M33) / (Mn33) + (Omegab) (M22) / (Mn22)

AXIAL FORCE DESIGN

P	Pn	Pn0	Tn	Omegat	Omegac
Force	Capacity	Capacity	Capacity	Factor	Factor

Axial	-302,321	3351,638	29482,515	48459,144	1,670	1,800
<b>MOMENT DESIGN</b>						
	M	Mn	Mn (Yield)	Mn (LTB)	Mnt	
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	
Major Moment	170,456	777,000	3773,580	777,000	4032,047	
Minor Moment	42,280	123,156	378,923	123,156	500,159	
	Cm	Alpha	K	L	Ctf	Cb
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	0,850	0,993	1,000	1,000	1,000	1,283
Minor Moment	0,586	0,893	1,000	1,000		
	Omegab	Omegaby				
	Factor	Factor				
Major Moment	1,670	1,670				
Minor Moment	1,670	1,670				
<b>SHEAR DESIGN</b>						
	V	Vn	OmegaV	Vn	Status	T
	Force	Capacity	Factor	Ratio	Check	Torsion
Major Shear	14,467	9620,646	1,670	0,002	OK	0,000
Minor Shear	5,476	7818,049	1,670	8,773E-04	OK	0,000

• **Largueros entre pórticos:**



**AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)**  
Units : Kgf, m, C

Frame : 706      X Mid: 0,000      Combo: COMB1      Design Type: Beam  
Length: 8,000      Y Mid: 4,000      Shape: HSS8X6X.375      Frame Type: OMF  
Loc : 0,000      Z Mid: 6,120      Class: Non-Compact      Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD      Analysis: Direct Analysis  
D/C Limit=1,000      2nd Order: General 2nd Order      Reduction: Tau-b Fixed  
AlphaPr/Py=0,003      AlphaPr/Pe=0,005      Tau\_b=1,000      EA factor=0,800      EI factor=0,800

PhiB=0,900      PhiC=0,900      PhiTY=0,900      PhiTF=0,750  
PhiS=0,900      PhiS-RI=1,000      PhiST=0,900

A=0,006      I33=3,292E-05      r33=0,075      S33=3,241E-04      Av3=0,003  
J=4,162E-05      I22=2,106E-05      r22=0,060      S22=2,764E-04      Av2=0,004  
E=2,100E+10      fy=25300000,00      Ry=1,501      z33=3,949E-04  
RLLF=1,000      Fu=40800000,0      z22=3,245E-04

HSS Welding: ERW      Reduce HSS Thickness? No

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1)**

Location      Pu      Mu33      Mu22      Vu2      Vu3      Tu  
0,000      372,500      -356,140      -25,862      -260,522      -6,004      34,550

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2, H1-lb)**

D/C Ratio: 0,045 = 0,001 + 0,040 + 0,004  
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Lltb	Kltb	Cb			
LTB	1,000	1,000	2,351			
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	372,500	53656,491	131771,934			
	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn		
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1		
Major Moment	-356,140	8992,516	8992,516	8992,516		
Minor Moment	-25,862	7388,042				
	Tu	Tn	phi*Tn			
	Moment	Capacity	Capacity			
Torsion	34,550	7466,248	6719,623			

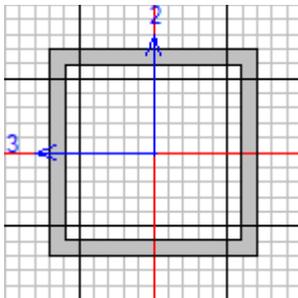
**SHEAR CHECK**

	Vu	phi*Vn	Stress	Status
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	260,522	42776,906	0,006	OK
Minor Shear	6,004	30472,317	0,000	OK

**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	260,522	248,278

• **Arrostramientos concéntricos:**



**AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)**

Units : Kgf, m, C

Frame : 1302	X Mid: 0,000	Combo: COMB1	Design Type: Brace
Length: 10,072	Y Mid: 4,000	Shape: HSS6X6X.500	Frame Type: OMF
Loc : 5,036	Z Mid: 3,060	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		
D/C Limit=1,000	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,007	AlphaPr/Pe=0,027 Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800
PhiB=0,900	PhiC=0,900	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,900	
A=0,006	I33=2,010E-05	r33=0,057	S33=2,638E-04
J=3,376E-05	I22=2,010E-05	r22=0,057	S22=2,638E-04
E=2,100E+10	fy=25300000,00	Ry=1,501	z33=3,245E-04
RLLF=1,000	Fu=40800000,0		z22=3,245E-04
			Av3=0,004
			Av2=0,004

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
5,036	-1100,419	0,000	-695,600	0,000	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,111 = 0,017 + 0,000 + 0,094  
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	1,000

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-1100,419	32416,957	143083,452

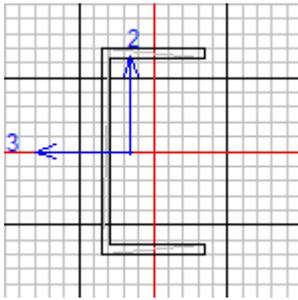
	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	0,000	7388,042	7388,042	7388,042
Minor Moment	-695,600	7388,042		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	0,000	6990,855	6291,769

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,000	37748,031	0,000	OK
Minor Shear	0,000	37748,031	0,000	OK

• **Canal "U" Laterales:**



**AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)**  
Units : Kgf, m, C

Frame : 4            X Mid: 0,000            Combo: COMB8            Design Type: Beam  
Length: 8,000       Y Mid: 12,000           Shape: C4X2X4.5           Frame Type: OMF  
Loc : 0,000        Z Mid: 4,120            Class: Slender            Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LFRD      Analysis: Direct Analysis  
D/C Limit=1,000      2nd Order: General 2nd Order            Reduction: Tau-b Fixed  
AlphaPr/Py=0,002    AlphaPr/Pe=7,173    Tau\_b=1,000            EA factor=0,800    EI factor=0,800  
PhiB=0,900           PhiC=0,900           PhiTY=0,900           PhiTF=0,750  
PhiS=0,900           PhiS-RI=1,000       PhiST=0,900

A=8,739E-04           I33=1,376E-06           r33=0,040            S33=2,709E-05           Av3=4,572E-04  
J=0,000            I22=0,000            r22=0,016            S22=5,924E-06           Av2=4,572E-04  
E=2,100E+10        fy=25300000,00       Ry=1,501            z33=3,184E-05           Cw=0,000  
RLLF=1,000        Fu=40800000,0           z22=1,067E-05

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB8)**

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,000	-50,145	-33,827	-0,209	-24,923	-0,058	-0,748

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)**

D/C Ratio: 0.975 = 0.2 + 0,775 + 0,000  
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

**AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)**

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	10,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	10,000	1,000	2,414

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-50,145	5,518	19898,703

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-33,827	38,785	719,390	16,070
Minor Moment	-0,209	213,465		

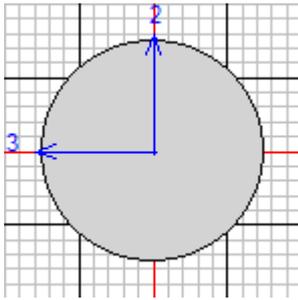
**SHEAR CHECK**

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	24,923	6246,266	0,004	OK
Minor Shear	0,058	6246,266	9,230E-06	OK

**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	38,508	38,325

• **Barra de tensora:**



AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : Kgf, m, C

Frame : 1311      X Mid: 2,250      Combo: COMB7      Design Type: Brace  
Length: 9,191      Y Mid: 4,000      Shape: BARRA 1/2"      Frame Type: OMF  
Loc : 9,191      Z Mid: 6,854      Class: Compact      Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD      Analysis: Direct Analysis      Reduction: Tau-b Fixed  
D/C Limit=1,000      2nd Order: General 2nd Order      EA factor=0,800      EI factor=0,800  
AlphaPr/Py=0,021      AlphaPr/Pe=21,538      Tau\_b=1,000

PhiB=0,900      PhiC=0,900      PhiTY=0,900      PhiTF=0,750  
PhiS=0,900      PhiS-RI=1,000      PhiST=0,900

A=1,267E-04      I33=0,000      r33=0,003      S33=0,000      Av3=1,140E-04  
J=0,000      I22=0,000      r22=0,003      S22=0,000      Av2=1,140E-04  
E=2,100E+10      fy=25300000,00      Ry=1,501      z33=0,000  
RLLF=1,000      Fu=40800000,0      z22=0,000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB7)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
9,191	-67,486	-6,292	-1,487E-04	4,107	1,024E-04	-3,959E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio:  $0.963 = 0.2 + 0,763 + 0,000$   
 $= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)$

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,525

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,000	1,000	2,084

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity	phi*Mn No LTB Cb=1
Axial	-67,486	2,473	2884,432	
Major Moment	Moment -6,292	phi*Mn Capacity 7,326	phi*Mn 7,326	7,774
Minor Moment	-1,487E-04	7,326		

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	4,107	1557,593	0,003	OK
Minor Shear	1,024E-04	1557,593	0,000	OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-67,486	0,000

**ANEXO 10.** Plano de modelado de la nave industrial en 3D

**Fuente:** TEKLA STRUCTURES

**ANEXO 11.** Planos de planta y elevación de la nave industrial

**Fuente:** TEKLA STRUCTURES

**ANEXO 12.** Planos de conjuntos de elementos de la nave industrial

**Fuente:** TEKLA STRUCTURES

**ANEXO 13. Ficha Técnica de Perfiles HSS**

**ANEXO 14.** Ficha Técnica de Plancha LAC

**ANEXO 15. Ficha Técnica de Correa tipo Z**

**ANEXO 13.** Ficha Técnica de Barras ASTM A36

**ANEXO 17.** Ficha Técnica de Soldadura SMAW E60 - Cellocord AP

**ANEXO 18.** Ficha Técnica de Tecnotecho TR-4

**ANEXO 19.** Reporte de Turnitin