

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“PROPUESTA DE PÓRTICO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON PUENTE GRÚA DE 6.3TN DE CAPACIDAD, MEDIANTE PROGRAMA SAP2000 PARA AMPLIACIÓN DEL ÁREA DE ESTRUCTURADO DE LA PLANTA 1 DE TÉCNICAS METÁLICAS INGENIEROS, VILLA EL SALVADOR”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

LOYOLA HUATAY, JOSE LUIS

Villa El Salvador

2017

DEDICATORIA

De manera especial dedico este trabajo de investigación a mi madre delia pues fue quien me enseñó a elaborar las bases para mi vida personal y profesional, mi madre que cuenta con virtudes infinitas y su gran corazón hacen que la admire cada día más.

A mis hermanos quienes día a día contribuyen en mi crecimiento profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por ser hijo de una maravillosa mujer.

A mi pareja Karla por ser quien me acompaña en este camino lleno de retos y metas, los cuales a su lado han sido de victorias.

INDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	10
1.2 Justificación del Proyecto	11
1.3 Delimitación del Proyecto	11
1.3.1 Teórica	11
1.3.2 Espacial	11
1.3.3 Temporal	12
1.4 Formulación del Problema	12
1.4.1 Problema Principal	12
1.4.2 Problemas Específicos	12
1.5 Objetivos	12
1.5.1 Objetivo General	12
1.5.2 Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes de la Investigación	14
2.2 Bases Teóricas	16
2.2.1 Pórtico Estructural	16
2.2.2 Nave Industrial	18
2.2.2.1. Tipos de nave industriales	19
2.2.3. Norma técnica peruana E030 (Diseño Sismorresistente)	20
2.2.3.1. Filosofía y principios del diseño sismorresistente	21
2.2.3.2. Estructuras de Acero	21
2.2.4. Norma Técnica Peruana E020 (Cargas)	23
2.2.4.1. Velocidad de Diseño	23
2.2.4.2. Combinaciones de cargas para diseños por esfuerzos admisibles	24
2.2.5. Norma Técnica Peruana E090 (Estructuras Metálicas)	25
2.2.5.1. Método LRFD (Load And Resistance Factor Design)	25
2.2.6. Programa SAP2000	26

2.2.6.1. Principales Beneficios	27
2.2.6.2. Opciones de modelajes	27
2.2.6.3. Opciones de Análisis	28
2.2.6.4. Opciones de Carga en los elementos de modelaje	29
2.3 Marco Conceptual	30
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y VERIFICACIÓN DE PERFILES	34
3.1 Descripción del análisis estructural	34
3.1.1 Dimensiones de la Estructura	34
3.1.2 Análisis Estructural	38
3.1.2.1. Información sísmica	38
3.1.2.2. Análisis Sísmico (Aceleración Espectral)	41
3.1.2.3. Análisis y Combinaciones de Cargas	44
3.1.2.4. Propiedades de los Materiales	46
3.1.2.5. Propiedades Geométricas de los Materiales	47
3.2. Modelo y Deformaciones de la Estructura	51
3.2.1. Deformación Vertical Eje Z	52
3.2.2. Deformación Lateral Eje X Y Y.	52
3.2.3. Diagramas de Fuerzas Axiales, Cortantes y Momentos Flectores en los Perfiles.	53
3.3 Revisión y Verificación de Resultados	57
3.3.1. En La Columna Tipo C1 : Perfil W 16x57	59
3.3.2. En La Columna Tipo C2 : Perfil W 24x62	60
3.3.3. En La Viga Carrilera: Perfil W16x50	62
3.3.4. En La Viga: Perfil W12x16	63
3.3.5. En La Viga: Perfil W12x26	65
3.3.6. En El Arriostre: Perfil W6x12	66
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	72

LISTADO DE FIGURAS

Figura 01. Nave industrial.	18
Figura 02. Zona donde se propone la estructura.	35
Figura 03: Plano Arquitectónico del Pórtico.	36
Figura 04: Plano Arquitectónico de la Cara Frontal.	37
Figura 05. Mapa de zonas sísmicas.	38
Figura 06. Curva de la aceleración espectral.	42
Figura 07: Espectro de Diseño.	43
Figura 08: Datos Ingresados de Brida Inferior y Superior	47
Figura 09. Datos Ingresados de la Montante.	48
Figura 10. Datos Ingresados de la Montante Central.	48
Figura 11: Datos Ingresados de la Correa.	48
Figura 12. Datos Ingresados de la Viga Carrilera.	49
Figura 13. Datos ingresados de la viga lateral.	49
Figura 14: Datos Ingresados de la Viga Soporte de Tubería.	49
Figura 15: Datos Ingresados de da Columna C1	50
Figura 16. Datos Ingresados de da Columna C1	50
Figura 17. Datos Ingresados de los Arriostres w6x12	50
Figura 18. Vista tridimensional del Modelo Estructural (SAP 2000 v14.1)	51
Figura 19: Deformación Vertical en Servicio, $d_z = 10.43 < 15600/480 = 32.5\text{mm}$	52
Figura 20. Distorsión Lateral Sismo en X, $d_x/H = 12.57 \times 0.75 \times 9 / 11400 = 0.0074 < 0.01$	52
Figura 21. Distorsión Lateral Sismo en Y, $d_x/H = 0.04 \times 0.75 \times 9 / 11400 = 2.37\text{E}-5 < 0.01$	53
Figura 22. Diagrama de Momentos M máx.=97.89kip.ft (eje mayor)	53
Figura 23. Diagrama de Momentos M máx.=13.39kip.ft (eje menor)	53
Figura 24. Diagrama de Fuerzas Cortantes V máx.=5.51kip	53
Figura 25. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=10.58kip	54
Figura 26. Diagrama de Momentos M máx.=47.71kip.ft (eje mayor)	54
Figura 27. Diagrama de Momentos M máx.=1.77kip.ft (eje menor)	54
Figura 28. Diagrama de Fuerzas Cortantes V máx.=5.86kip	54
Figura 29. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=8.59kip	54

Figura 30. Diagrama de Momentos M máx.=122.65kip.ft	54
Figura 31. Diagrama de Fuerzas Cortantes V máx.=36.00kip	55
Figura 32. Diagrama de Momentos M máx.=0.70kip.ft	55
Figura 33. Diagrama de Fuerzas Cortantes V máx.=0.14kip	55
Figura 34. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=3.78kip	55
Figura 35. Diagrama de Momentos M máx.=7.50kip.ft (eje menor)	55
Figura 36. Diagrama de Momentos M máx.=7.50kip.ft (eje menor)	55
Figura 37. Diagrama de Fuerzas Cortantes V máx.=4.47kip	56
Figura 38. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=0.05kip	56
Figura 39. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=3.33kip	56
Figura 40. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=3.43kip	56
Figura 41. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=8.87kip	56
Figura 42. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=6.53kip	56
Figura 43. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=3.74kip	57
Figura 44. Propiedades geométricas W 16x57	59
Figura 45. Propiedades geométricas W 24x62	60
Figura 46: Propiedades geométricas W 16x50	62
Figura 47: Propiedades geométricas W 12x16	63
Figura 48: Propiedades geométricas W 12x26	65
Figura 49: Propiedades geométricas W 6x12	66

LISTADO DE TABLAS

Tabla 01: Factores de zona.	39
Tabla 02. Factores de suelo.	39
Tabla 03. Periodos T_p y T_l .	39
Tabla 04. Factor de importancia de la estructura	40
Tabla 05. Factor de coeficiente básico de reducción.	40
Tabla 06: Cargas en las Fachadas Laterales	44
Tabla 07: Cargas en las Fachadas en Cubierta.	45
Tabla 08: Combinaciones de las Cargas	46
Tabla 09: Propiedades geométricas y Verificación de estados límites a flexión	59
Tabla 10: Verificación de Pandeo Lateral, Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor	60
Tabla 11: Verificación por Flexo-compresión y verificación por corte	60
Tabla 12: Propiedades geométricas y Verificación de estados limites a flexión	61
Tabla 13: Verificación de Pandeo Lateral, Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor	61
Tabla 14: Verificación por Flexo-compresión y verificación por corte	61
Tabla 15: Verificación de Pandeo Lateral, Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor	62
Tabla 16: Verificación de Pandeo Lateral, Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor	62
Tabla 17: Propiedades geométricas y Verificación de estados limites a flexión	63
Tabla 18: Propiedades geométricas y Verificación de estados limites a flexión	64
Tabla 19: Verificación de Pandeo Lateral y verificación por corte.	64
Tabla 20: Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor y verificación por flexo-compresión	64
Tabla 21: Verificación de Pandeo Lateral, fluencia de eje menor y mayor.	65
Tabla 22: Verificación por flexo-compresión y verificación por corte.	65
Tabla 23: Propiedades geométricas y Verificación de estados limites a flexión	66
Tabla 24: Propiedades geométricas y Verificación de estados limites a flexión	67
Tabla 25: Verificación debido a la compresión.	67
Tabla 26: Verificación de fluencia, rotura y capacidad debido a la tracción	67

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título “Propuesta de Pórtico Estructural De Una Nave Industrial Con Puente Grúa De 6.3tn De Capacidad, Mediante Programa Sap2000 Para Ampliación Del Área De Estructurado De La Planta 1 De Técnicas Metálicas Ingenieros, Villa El Salvador” Presentado por el bachiller Loyola Huatay Jose Luis, es para optar por el título profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

Este trabajo tiene como propósito contribuir y aportar al desarrollo del diseño de estructuras metálicas, mediante el programa SAP2000 aplicando el método LRFD y especificaciones de los códigos AISC y AISI.

Brevemente los tres capítulos que están contenidos en este trabajo:

En el capítulo I: se describe el planteamiento del problema, el cual se encuentra en relación a la falta de una nave industrial que formaría parte de la planta 1 de técnicas metálicas ingenieros. Debido a que esa área aún no se utiliza en los procesos de fabricación de estructuras.

En el capítulo II: se describe los antecedentes teóricos y las propuestas referentes a un pórtico estructural, se resaltarán los conceptos y definiciones de las estructuras metálicas.

En el capítulo III: se describen el análisis para el desarrollo de la estructura metálica, para luego realizar un modelo, considerando cálculos y dimensionamiento del mismo mediante las normas técnicas peruana E030, E090 y E020. Finalmente se presenta la verificación de los resultados de los perfiles principales de la nave industrial con la norma AISC.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente la producción semanal en Planta 1 en Técnicas Metálicas asciende a 300 toneladas de estructuras metálicas, de las cuales 240 son distribuidas en las 4 naves ya consolidadas con una capacidad de producción de 60 toneladas semanales, y el restante son distribuidas a las subcontratas ubicadas en áreas al aire libre, que no cuentan con condiciones para realizar las estructuras metálicas, y en el proceso llegan a producir solo entre 30 y 40 toneladas semanales debido a la dificultad de manipulación de grandes estructuras ayudándose solo en montacargas y quedando estructuras por trabajar al día siguiente. Es así que existe un área que no está siendo aprovechada al 100% para los procesos de estructurado debido a que no cuenta con un puente grúa ni cubierta de techo como las otras áreas en las que sí cuentan con nave industrial.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La nave industrial es sin duda es una construcción muy necesaria en diferentes procesos productivos, con el presente trabajo se brinda la propuesta de pórtico industrial para la ampliación del área de estructurado de planta1 de Técnicas Metálicas en Villa el Salvador, para aumentar la producción de estructuras aprovechando la capacidad de la nave industrial en concordancia con la demanda de producción que se le asigna a planta 1 y obtener mayores ganancias.

Además con la propuesta de una nave industrial para la ampliación de la planta 1 mediante el programa SAP 2000 se podrá evaluar el comportamiento que tendrá la estructura ante un sismo, el cálculo de los materiales necesarios a utilizar en la estructura y se verificará los elementos principales de la nave mediante la Norma E090 y la AISC.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 TEÓRICA

El proyecto de ingeniería desarrollado está regida al análisis estructural y verificación de los componentes principales de la estructura metálica de una nave industrial realizada mediante el programa SAP 2000.

1.3.2 ESPACIAL

Se realizará en la planta 1 de la empresa Técnicas Metálicas Ingenieros en distrito de Villa El Salvador, Km. 17.5 – Antigua Panamericana Sur.

1.3.3 TEMPORAL

Esta investigación para propuesta comprende el periodo de enero del 2017 hasta marzo del 2017.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA PRINCIPAL

¿Cómo proponer un Pórtico Estructural de una Nave Industrial con Puente Grúa de 6.3tn de Capacidad, Mediante el Programa Sap2000 para la Ampliación del Área de Estructurado de la Planta 1 de Técnicas Metálicas Ingenieros en Villa El Salvador?

1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son los criterios para analizar un Pórtico Estructural de una Nave Industrial con Puente Grúa de 6.3tn de Capacidad, Mediante el Programa Sap2000?

¿Cómo verificar si los perfiles seleccionados son los correctos para el diseño del Pórtico Estructural de una Nave Industrial con Puente Grúa de 6.3tn de Capacidad, Mediante el Programa Sap2000?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un Pórtico Estructural de una Nave Industrial con Puente Grúa de 6.3tn de Capacidad, Mediante el Programa Sap2000 para la Ampliación del Área de Estructurado de la Planta 1 de Técnicas Metálicas Ingenieros en Villa El Salvador.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los criterios para analizar un Pórtico Estructural de una Nave Industrial con Puente Grúa de 6.3tn de Capacidad, Mediante el Programa Sap2000.
- Verificar por medio de la norma E090 y la AISC si los perfiles seleccionados son los correctos para el diseño del Pórtico Estructural de una Nave Industrial con Puente Grúa de 6.3tn de Capacidad, Mediante el Programa Sap2000.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Tenelema Quitio (2013), en su investigación “*Diseño y Simulación de un Puente Grua de Cinco Toneladas*”, afirma que el diseño del puente grúa de 5 toneladas, servirá para trasladar maquinaria, así como estructuras metálicas, este sistema de elevación es muy importante a la hora de trabajar porque brindara de espacio suficiente para poder ejecutar el trabajo con facilidad. Este sistema de elevación permitirá maniobrar elementos mucho más grandes a los que usualmente se fabricaban en los talleres pequeños, los cuales en ocasiones rechazaban trabajos por no tener un sistema de elevación de carga. Asimismo, concluye que el taller incrementará su producción, y no tendrá limitaciones para realizar sus trabajos y, se ahorraría dinero por concepto de alquiler de grúa a terceros, el diseño del puente grúa es seguro para construir y presta la garantía necesaria.

Cruz Rovira, Figueroa Catalan, & Hernandez Castillo (2012), en su investigación *“Estructuración, Análisis y Diseño Estructural de Elementos de Techo con Perfiles Metálicos Utilizando el método LRF”*, afirma que muchas de las estructuras de techos existentes no se consideran un proceso de diseño adecuado, debido a la práctica común de utilizar experiencia como único criterio de diseño, reproduciendo soluciones repetitivas, las cuales pueden no ser adecuadas para casos específicos, de tal manera que no se selecciona una estructura de techo que presente una mayor funcionalidad, que cumpla con los requerimientos económicos y de durabilidad para una edificación determinada.

Pinto Ascuña (2010) en su estudio de *“Diseño de un Muelle Flotante de Acero”*, el muelle flotante se desarrolla íntegramente en acero con mamparas para separar en cámaras el muelle en caso de filtraciones de aguas. El diseño se hizo con el método ASD (Esfuerzo Admisible), debido a que no se cuenta con suficiente información para desarrollarlo mediante el método LRFD. El muelle flotante se conecta al puerto a través de un puente de acceso, la conexión entre estas dos construcciones es mediante un sistema basculante, la conexión entre el puente de acero y la estación de tierra.

Perez Rodríguez (2009), en su proyecto *“Diseño y Cálculo de la Estructura Metálica y de la Cimentación de una Nave Industrial”*, trata de realizar un diseño, cálculo y optimización de la estructura metálica de la cimentación de una nave

industrial mediante el código numérico TRICALC y de acuerdo a la normativa vigente (código técnico de la edificación e instrucción de hormigón estructural). También desarrolla la documentación necesaria para la correcta ejecución de la nave: memoria de construcción, pliego de condiciones, estudio de seguridad y salud, presupuestos y mediciones, y planos.

Nicolas Mendoza (2007), es su investigación “Análisis y Diseño Estructural en Acero, de una Nave Industrial con las Especificaciones A.I.S.C. Metodo L.R.F.D. 1993”, tiene como objetivo principal introducir el análisis y diseño estructural de una obra utilizando estructuras de acero. Se hizo para un proyecto específico, y se usó como referencia para otros proyectos, principalmente industriales. Se realizó especificaciones de las cargas actuantes en dicha estructura, mediante el método LRFD, y con las especificaciones de la AISC. Se logró obtener un modelo de estructura para pórtico metálico el cual sirve como guía para proyectos futuros.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Pórtico Estructural

Es un ensamble de miembros o elementos independientes para conformar un cuerpo único y cuyo objetivo es darle solución (cargas y forma) a un problema estructural determinado. La manera de ensamble y el tipo de miembro ensamblado define el comportamiento final de la estructura y constituyen diferentes sistemas estructurales. Los elementos no se distinguen como individuales, sino que la estructura constituye en si un

sistema continuo como es el caso de los domos, lomas continuas o macizas y muros, y se analizan siguiendo los conceptos y principios básicos de la mecánica.

La acción del sistema de pilar y dintel se modifica en grado sustancial si se desarrolla una unión rígida entre el dintel y el pilar llamándose ahora viga y columna. Esta nueva estructura, denominada el pórtico rígido simple o de una nave, se comporta de manera monolítica y es más resistente tanto a las cargas verticales como a las horizontales.

A medida que aumenta el ancho y la altura del edificio, resulta práctico aumentar el número de naves, reduciendo así la luz de las vigas y absorbiendo las cargas horizontales de manera más económica. La estructura resistente del edificio se convierte de este modo en un pórtico con una serie de mallas rectangulares que permiten la libre circulación en el interior, y es capaz de resistir tanto cargas horizontales como verticales. Una serie de estos pórticos, paralelos entre si y unidos por vigas horizontales, constituye la estructura tipo-jaula que encontramos hoy en la mayoría de edificios de acero y de concreto armado. Estos pórticos tridimensionales actúan integralmente contra cargas horizontales de cualquier dirección, pues sus columnas pueden considerarse como parte de uno u otro de dos sistemas de pórticos perpendiculares entre sí.

Bajo la acción de cargas verticales, los tres elementos de un pórtico simple se hallan sometidos a esfuerzos de compresión y flexión. Con las proporciones usuales de vigas y columnas, la compresión predomina en

las últimas y la flexión en las primeras. Las columnas son relativamente esbeltas y la viga relativamente alta.

2.2.2. Nave industrial

Una nave industrial es un edificio de uso industrial que alberga la producción o que también almacena los bienes industriales, junto con los obreros, las máquinas que los generan, el transporte interno, la salida y entrada de mercancías, etcétera. Los requerimientos y tipos de construcción que debe poseer la nave varían en función de las innumerables actividades económicas que se pueden desarrollar en su interior, lo que ha conducido al desarrollo de un gran número de soluciones constructivas. Por ejemplo, en las naves que albergan cadenas de producción la longitud suele ser la dimensión predominante de la construcción.



Figura 01. Nave industrial. Fuente: google imágenes.

2.2.2.1. Tipos de nave industriales

A. Naves con estructuras de acero

Las naves con estructuras metálicas tienen la ventaja de que permiten una construcción rápida y al mismo tiempo obtener espacios iluminados más grandes, sin la necesidad de montar pilares dentro del inmueble.

B. Naves de hormigón prefabricado

Las naves de hormigón prefabricado son fáciles y rápidas de armar, pues prácticamente sólo se tiene que conectar las piezas, sin embargo en cuanto a iluminación se encuentran en desventaja, pues no llegan a ser muy altas.

C. Naves de hormigón

Las naves de hormigón “in situ”, aunque son las más económicas, estas construcciones industriales están por desaparecer ya que los tiempos de ejecución son largos y presentan carencias en la iluminación. Su única ventaja es que la nave se puede realizar en forma de edificio, pudiendo tener varias subestructuras dentro de la planta.

D. Naves mixtas

Las naves mixtas tienen combinan estructuras de acero y hormigón para realizar geometrías especiales en el inmueble. Una de las ventajas que tiene sobre las construcciones normales de estructuras de hormigón y acero, es el ahorro en costes de materiales, pues

durante el montaje se pueden realizar procesos conocidos como pretensados y postensado, que consisten en generar esfuerzos permanentes en la estructura de manera intencionada para mejorar su desempeño.

2.2.3. Norma técnica peruana E030 (Diseño Sismorresistente)

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). Esta norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en el numeral 1.3 (filosofía y principio del sistema sismo terrestre) de la norma.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resulten dañadas por la acción de los sismos.

El empleo de sistemas estructurales diferentes a los indicados en el numeral 3.2 (sistemas estructurales), deberá ser aprobado por el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad.

Para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se podrá usar la norma en lo que sea aplicable.

Además de lo indicado en esta norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia

del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierra u otros.

2.2.3.1. Filosofía y principios del diseño sismorresistente

Se reconoce que dar protección completa frente todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establece en la presente norma lo siguiente:

- A. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- B. La estructura deberá soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- C. Para las edificaciones esenciales, definidas en la tabla N° 5 de la norma, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

2.2.3.2. Estructuras de Acero

Los sistemas que se indican a continuación forman parte del Sistema Estructural Resistente a Sismos:

- A. Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia por flexión de las vigas y limitada fluencia en las zonas del panel de las columnas. Las columnas deberán ser diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando estas incurcionan en la zona de endurecimiento por deformación.

B. Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

C. Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)

Estos pórticos deberán proveer una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

D. Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.

E. Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

F. Pórticos Excéntricamente Arriostrados (SCBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

2.2.4. Norma Técnica Peruana E020 (Cargas)

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su norma de diseño específica.

En ningún caso las cargas asumidas serán menores que los valores mínimos establecidos en esta norma.

Las cargas mínimas establecidas en esta Norma, están dadas en condiciones de servicio.

Esta norma se complementa con la NTE E.030 Diseño Sismorresistente y con las Normas propias de diseño de los diversos materiales estructurales.

2.2.4.1. 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.

- 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 se actúa.

- Carga Interior de Viento

Para el diseño de los elementos de cierre, incluyendo sus fijaciones y anclajes, que limitan en cualquier dirección el nivel que se analiza, tales como paneles de vidrios, coberturas, alféizares y elementos de cerramiento, se adicionará a las cargas exteriores calculadas según 3.7.4, las cargas interiores (presiones y succiones).

2.2.4.2. Combinaciones de cargas para diseños por esfuerzos admisibles

Excepto en los casos indicados en las normas propias de los diversos materiales estructurales, todas las cargas consideradas en la presente norma se considerará que actúan en las siguientes combinaciones, la que produzca los efectos más desfavorables en el elemento estructural considerando, con las reducciones, cuando sean aplicables.

- (1) D
- (2) D + L
- (3) D + (W ó 0.70 E)
- (4) D + T
- (5) $\alpha [D + L + (W \text{ ó } 0.70 E)]$
- (6) $\alpha [D + L + T]$
- (7) $\alpha [D + (W \text{ ó } 0.70 E) + T]$

$$(8) \quad \alpha [D + L + (W \text{ ó } 0.70 E) + T]$$

Donde:

D = Carga muerta, según 2.0

L = Carga viva, según 3.0

W = Carga de viento, según 3.7

E = Carga de Sismo, según NTE E.030 Diseño Sismoresistente

T = Acciones por cambios de temperatura, contracciones y/o deformaciones diferidas en los materiales componentes, asentamientos de apoyos o combinaciones de ellos.

α = Factor que tendrá un valor mínimo de 0.75 para las combinaciones (5), (6) y (7); y de 0.67 para la combinación (8). En estos casos no se permitirá un aumento de los esfuerzos admisibles.

2.2.5. Norma Técnica Peruana E090 (Estructuras Metálicas)

Esta norma de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para edificaciones acepta los criterios del método de factores de carga y Resistencia (LRFD) y el método por esfuerzos Permisibles (ASD).

Su obligatoriedad se reglamenta en esta misma norma y su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional.

Las exigencias de esta norma se consideran mínimas.

2.2.5.1. Método LRFD (Load And Resistance Factor Design)

EL LRFD (Load and Resistance factor design) es un método que se utiliza para el diseño de estructuras de acero, este nos permite hacer de una manera más eficaz nuestros proyectos.

La resistencia nominal en flexión M_n es el menor valor obtenido de acuerdo a los estados límites de: (a) fluencia; (b) pandeo lateral torsional; (c) pandeo local del ala y, (d) pandeo local del alma. Para vigas compactas arriostradas lateralmente, solamente es aplicable el estado límite de fluencia y pandeo lateral torsional. El estado límite lateral torsional no es aplicable a elementos sujetos a flexión con respecto a su eje menor o perfiles cuadrados o circulares. [3]

Este método se aplica a perfiles híbridos y homogéneos con al menos un eje de simetría y que están sujetos a flexión simple con respecto a un eje principal. Para flexión simple la viga es cargada en un plano paralelo a un eje principal que pasa a través del centro de corte o la viga está restringida contra la torsión en los puntos de la aplicación de las cargas y en sus apoyos. Solamente los estados límites de fluencia y el pandeo lateral torsional se limita a perfiles de doble simetría, canales, ángulos dobles y tees.

22.6. Programa SAP2000

Universidad de Concepción (2004). El programa SAP2000 es uno de los software líder en la ingeniería estructural. Se pueden analizar cualquier tipo de estructuras con este programa, e incluso diseñar elemento por elemento de manera precisa con los reglamentos más conocidos (ACI En EU, RCDF en México, EUROCODIGO en Europa, etc.). Es un programa de cálculo estructural en tres dimensiones mediante elementos finitos. Es el descendiente directo de la familia SAP90, muy

conocida hace algunos años. En este caso, el programa está totalmente renovado. Tal vez lo más visible sea su nueva interfaz, totalmente integrada en Windows y sencilla de utilizar. Mediante SAP2000 es posible modelar complejas geometrías, definir diversos estados de carga, generar pesos propios automáticamente, asignar secciones, materiales, así como realizar cálculos estructurales de hormigón y acero basados, entre otras normativas, en los Eurocódigos vigentes. Otra característica propia de SAP2000 que no tienen otros programas de elementos finitos avanzados como ADINA o ABAQUS es la capacidad para diseñar secciones.

2.2.6.1. Principales Beneficios

- Interfase sumamente amigable en el ambiente de Windows
- Poderosas herramientas para la creación de los modelos
- Códigos de diseño de USA y otros códigos internacionales

2.2.6.2. Opciones de modelajes

El SAP2000 provee amplias y poderosas capacidades de modelaje para una amplia gama de estructuras, incluyendo:

- Puentes
- Represas
- Tanques
- Edificios
- Otros

La poderosa interfase gráfica en el ambiente de Windows permite la creación de modelos en forma rápida y precisa, ya sea a partir de un gráfico de un programa de dibujo CAD, mediante el

uso de las herramientas de dibujo del programa o utilizando las plantillas paramétricas disponibles. La creación del modelo, la ejecución de los análisis, la revisión de los resultados y la optimización de los diseños se realizan en forma totalmente interactiva dentro de la misma interfaz.

2.2.6.3. Opciones de Análisis

La biblioteca de elementos contiene:

Elementos de Marco capaces de actuar como:

- Elemento de marco en 3D
- Elemento de marco en 2D
- Elemento de armadura plana
- Elemento de armadura espacial
- Elemento de grid
- Elementos prismáticos o de sección variable

Elementos de Shell capaces de modelar situaciones de:

- Shell tridimensional
- Elemento de membrana
- Elemento de placa a flexión
- Formulación de elemento delgado y grueso
- El elemento puede tener 3 o 4 nudos para transiciones
- El elemento incluye la componente de rotación alrededor de un eje perpendicular al plano

Elementos de uniones inelásticas incluyendo:

- Elemento solo tensión (HOOK)
- Elemento solo compresión (GAP)
- Aisladores de base
- Amortiguadores

2.2.6.4. Opciones de Carga en los elementos de modelaje

Las cargas estáticas aplicables incluyen:

Carga de gravedad

- Presión
- Térmica
- Preesfuerzo
- Cargas nodales de fuerzas y desplazamientos

Las cargas dinámicas aplicables incluyen:

- Múltiples espectros de respuesta
- Múltiples histogramas de aceleración
- Múltiples excitaciones de base

El programa permite el análisis tanto por el método de RITZ como por el método de los valores característicos (eigenvalues) así como la combinación de las cargas dinámicas con las otras cargas utilizando los métodos de SRSS, CQC y GMC. El programa también permite la generación de cargas para camiones, miembros de acero.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- Carga: fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionados restringidos, (norma técnica E20).
- Carga Muerta: es el peso de los materiales, dispositivos de servicios y equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo, (norma técnica E20).
- Carga Viva: es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación, (norma técnica E20).
- Materiales: se considera al peso real de los materiales que conforman y de los que deberá soportar la estructura, calculados en base a los pesos unitarios (norma técnica E20).
- Velocidad de Diseño: la velocidad de diseño del viento hasta 10m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación. Pero no debe ser menor de 75 Km/h (norma técnica E20).
- Área Total: es la suma de los productos del espesor por el ancho total de cada elemento de la sección, medido por el plano perpendicular al eje del miembro. Para los ángulos, el ancho total es la suma de los anchos de los lados menos el espesor.

- Área Neta: para cálculo del área neta en tracción y corte, el ancho de un agujero para perno se tomara como 2mm mayor que la dimensión nominal del agujero (norma técnica E20).
- Arriostre: elemento de refuerzo (horizontal o vertical), que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas.
- Columna: Elemento arquitectónico de soporte, rígido, más alto que ancho y normalmente de sección cilíndrica o poligonal, que sirve para soportar la estructura horizontal de un edificio, un arco u otra construcción; también puede constituir por sí solo un elemento decorativo, una señal, etc.
- Fuerza: es todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de los materiales.
- Viga: es un elemento estructural líneas que trabaja principalmente a flexión.
- Aceleración Espectral: es el comportamiento de una estructura a un determinado sismo.
- Zonificación: es la distribución espacial de la sismicidad observada y las características generales de los sismos y la atenuación de estos con la distancia epicentral.
- Deformaciones Verticales: es la deformación causada por las diferentes cargas que soporta la estructura y por el peso mismo de ella, se toma en cuenta al momento de analizar una estructura.
- Deformaciones Laterales: deformaciones causadas por las fuerzas actuantes en la estructura, una de estas puede ser la fuerza de viento que impacta en la

estructura.

- Suelo: Superficie sobre la que se pisa, generalmente recubierta de algún material para hacerla lisa y resistente.
- AISC: American Institute of Steel Construction.
- LRFD: Load and Resistance Factor Design.
- AISI: American Iron and Steel Institute.
- ASTM: American Society for Testing Materials, (sociedad americana para pruebas de materiales), (norma técnica E90.).
- PIE: plan de inspección y ensayos (planes de puntos de inspección) también denominado ITP en inglés (Inspección Test Plan), el PIE hace referencia al alcance, los procedimientos y documentos aplicables de referencia, criterios de aceptación, registros de calidad a generar y las inspecciones a desarrollar, en orden cronológico, desde la inspección inicial hasta la inspección final y terminación del trabajo.
- ASTM A36: Standard Specification for Carbon Structural Steels, (especificación estándar para aceros estructurales de carbono).
- ASME: American Society of Mechanical Engineers, (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- Viga Carrilera: viga donde se desplaza el puente grúa, también sirve como amarre entre pórticos.
- Templadores: elementos de seguridad para los techos, usualmente son de fierro redondo.
- Montante: parte de estructura de techo, usualmente es de ángulo que dan

firmeza a la estructura de doble agua.

- Correas: sirve como base para la cubierta de la nave industrial, usualmente este perfil es canal C.
- Momento Flector: Se denomina momento flector, o momento de flexión, a un momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.
- W6x12: donde W indica el tipo de perfil en este caso viga H, la primera cifra indica el peralte nominal en pulgadas y la segunda cifra indica el peso en libras por pie de longitud, eso se debe a que estamos trabajando en el sistema inglés.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y VERIFICACIÓN DE LOS PERFILES

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

La nave industrial se ubicara en el departamento de Lima, distrito de villa el salvador, donde se tendrán en cuenta los datos de la norma E030 la cual nos da factores como: factores de zonas, perfiles de suelos, factor de suelo, factor de amplificación sísmica, categoría de las edificaciones, categorías y sistemas estructurales de las edificaciones, coeficiente básico de reducción y factores de irregularidad. También se considerará la norma E020 que indica: las cargas mínimas establecidas, cargas mínimas repartidas, carga viva de techo, cargas vivas móviles, cargas debidas al viento y distribución y combinación de cargas.

3.1.1. DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA

Esta estructura tendrá un área de planta de 42.6 x 16m, una altura útil de 11m, consta de un nivel, y está diseñado para un ambiente, su sistema resistente es de un pórtico de acero a doble agua, la cobertura de techo tendrá

paneles típicos TCA PUR 654 o equivalentes, cerramiento o cobertura de las paredes será de paneles metálicos tipo CCA PUR 100 o equivalentes, los materiales a utilizar serán acero estructural A36 y A992 GR50.

La estructura consiste en una cubierta reticulada formada por perfiles tipo ángulo con correas de tipo canal, y como elementos estructurales tenemos columnas metálicas de tipo W, y arriostres en la dirección “Y” de tipo W que sirven para disminuir las deformaciones laterales.

Esta estructura tiene las siguientes características: tiene 15 metros de luz, cada módulo (pórtico) con una separación de 7m. Como máximo entre ellas. Y una altura de trabajo para el puente grúa de 9m la cual es adecuada para su uso, el puente para este diseño se ha considerado winche (tecle eléctrico) de las siguientes características: carga a levantar 6.3 toneladas, espacio libre de trabajo 15m.de ancho por 42.6m largo, altura de elevación 9m, velocidad de desplazamiento 20 m/min, peso del tecele 610 kg. y peso del puente 3000kg la contienen 18 columnas, las que son el soporte de dicha estructura. También encontraremos arriostre, vigas, montantes, bridas, tijerales, etc.

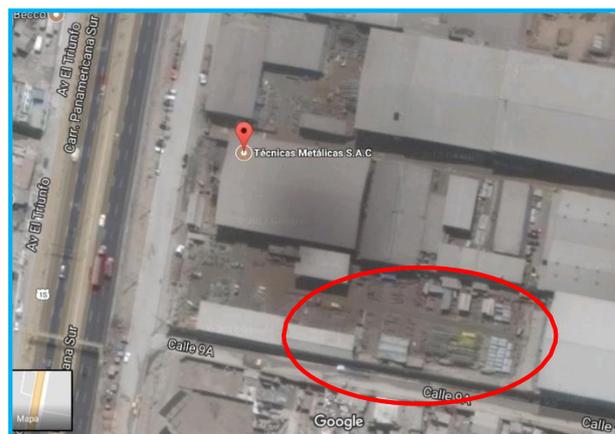


Figura 02. Zona donde se propone la estructura. Fuente: Google maps

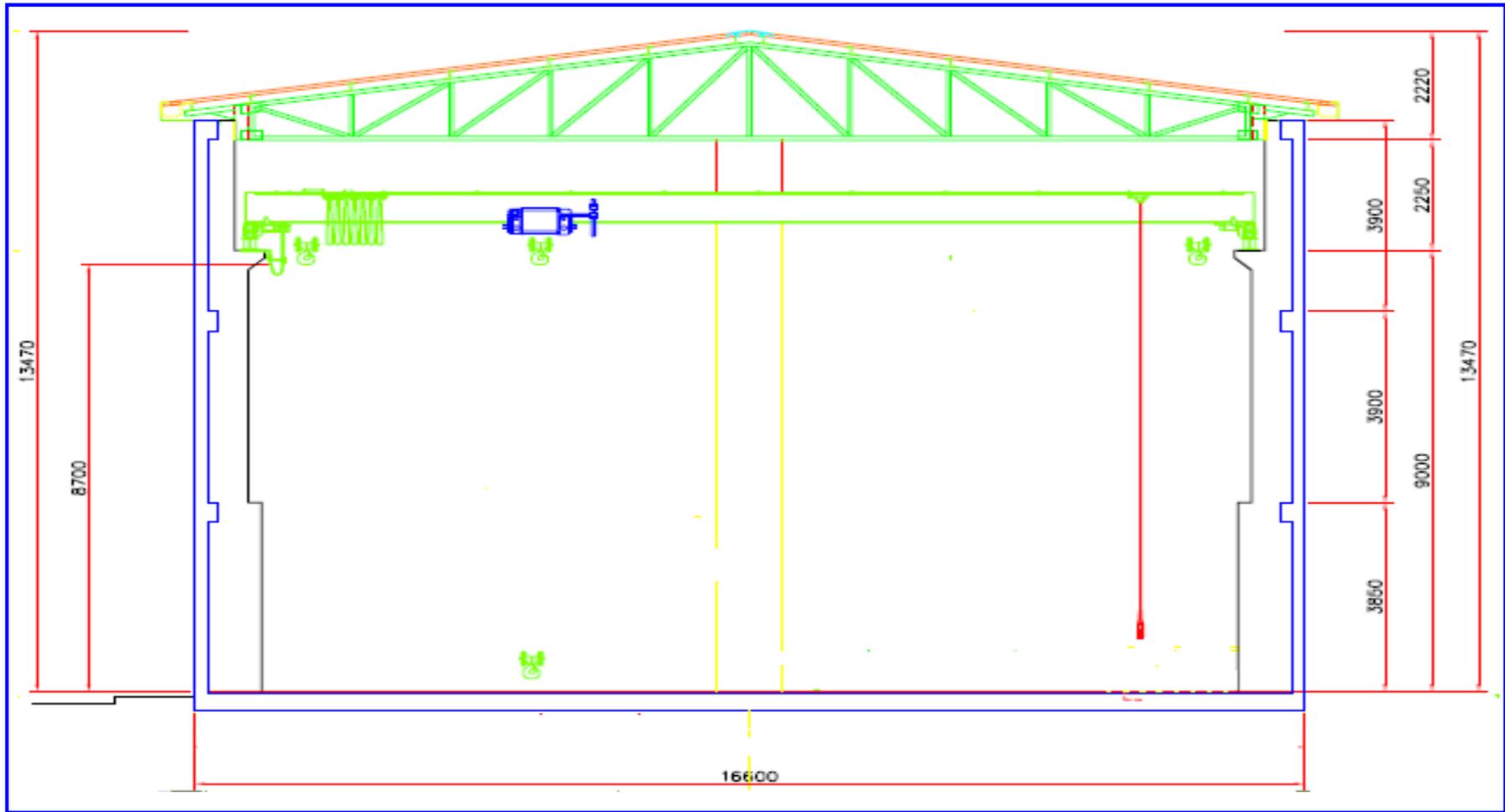


Figura 03: Plano Arquitectónico del Pórtico. Fuente: Elaboración propia.

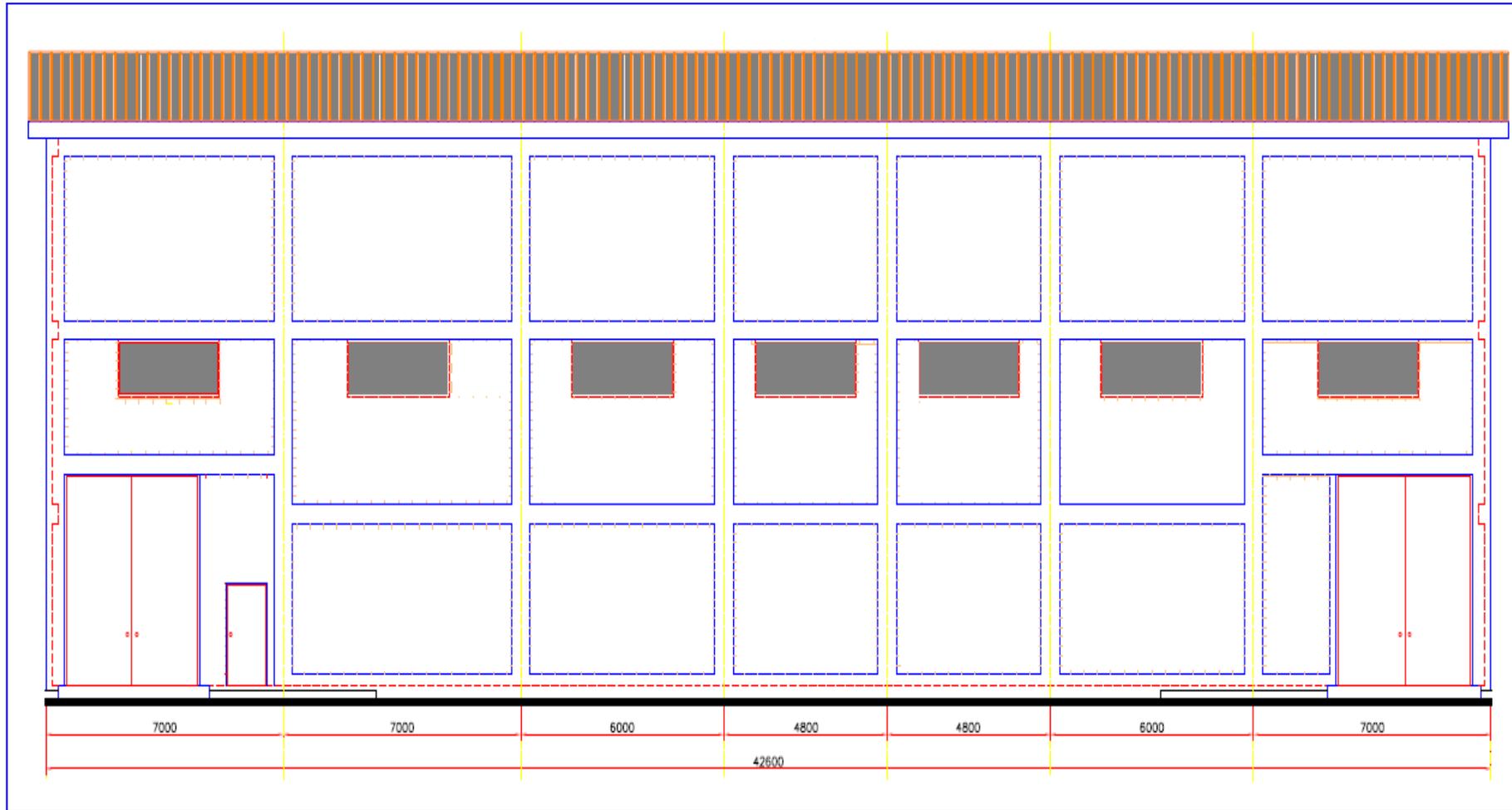


Figura 04: Plano Arquitectónico de la Cara Frontal. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para el análisis estructural se requieren los datos de información sísmica y cargas actuantes en la estructura como también las combinaciones de cargas estos datos se calcularan a continuación.

3.1.2.1. Información sísmica

La información sísmica es extraída de la norma E030 (DISEÑO SISMORRESISTENTE), la cual nos brinda los siguientes datos:

- Zonificación: la zona a trabajar es el departamento de lima distrito de villa el salvador, el cual tiene como factor de zona 0.45, esto se ve en la tabla N° 1 de la norma E030.



Figura 05. Mapa de zonas sísmicas. Fuente: Norma E030.

Tabla 01: Factores de zona.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

- Factor de Suelo: el tipo de suelos seleccionados, es intermedio, designado por la norma E030 en la tabla N°3 como S2, y tomando en cuenta la zona de la tabla N°4 nos da que el factor de suelo es S2=1,05. Y los periodos $T_p=0.6$ y $T_l=2$.

Tabla 02. Factores de suelo.

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO \ ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla 03. Periodos T_p y T_l .

PERÍODOS " T_p " Y " T_l "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_l (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

- Categoría de Edificaciones Factor U: en este tipo de estructura es de tipo A2 (edificaciones esenciales), el cual tiene como factor $U=1,5$. Según la tabla N°5 de la norma E030.

Tabla 04. Factor de importancia de la estructura

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. 	1,5

- Coeficiente Básico de Reducción: el coeficiente básico para la estructura el cual es un pórtico

Tabla 05. Factor de coeficiente básico de reducción.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

3.1.2.2. ANÁLISIS SÍSMICO (ACELERACIÓN ESPECTRAL)

El análisis sísmico se realizó mediante un análisis dinámico Modal Espectral, donde las masas consideradas para el sismo son: el 100% de las cargas permanentes, el 25% de las sobrecargas, posteriormente se obtuvo las formas de modo de la estructura completa y a partir de estas formas de modo se obtuvieron los desplazamientos y giros en cada dirección del sismo.

Datos ingresados en el programa:

Z= 0.45 Factor de zonificación

U= 1.5 Factor de importancia de la Estructura

C= 2.5 Factor de amplificación sísmica

S= 1.05 Factor por tipo de Suelo donde se construirá la estructura

R= 8.0 Factor de Reducción para carga Sísmica

- Factor de amplificación (C)

Según norma E030. Se define con las siguientes expresiones.

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

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

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

Calculo de la velocidad de diseño,

Condición del periodo $0.1 \leq T \leq 3$.

Cuando

$$T \leq T_p \quad \wedge \quad T_p=0.6 \quad \longrightarrow \quad C=2.5$$

Cuando

$$T_p \leq T \leq T_l \quad \wedge \quad (T_p=0.6 \wedge T_l=2) \quad \longrightarrow \quad C=2.5 \times \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

Los valores de C = {0.68; 0.62; 0.57; 0.48; 0.44; 0.41; 0.38; 0.36; 0.33}

Aceleración espectral:

$$S_a = \frac{ZxUxCxS}{R} \times g$$

Según los datos obtenidos de la amplificación sísmica podemos ver la gráfica de aceleración espectral realizada en una hoja de Excel, dichos datos se ingresarán al sistema para que se analice cuando se simule el diseño.

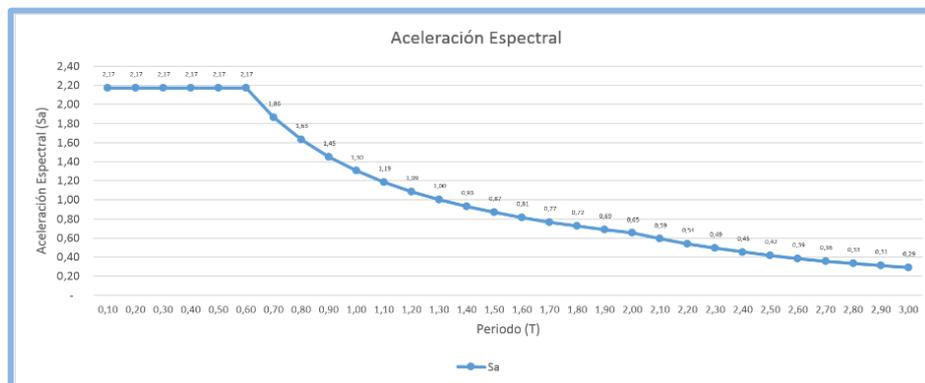


Figura 06. Curva de la aceleración espectral.

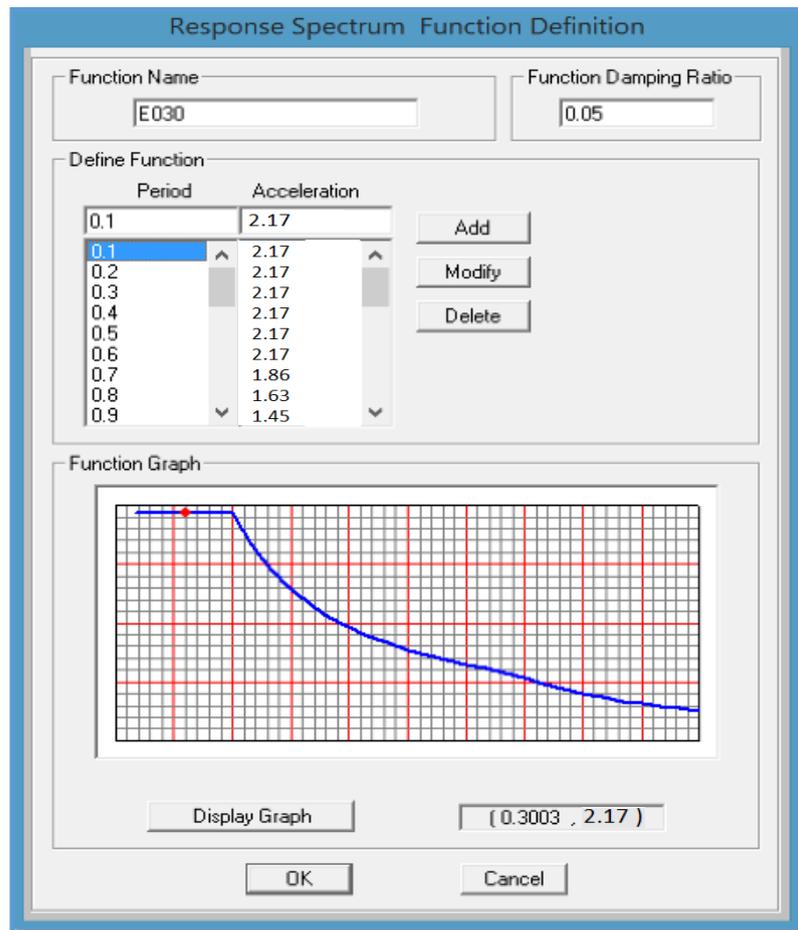


Figura 07: Espectro de Diseño. Fuente SAP2000

3.1.2.3. ANÁLISIS Y COMBINACIONES DE CARGA

I. Velocidad de diseño

Ubicación: Ciudad de Lima, distrito de Lima. Tomando en cuenta su ubicación y considerando la estructura como permanente, del Mapa Eólico (Norma E-020) se obtiene: $V=85\text{km/h}$

Velocidad de diseño: $V=V_0 \times \left(\frac{H^{0.22}}{10}\right)$ teniendo en cuenta que la $V_0=80$ y $H=13.470$ m.

$$\text{Reemplazando } V = 80 \frac{13.479^{0.22}}{10} = 85 \text{ Km/h.}$$

II. Presión de dinámica del viento

$$q = 0.005V^2 = 0.005 \times 85^2 = 36.125 \text{ kg/m}^2$$

III. Cargas en fachadas laterales

Tabla 06: Cargas en las Fachadas Laterales

D: Peso propio de los perfiles	Lo considera automáticamente el programa de cálculo según el perfil utilizado	
Acción del viento en dirección		
W : en fachada barlovento	$36.125 \times (+0.8+0.3)$	kg/m ²
W : en fachada sotavento	$36.125 \times (-0.6-0.3)$	kg/m ²
Acción del viento en dirección		
W : en fachada barlovento	$36.125 \times (-0.7-0.3)$	kg/m ²
W : en fachada sotavento	$36.125 \times (-0.7-0.3)$	kg/m ²

Calculo de cargas en la dirección X.

(q.c.A) donde q =presión dinámica de viento, c=cargas en kg/m² y

A= ancho tributario.

Barlovento

- $36.125 \times (1.1) \times 7 = 278.163 \text{ kg/m}$
- $36.125 \times (-1.1) \times 6.5 = 258.294 \text{ kg/m}$

Sotavento

- $36.125 \times (-0.9) \times 7 = -227.588 \text{ kg/m}$
- $36.125 \times (-0.9) \times 6.5 = -211.331 \text{ kg/m}$

Calculo de cargas en dirección Y

- $36.125 \times (-1) \times 7 = -252.875 \text{ kg/m}$
- $36.125 \times (-1) \times 6.5 = 234.813 \text{ kg/m}$

V. Cargas en cubierta

Tabla 07: Cargas en las Fachadas en Cubierta.

D: Peso propio de los perfiles	Lo considera automáticamente el programa de cálculo según el perfil utilizado	
Lr: Carga viva reducida	30.00	kg/m ²
D1: Peso de calamina	5.30	kg/m ²
Acción del viento en dirección vertical (z)		
W : en fachada barlovento	$36.125 \times (-0.7 - 0.3)$	kg/m ²
W : en fachada sotavento	$36.125 \times (-0.6 - 0.3)$	kg/m ²

La carga viva reducida se esta tomando 30 kg/m², como se indica en la norma técnica peruana E020, y el peso de la calamina se esta considerando como referencial un peso de 5.3 kg/m² el cual puede variar dependiendo del fabricante.

Calculo de cargas en dirección Z.

- $36.125 \times (-1) \times 1 = -36.125 \text{ kg/m}$
- $36.125 \times (-9) \times 1 = -32.513 \text{ kg/m}$

VI. Combinaciones de carga

Se consideraron los siguientes estados de carga, utilizando, para cada elemento, el que resultara más desfavorable.

Tabla 08: Combinaciones de las Cargas.

Art	Combinación de Carga E090
(A1.4-1)	1.4 D
(A1.4-2)	1.2 D +1.6 L +0.5 (Lr ó S ó R)
(A1.4-3)	1.2 D +1.6 (Lr ó S ó R)+ (0.5L ó 0.8W)
(A1.4-4)	1.2 D +1.3 W + 0.5 L +0.5 (Lr ó S ó R)
(A1.4-5)	1.2 D +/- 1.0 E +0.5 L +0.2 S
(A1.4-6)	0.9 D +/- (1.3 W ó 1.0 E)

Nota: las combinaciones de cargas se obtuvieron de los datos y restricciones que indica la norma técnica E90, sobre combinaciones de cargas.

D: Carga Muerta L: Carga Viva

Lr: Carga Viva reducida W: Carga de viento

E: Carga de Sismo

S: Carga de Nieve, no aplica en la zona.

3.1.2.4. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

A. Acero Estructural ASTM A36 Grado 36: Bridas, Montantes, Diagonales y Arriostres.

- Módulo de Elasticidad: $E_s=29000$ ksi
- Densidad : 7850 kg/m³
- Módulo de Poisson : $\nu= 0.30$
- Módulo de Corte : $G_s = 0.4E_s$
- Esfuerzo de Fluencia : $F_y=36$ ksi
- Esfuerzo de Rotura : $F_y=58$ ksi

B. Acero Estructural ASTM A992 Grado 50: Columnas, Viga Carrilera y Ménsula.

- Módulo de Elasticidad: $E_s=29000$ ksi
- Densidad : 7850 kg/m³
- Módulo de Poisson : $\nu =0.30$
- Módulo de Corte : $G_s = 0.4E_s$
- Esfuerzo de Fluencia : $F_y=50$ ksi
- Esfuerzo de Rotura : $F_y=65$ ksi
- Acero de Refuerzo: Templadores
- Módulo de Elasticidad: $E_s=29000$ ksi
- Densidad : 7850 kg/m³
- Módulo de Poisson : $\nu =0.25$
- Módulo de Corte : $G_s = 0.4E_s$
- Esfuerzo de Fluencia: $F_y=60$ ksi.

3.1.2.5. PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LOS MATERIALES

- Brida inferior y superior: acero ASTM A36, perfil tipo ángulo L3x3x1/4 de lado 3in por 3in y espesor 1/4in.

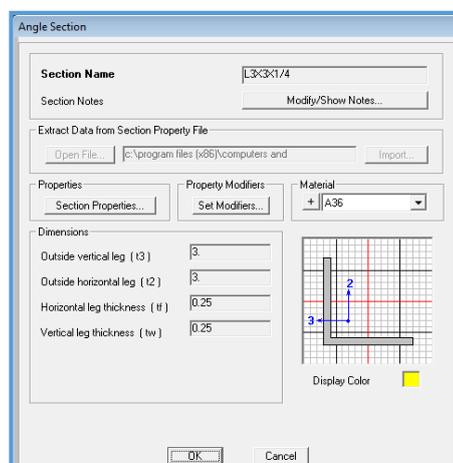


Figura 08: Datos Ingresados de Brida Inferior y Superior.

Fuente SAP2000

- Montante: Acero ASTM A36, perfil tipo ángulo L2x2x3/16 de lado 2in por 2in y espesor 3/16in.

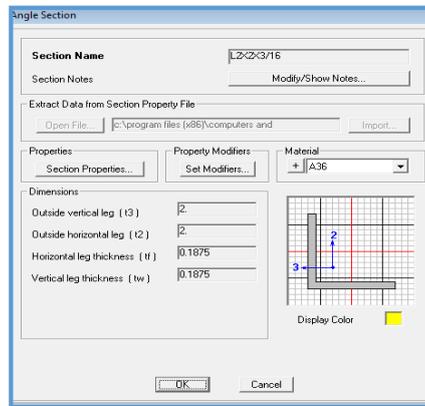


Figura 09. Datos Ingresados de la Montante. Fuente SAP2000

- Montante Central: Acero ASTM A36, perfil tipo ángulo L2 ½ x2 ½ x1/4 de lado 2.5in por 2.5in y espesor 1/4in.

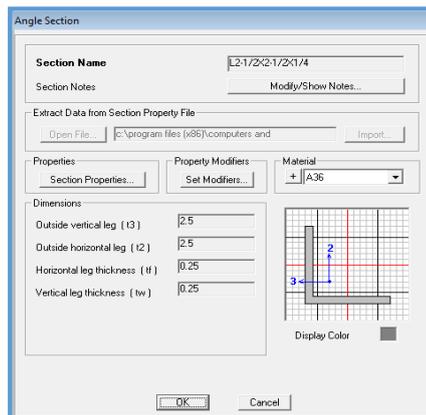


Figura 10. Datos Ingresados de la Montante Central, Fuente SAP2000

- Correas: Acero ASTM A36, tipo canal 6"x3"x3mm

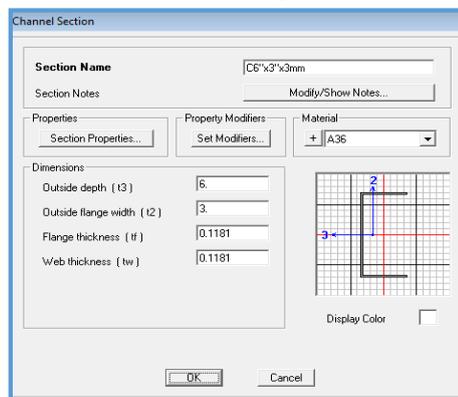


Figura 11: Datos Ingresados de la Correa. Fuente SAP2000

- Viga Carrilera: Acero ASTM A992, Perfil W 16x50.

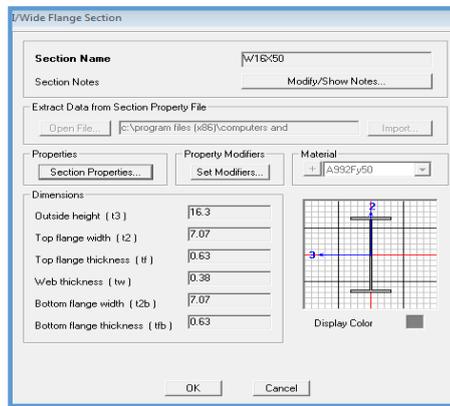


Figura 12. Datos Ingresados de la Viga Carrilera. Fuente SAP2000.

- Viga Lateral: Acero ASTM A992, perfil tipo W 12x16.

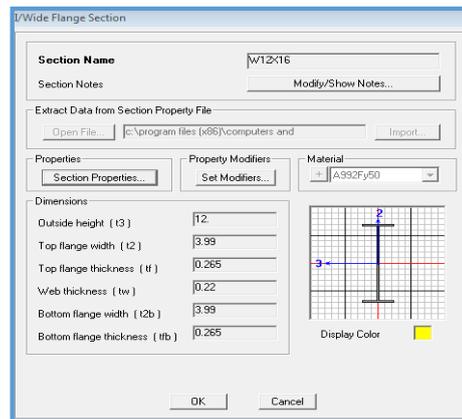


Figura 13. Datos ingresados de la viga lateral, Fuente SAP2000

- Viga Soporte de Tubería: Acero ASTM A992, perfil tipo W 12x26.

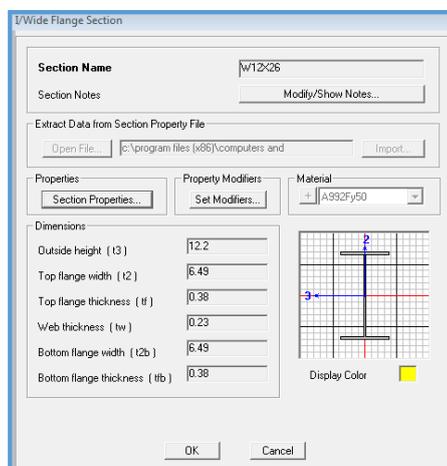


Figura 14: Datos Ingresados de la Viga Soporte de Tubería. Fuente SAP2000

- Columna C1: Acero estructural ASTM A992, Sección W 16x57

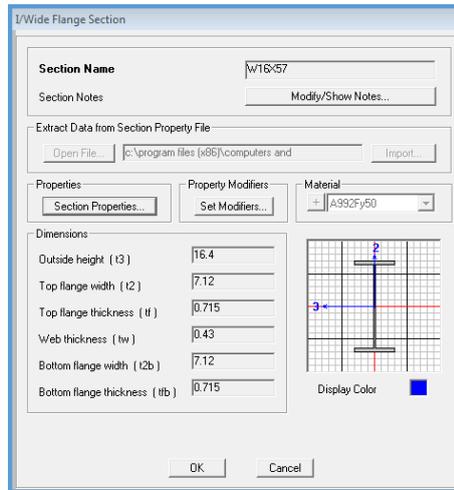


Figura 15: Datos Ingresados de la Columna C1. Fuente SAP2000

- Columna C2: Acero estructural ASTM A992, Sección W 24x62.

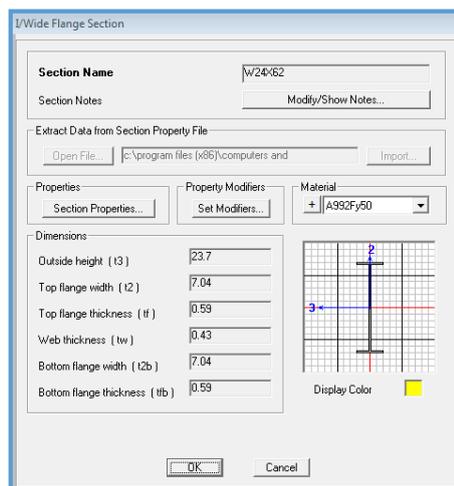


Figura 16. Datos Ingresados de la Columna C1. Fuente SAP2000

- Arriostre: Acero estructural ASTM A992, Sección W 6x12.

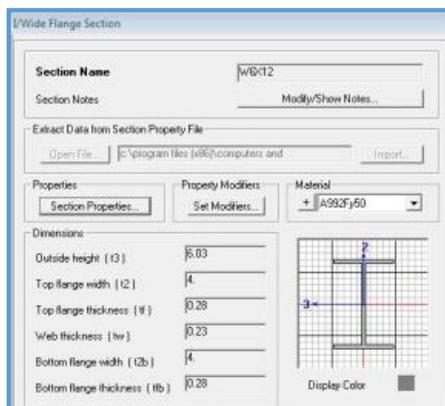


Figura 17. Datos Ingresados de los Arriostres w6x12. Fuente SAP2000

3.2. MODELO Y DEFORMACIONES DE LA ESTRUCTURA

El análisis de la estructura se realizó en el programa SAP 2000 v14.1, el cual se basó en un análisis elástico lineal que permite conocer el comportamiento global de la estructura frente a cargas de gravedad y cargas laterales.

La estructura en general consta de un solo nivel, el cual consiste en una cubierta reticulada formada por perfiles tipo ángulo, con correas de tipo canal, y como elementos estructurales tenemos: columnas metálicas de tipo W, y arriostres en la dirección “y” de tipo W que sirven para disminuir las deformaciones laterales.

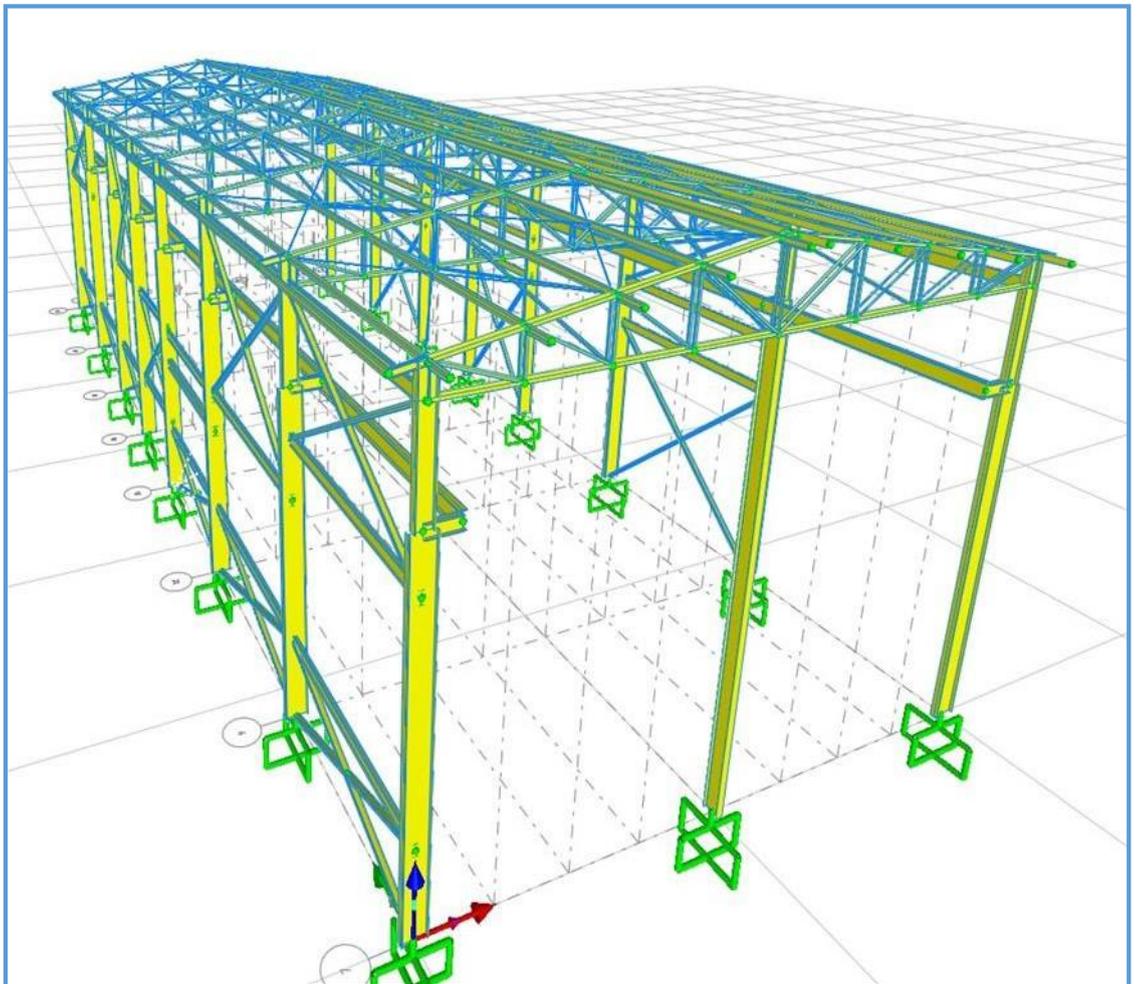


Figura 18. Vista tridimensional del Modelo Estructural (SAP 2000 v14.1)

3.2.1. DEFORMACIÓN VERTICAL EJE Z

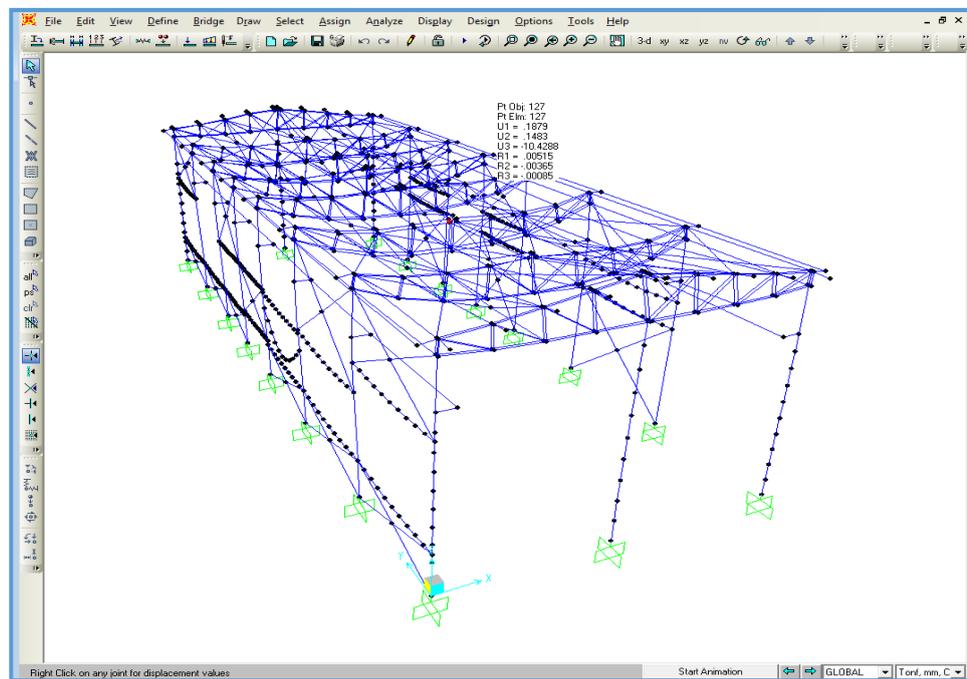


Figura 19: Deformación Vertical en Servicio, $d_z = 10.43 < 15600/480 = 32.5\text{mm OK}$.
Fuente SAP2000

3.2.2. DEFORMACIÓN LATERAL EJE X y Y.

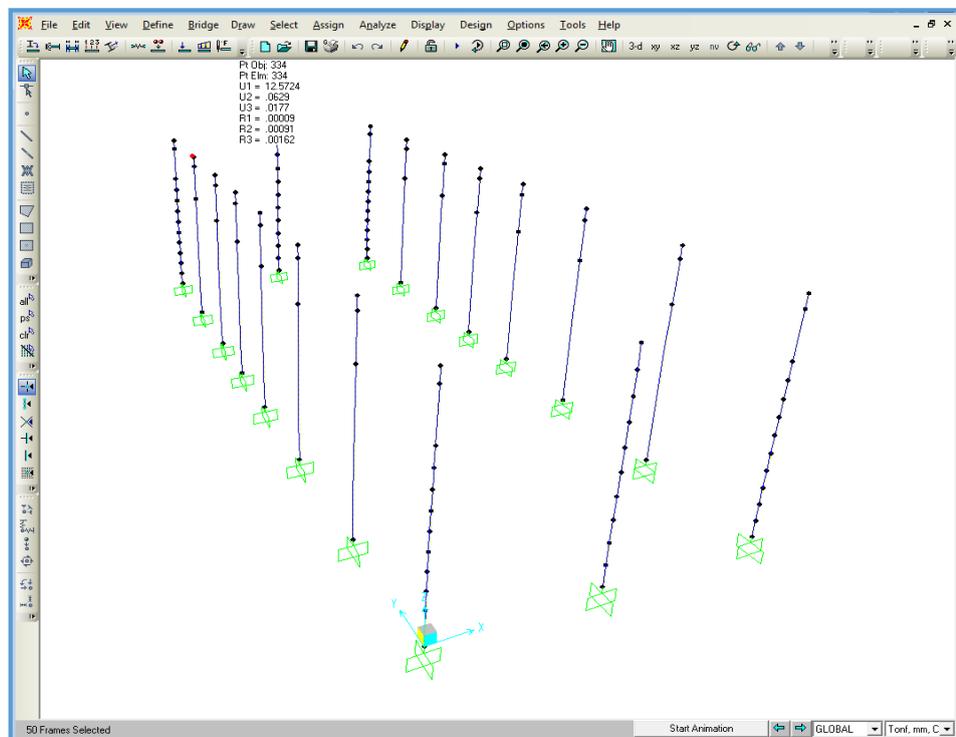


Figura 20. Distorsión Lateral Sismo en X, $d_x/H = 12.57 \times 0.75 \times 8 / 11400 = 0.0068 < 0.01 \text{ OK}$, fuente SAP2000

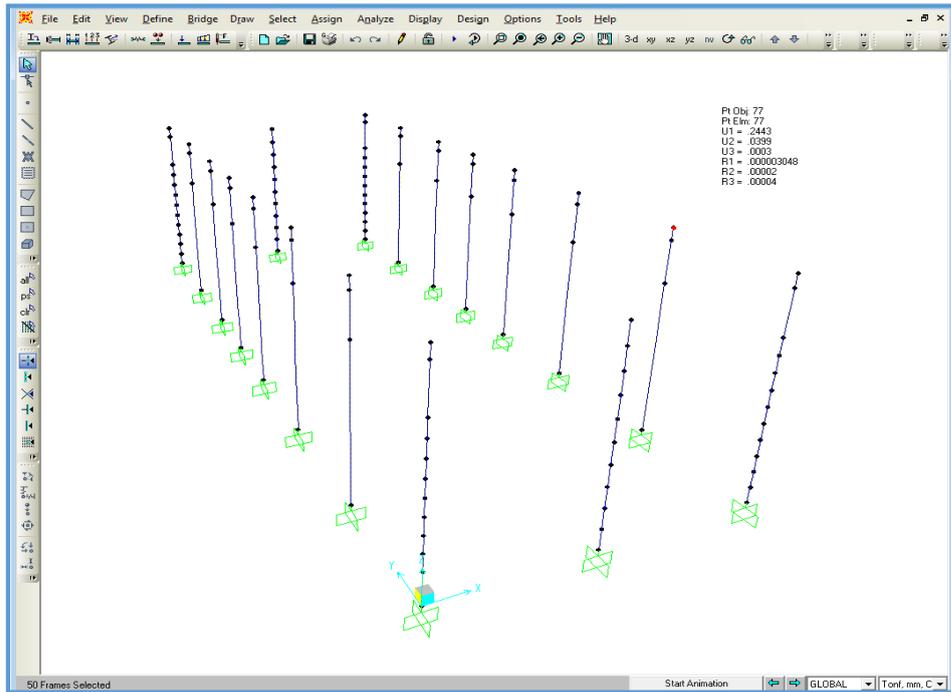


Figura 21. Distorsión Lateral Sismo en Y, $dx/H=0.04 \times 0.75 \times 8/11400=2.11 \times 10^{-5} < 0.01$ OK, fuente SAP2000.

3.2.3. DIAGRAMAS DE FUERZAS AXIALES, CORTANTES Y MOMENTOS FLECTORES EN LOS PERFILES.

- Columna W 24x62

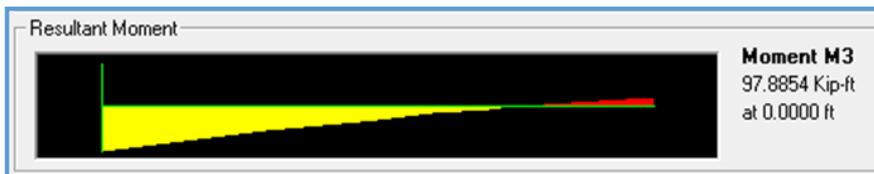


Figura 22. Diagrama de Momentos M máx.=97.89kip.ft (eje mayor), fuente SAP 2000.

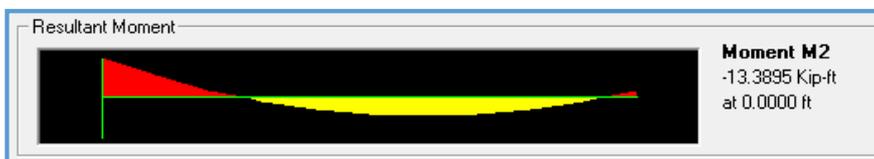


Figura 23. Diagrama de Momentos M máx.=13.39kip.ft (eje menor), fuente SAP 2000



Figura 24. Diagrama de Fuerzas Cortantes V máx.=5.51kip, fuente SAP 2000.



Figura 25. Diagrama de Fuerzas Axiales $F_{\text{máx.}}=10.58\text{kip}$, fuente SAP 2000

- Columna W 16x57

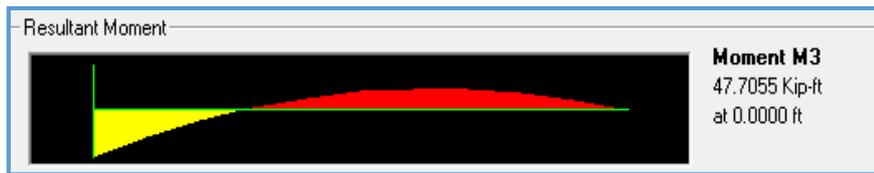


Figura 26. Diagrama de Momentos $M_{\text{máx.}}=47.71\text{kip.ft}$ (eje mayor), fuente SAP 2000

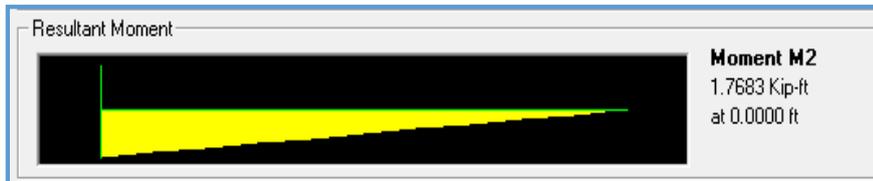


Figura 27. Diagrama de Momentos $M_{\text{máx.}}=1.77\text{kip.ft}$ (eje menor), fuente SAP 2000

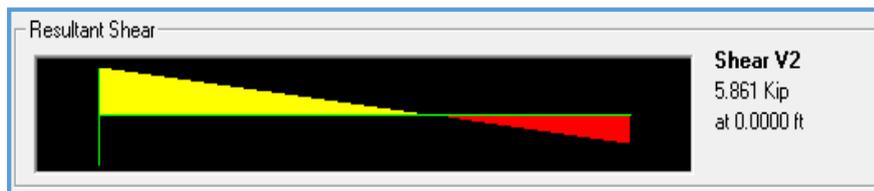


Figura 28. Diagrama de Fuerzas Cortantes $V_{\text{máx.}}=5.86\text{kip}$, fuente SAP 2000

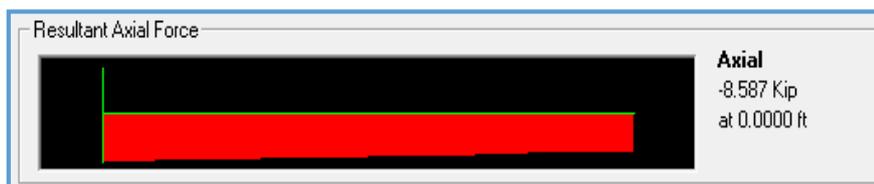


Figura 29. Diagrama de Fuerzas Axiales $F_{\text{máx.}}=8.59\text{kip}$, fuente SAP 2000

- Viga Carrilera W 16x50



Figura 30. Diagrama de Momentos $M_{\text{máx.}}=122.65\text{kip.ft}$, fuente SAP 2000.

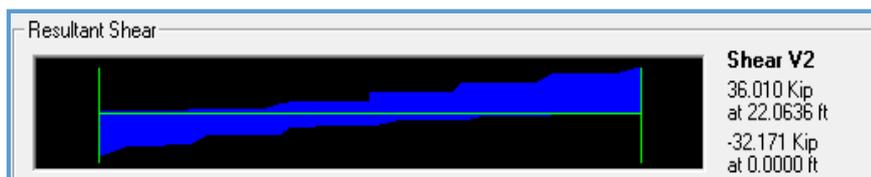


Figura 31. Diagrama de Fuerzas Cortantes V máx.=36.00kip, fuente SAP 2000

- Viga Lateral W 12x16

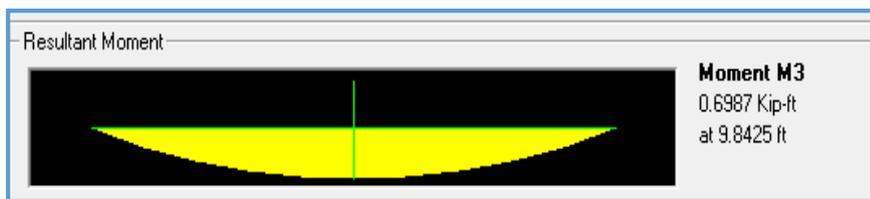


Figura 32. Diagrama de Momentos M máx.=0.70kip.ft, fuente SAP 2000

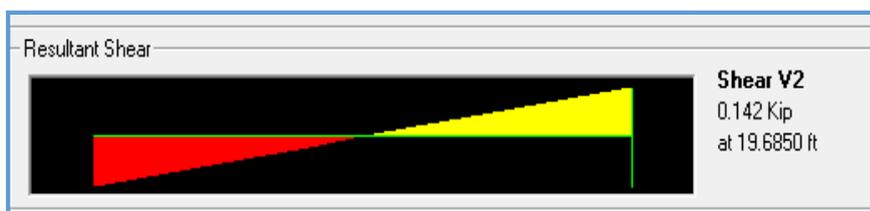


Figura 33. Diagrama de Fuerzas Cortantes V máx.=0.14kip, fuente SAP 2000

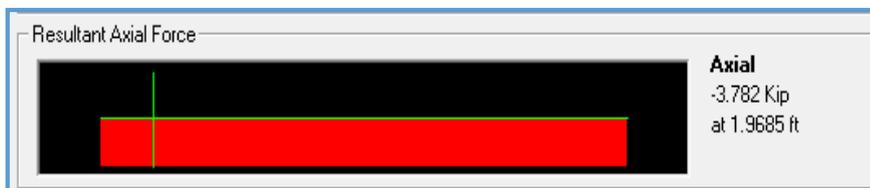


Figura 34. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=3.78kip, fuente SAP 2000

- Viga Soporte de Tubería W 12x26

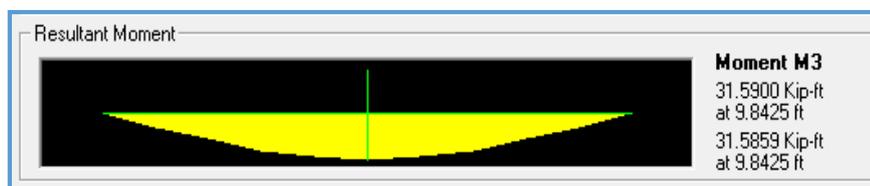


Figura 35. Diagrama de Momentos M máx.=7.50kip.ft (eje menor), fuente SAP 2000

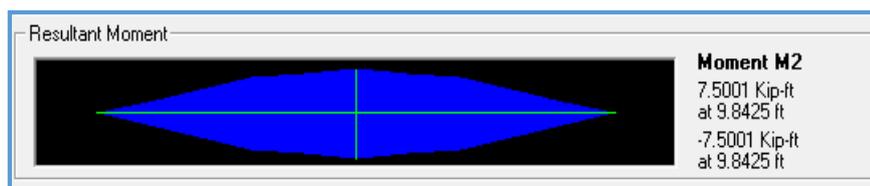


Figura 36. Diagrama de Momentos M máx.=7.50kip.ft (eje menor), fuente SAP 2000



Figura 37. Diagrama de Fuerzas Cortantes V máx.=4.47kip, fuente SAP 2000

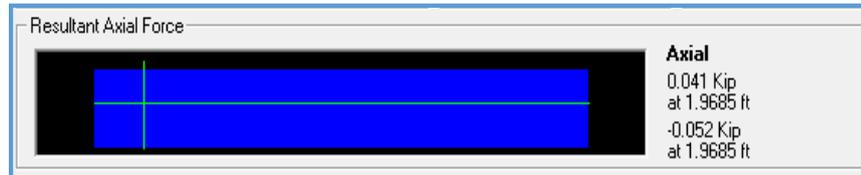


Figura 38. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=0.05kip, fuente SAP 2000

- Arriostre W 6x12

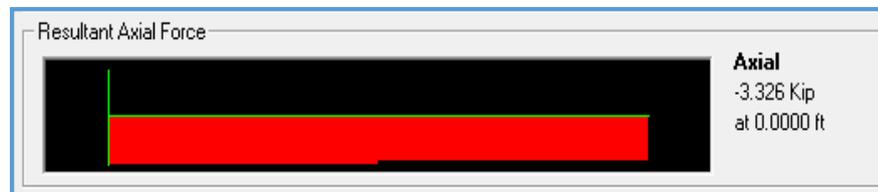


Figura 39. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=3.33kip, fuente SAP 2000

- Arriostre 2L2x2x3/16

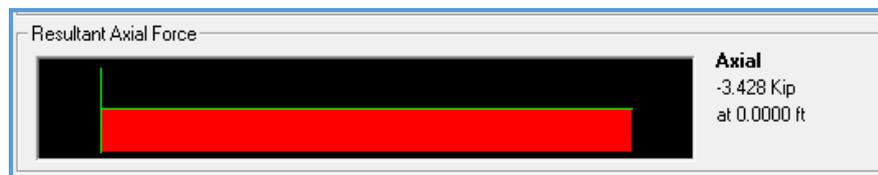


Figura 40. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=3.43kip, fuente SAP 2000

- Brida Superior L3x3x1/4

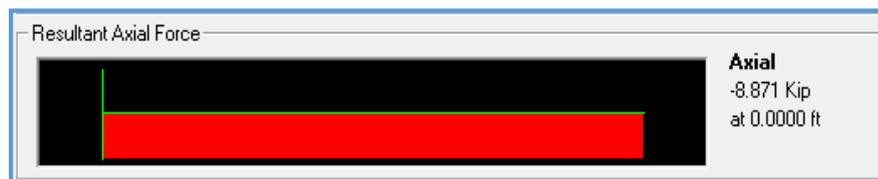


Figura 41. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=8.87kip, fuente SAP 2000

- Diagonal L2x2x3/16

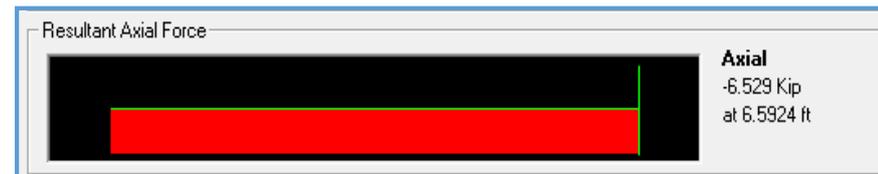


Figura 42. Diagrama de Fuerzas Axiales F máx.=6.53kip, fuente SAP 2000

- Montante L2x2x3/16



Figura 43. Diagrama de Fuerzas Axiales $F_{\text{máx.}}=3.74\text{kip}$, fuente SAP 2000

3.3. Revisión y Verificación de resultados

Verificación de estados limites a flexión Perfil W16x57

Datos:

$$b = 7.12 \text{ in} \qquad b/t_f < 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad h/t_w < 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$t_f = 0.72 \text{ in}$$

$$E = 29000 \text{ ksi} \qquad 7.12 / 0.72 < 0.38 \sqrt{\frac{29000}{50}} \longrightarrow 4.94 < 9.15 \text{ OK.}$$

$$F_y = 50 \text{ ksi}$$

$$h = 14.96 \text{ in} \qquad 14.96 / 0.43 < 3.76 \sqrt{\frac{29000}{50}} \longrightarrow 34.79 < 90.55 \text{ OK}$$

$$t_w = 0.43 \text{ in}$$

Fluencia en el eje mayor perfil W16x57

Datos:

$$Z_x = 105.00 \text{ in}$$

$$F_y = 50 \text{ ksi}$$

$$M_{px} = F_y Z_x \qquad M_{px} = 50 \times 105 \longrightarrow 437.50 \text{ kip-ft.}$$

Pandeo Lateral Torsional Perfil W16x57

Datos:

$$R_y = 1,602 \text{ m} \qquad b_f = 7.12 \text{ in}$$

$$E = 29000 \text{ ksi} \qquad h = 14.96 \text{ in}$$

$$F_y = 50 \text{ ksi} \qquad t_w = 0.43 \text{ in}$$

$$T_f = 0.72 \text{ in}$$

$$L_p = 1,76 \cdot R_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad L_p = 1,76 \times 2,602 \times \sqrt{\frac{29000}{50}} \longrightarrow L_p = 67.90 \text{ in}$$

$$R_{ts} = b_t / \sqrt{12 \times \left(1 + \left(\frac{h \cdot t_w}{6 \cdot b_f \cdot x_{t_f}}\right)\right)} \longrightarrow R_{ts} = 1.87 \text{ in.}$$

Fluencia en el Eje Menor Perfil W16x57

Datos:

$$Z_y = 18,90 \text{ in}^3 \qquad \phi M_{ny} = 70,75 \text{ kip-ft}$$

$$S_y = 12,10 \text{ in}^3 \qquad M_u = 1,77 \text{ kip-ft}$$

$$M_{py} = F_y Z_y \qquad M_{py} = 50 \times 18,90$$

$$M_{py} = 78.75 \text{ kip-ft}$$

$$D/C \text{ ratio} = \phi M_{ny} / M_u \longrightarrow 0.02 < 1 \text{ OK.}$$

Verificación Por Corte Perfil W16x57

Datos:

$$A_w = 6,43 \text{ in}^2 \qquad h = 14,96 \text{ in}$$

$$C_v = 1 \qquad f_y = 50 \text{ ksi}$$

$$T_w = 0.43 \text{ in} \qquad K_v = 5$$

$$V_n = 0,6 \times f_{yx} \times A_{wx} \times C_v \longrightarrow V_n = 0,6 \times 50 \times 6,43 \times 1 \longrightarrow V_n = 192,98 \text{ kip.}$$

$$h/tw < 1,1 \times \sqrt{\left(kvx \frac{E}{F_y}\right)} \longrightarrow h/tw < 1,1 \times \sqrt{\left(kvx \frac{E}{F_y}\right)}$$

$$14,96 / 0,43 < 1,1 \times \sqrt{\left(5x \frac{29000}{50}\right)} \longrightarrow 34,79 < 59,24 \text{ OK.}$$

33.1. EN LA COLUMNA TIPO C1 : PERFIL W 16X57

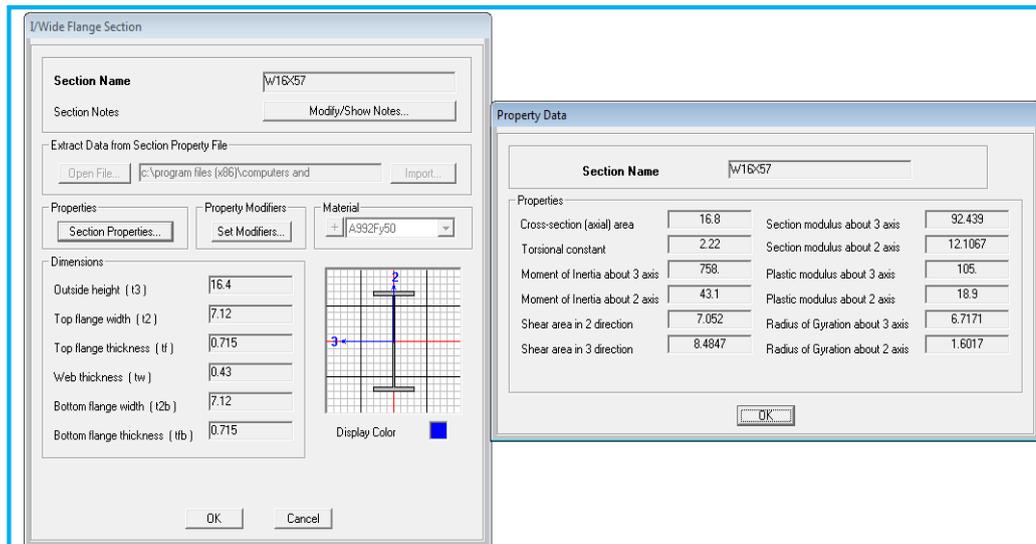


Figura 44. Propiedades geométricas W 16x57, fuente SAP 2000

Tabla 09: Propiedades geométricas y Verificación de estados límites a flexión

Propiedades Geométricas	
E	29000ksi
Fy	50ksi
bf	7.12in
tf	0.72in
h	14.96in
tw	0.43in
Verificación de Estados Límites a Flexión perfil W 16X57	
b/tf	< 9.15 AISC 341-05
h/tw	< 90.55 AISC 341-05
b/tf	4.94 < 9.15 Compacto
h/tw	34.79 < 90.55 Compacto

Tabla 10: Verificación de Pandeo Lateral, Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor

Pandeo Lateral Torsional		
Lb=	11.4 m	448.82in
ry =	1.602 in	radio de giro
Lp =	67.9 in	
J	2.22 in ⁴	Constante torsional
c	1	
Sx	92.439 in ³	Módulo de seccion
h0	15.68in	distancia entre centroide de alas
rts	1.87 in	radio de giro del ala en compresión
Lr =	214.05 in	
Cb =	2.25	
Mnx=	241.65	kip-ft
fMnx=	217.49	kip-ft
Mu	47.71	kip-ft
D/C ratio =	0.22	< 1 OK
Fluencia en el eje menor		
Zy =	18.9	in ³
Sy =	12.1	in ³
Mpy=FyZy	78.75	kip-ft
Mny=	78.75	kip-ft
fMny=	70.88	kip-ft
Mu	1.77	kip-ft
D/C ratio =	0.02	< 1 OK
Fluencia en el eje mayor		
Zx =	105	in ³
Mpx=FyZx	437.5	kip-ft

Tabla 11: Verificación por Flexo-compresión y verificación por corte

Verificación por Flexo-Compresión		
Ag	16.8 in ²	
k	1	
L	448.82 in	
r	1.602 in	
Kl/r	280.16	> 113.43 AISC Art E3-3
Fe =	3.65	ksi
Fy/Fe=	13.71	
Fcr =	3.2	ksi
Mcx =	217.49	kip-ft
Mcy =	70.88	kip-ft
Mrx =	47.71	kip-ft
Mrz =	1.77	kip-ft
Pc =	48.35	kip
Pr =	8.59	kip
Pr/Pc =	0.18	< 0.2
D/C ratio =	0.333	< 1 OK
Verificación por Corte		
$V_n = 0.6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$		
Aw =	6.43 in ²	
h/tw =	34.79	< 260 NO necesita rigidizadores
kv =	5	
$1.1 \cdot \text{raiz}(k_v \cdot E / F_y) =$	59.24	
h/tw =	34.79	< 59.24
Cv =	1	
Vn =	192.98	kip
fVn =	173.69	kip
Vu =	5.86	kip
D/C ratio =	0.03	< 1 OK

Como se muestra en las tablas, tenemos los valores del resultado obtenido para el perfil W 16x57 en el sistema SAP2000, que mediante la verificación nos muestra, que se encuentra dentro de la tolerancia de la normativa establecida por la AISC.

332. EN LA COLUMNA TIPO C2 : PERFIL W 24X62

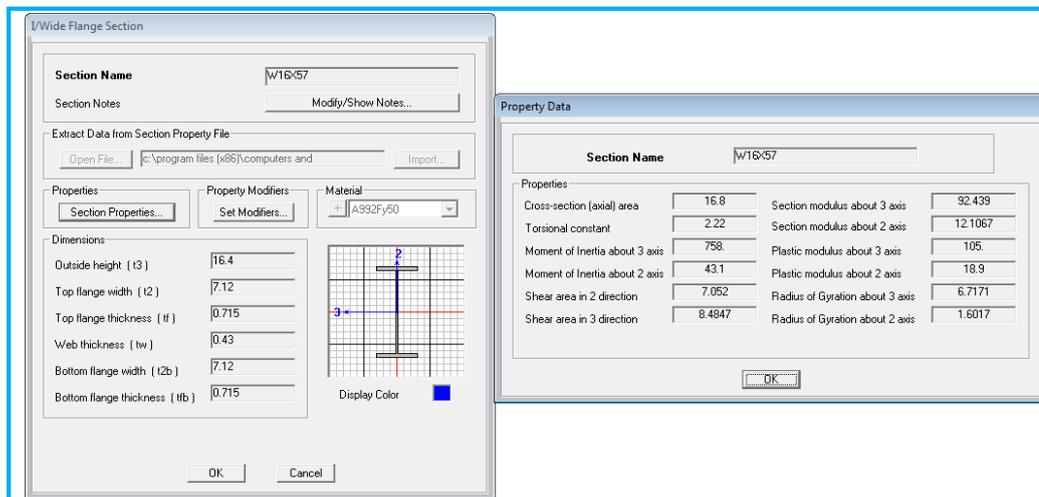


Figura 45. Propiedades geométricas W 24x62, fuente SAP 2000

Tabla 12: Propiedades geométricas y Verificación de estados limites a flexion

Propiedades Geométricas		
E	29000	ksi
Fy	50	ksi
bf	7.04	in
tf	0.59	in
h	22.52	in
Verificación de Estados Limites a Flexión perfil W 24X62		
b/tf <	9.15	AISC 341-05
h/tw <	90.55	AISC 341-05
b/tf	5.97	<9.15 Compacto
h/tw	52.37	<90.55 Compacto

Tabla 13: Verificación de Pandeo Lateral, Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor

Pandeo Lateral Torsional		
Lb=	9 m	354.33 in
ry =	1.377 in	radio de giro
Lp =	58.37 in	
J	1.71 in ⁴	Constante torsional
c	1	
Sx	130.8 in ³	Módulo de seccion
h0	23.11 in	distancia entre centroide
rts	1.72 in	radio de giro en compresión
Lr =	170.74 in	
Cb =	2.29	
Mnx=	286.36 kip-ft	
fMnx=	257.73 kip-ft	
Mu	97.89 kip-ft	
D/C ratio =	0.38	< 1 OK
Fluencia en el eje menor		
Zy =	15.7 in ³	
Sy =	9.8 in ³	
Mpy=FyZy	65.33 kip-ft	
Mny=	65.33 kip-ft	
fMny=	58.8 kip-ft	
Mu	13.39 kip-ft	
D/C ratio =	0.23	< 1 OK
Fluencia en el eje mayor		
Zx =	153 in ³	
Mpx=FyZx	637.5 kip-ft	

Tabla 14: Verificación por Flexo-compresión y verificación por corte

Verificación por Flexo-Compresión		
Ag	18.2 in ²	
k	1	
L	354.33 in	
r	1.377 in	
Kl/r	257.32	> 113.43 AISC Art E3-3
Fe =	4.32 ksi	
Fy/Fe=	11.57	
Fcr =	3.79 ksi	
Mcx =	257.73 kip-ft	
Mcy =	58.8 kip-ft	
Mrx =	97.89 kip-ft	
Mry =	13.39 kip-ft	
Pc =	62.1 kip	
Pr =	10.58 kip	
Pr/Pc =	0.17	< 0.2
D/C ratio =	0.693	< 1 OK
Verificación por Corte		
Vn = 0.6*Fy*Aw*Cv		
Aw =	9.68 in ²	
h/tw =	52.37	<260 NO necesita rigidizadores
kv =	5	
1.1*raiz(kv*E/Fy)=	59.24	
h/tw =	52.37	< 59.24
Cv =	1	
Vn =	290.51	kip
fVn =	261.46	kip
Vu =	5.51	kip
D/C ratio =	0.02	< 1 OK

Como se muestra en las tablas, tenemos los valores de la verificación de los resultados obtenidos para el perfil W 24X62, en el SAP2000, el cual da como resultado que nos encontramos a menos de la mitad de lo que se puede permitir por la norma AISC.

333. EN LA VIGA CARRILERA: PERFIL W16x50

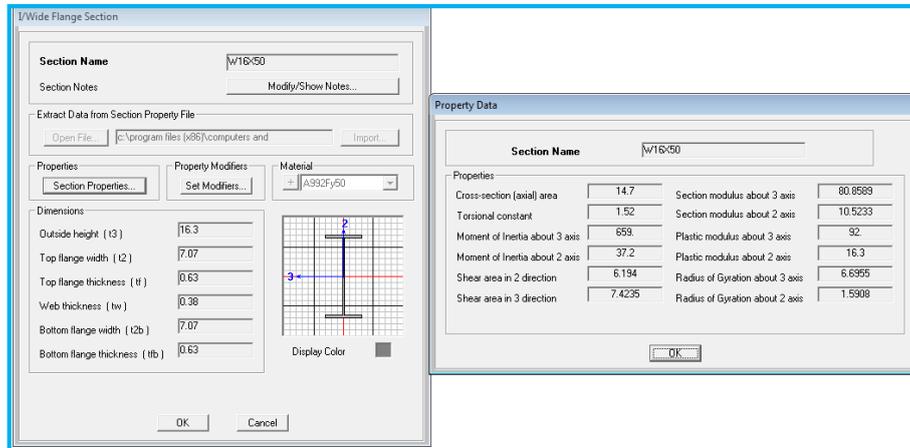


Figura 46: Propiedades geométricas W 16x50, fuente SAP 2000

Tabla 15: Verificación de Pandeo Lateral, Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor

Pandeo Lateral Torsional		
Lb=	6.725 m	264.76in
ry =	1.59in	radio de giro
Lp =	67.39in	
J	1.52 in4	Constante torsional
c	1	
Sx	80.86 in3	Módulo de seccion
h0	15.67 in	distancia entre centroide de alas
rts	1.85 in	radiode giro del ala en compresión
Lr =	202.09	in
Cb =	1.28	
Mnx=	206.2	kip-ft
fMnx=	185.58	kip-ft
Mu	122.65	kip-ft
D/C ratio=	0.66	< 1 OK
Fluencia en el eje menor		
Zy =	16.3	in3
Sy =	10.52	in3
Mpy=FyZy	67.92	kip-ft
Mny=	67.92	kip-ft
fMny=	61.13	kip-ft
Mu	12	kip-ft
D/C ratio=	0.2	< 1 OK
Fluencia en el eje mayor		
Zx =	92	in3
Mpx=FyZx	383.33	kip-ft

Tabla 16: Verificación de Pandeo Lateral, Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor

Verificación por Flexo-Compresión		
Ag	14.7	in2
k	1	
L	264.76	in
r	1.59	in
Kl/r	166.52	> 113.43 AISC Art E3-3
Fe =	10.32	ksi
Fy/Fe=	4.84	
Fcr =	9.05	ksi
Mcx =	185.58	kip-ft
Mcy =	61.13	kip-ft
Mrx =	122.65	kip-ft
Mry =	12	kip-ft
Pc =	119.77	kip
Pr =	3.09	kip
Pr/Pc =	0.03	< 0.2
D/C ratio =	0.87	< 1 OK
Verificación por Corte		
Vn = 0.6*Fy*Aw*Cv		
Aw =	5.72	in2
h/tw =	39.58	< 260 NO necesita rigidizadores
kv =	5	
1.1*raiz(kv*E/Fy)=	59.24	
h/tw =	39.58	< 59.24
Cv =	1	
Vn =	171.46	kip
fVn =	154.31	kip
Vu =	36.00	kip
D/C ratio =	0.23	< 1 OK

Tabla 17: Propiedades geométricas y Verificación de estados limites a flexion

Propiedades Geométricas		
E	29000	ksi
Fy	50	ksi
bf	7.07	in
tf	0.63	in
h	15.04	in
tw	0.38	in
Verificación de Estados Limites a Flexión perfil W 16X50		
b/tf <	9.15	AISC 341-05
h/tw <	90.55	AISC 341-05
b/tf	5.61	<9.15 Compacto
h/tw	39.58	<90.55 Compacto

Como se muestra en las tablas el perfil W 16X50, el cual cumple una funcion importante en la estructura, la verificacion nos da como resultado que el estado limite a flexion se encuentra por debajo de lo requerido por la norma y que el pandeo lateral esta casi ala mitad de lo tolerado.

334. EN LA VIGA: PERFIL W12X16

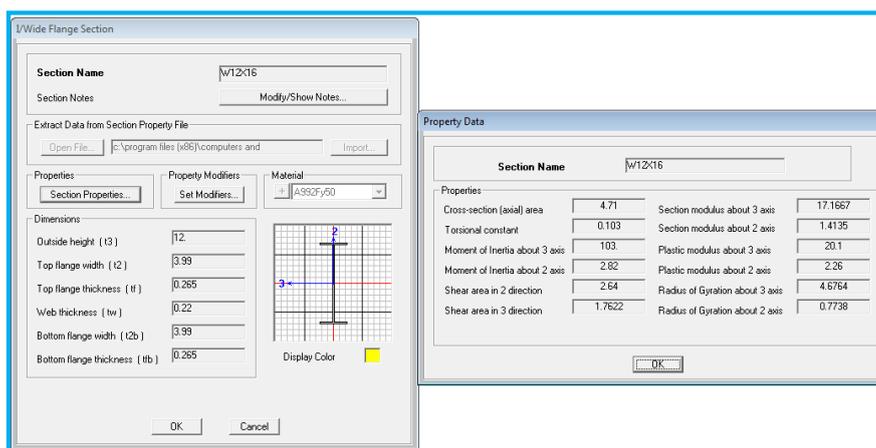


Figura 47: Propiedades geométricas W 12x16, fuente SAP 2000

Tabla 18: Propiedades geométricas y Verificación de estados limites a flexion

Propiedades Geométricas		
E	29000	ksi
Fy	50	ksi
bf	3.99	in
tf	0.27	in
h	11.47	in
tw	0.22	in
Verificación de Estados Limites a Flexión perfil W 12x16		
b/tf <	9.15	AISC 341-05
h/tw <	90.55	AISC 341-05
b/tf	7.53	<9.15 Compacto
h/tw	52.14	<90.55 Compacto

Tabla 19: Verificación de Pandeo Lateral y verificación por corte. verificación por flexo-compresión

Pandeo Lateral Torsional		
Lb=	6 m	236.22 in
ry =	0.77 in	radio de giro
Lp =	32.64 in	
J	0.103 in ⁴	Constante torsional
c	1	
Sx	17.17 in ³	Módulo de seccion
h0	11.74 in	distancia entre centroides de alas
rts	0.97 in	radio de giro del ala en compresión
Lr =	95.63 in	
Cb =	1.14	
Mnx=	14.52 kip-ft	
fMnx=	13.07 kip-ft	
Mu	0.7 kip-ft	
D/C ratio =	0.05	< 1 OK
Verificación por Corte		
Vn = 0.6*Fy*Aw*Cv		
Aw =	2.52 in ²	
h/tw =	52.14	<260 NO necesita rigidizadores
kv =	5	
1.1*raiz(kv*E/Fy)=	59.24	
h/tw =	52.14	< 59.24
Cv =	1	
Vn =	75.7 kip	
fVn =	68.13 kip	
Vu =	0.14 kip	
D/C ratio =	0.002	< 1 OK

Tabla 20: Fluencia de Eje Menor y Eje Mayor y verificación por flexo-compresión

Fluencia en el eje mayor		
Zx =	20.1	in ³
Mpx=FyZx	83.75	kip-ft
Verificación por Flexo-Compresión		
Ag	4.71 in ²	
k	1	
L	236.22 in	
r	0.77 in	
Kl/r	306.78	> 113.43 AISC Art E3-3
Fe =	3.04 ksi	
Fy/Fe=	16.44	
Fcr =	2.67 ksi	
Mcx =	13.07 kip-ft	
Mcy =	61.13 kip-ft	
Mrx =	0.7 kip-ft	
Mry =	0.1 kip-ft	
Pc =	11.31 kip	
Pr =	3.78 kip	
Pr/Pc =	0.33	>0.2
D/C ratio =	0.383	< 1 OK

Como se muestra en las tablas el perfil W 12X16, el cual cumple una función de viga lateral en la estructura, la verificación nos da como resultado que el estado limite a flexión se encuentra por debajo de lo requerido por la norma y que el pandeo lateral está casi a la mitad de lo tolerado.

33.5. EN LA VIGA: PERFIL W12X26

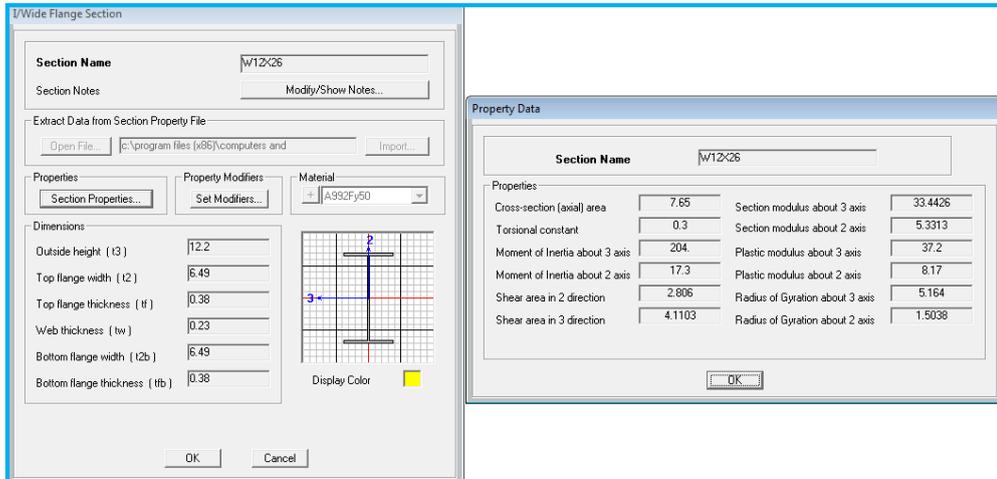


Figura 48: Propiedades geométricas W 12x26, fuente SAP 2000

Tabla 21: Verificación de Pandeo Lateral, fluencia de eje menor y mayor.

Pandeo Lateral Torsional		
Lb=	6 m	236.22 in
ry =	1.5 in	radio de giro
Lp =	63.58 in	
J	0.3 in ⁴	Constante torsional
c	1	
Sx	33.44 in ³	Módulo de seccion
h0	11.82 in	distancia entre centroide de alas
rts	1.73 in	radio de giro del ala en compresión
Lr =	176.13 in	
Cb =	1.18	
Mnx=	72.86 kip-ft	
fMnx=	65.58 kip-ft	
Mu	31.59 kip-ft	
D/C ratio=	0.48	< 1 OK
Fluencia en el eje menor		
Zy =	8.17 in ³	
Sy =	5.33 in ³	
Mpy=FyZy	34.04 kip-ft	
Mny=	34.04 kip-ft	
fMny=	30.64 kip-ft	
Mu	7.5 kip-ft	
D/C ratio=	0.24	< 1 OK
Fluencia en el eje mayor		
Zx =	37.2 in ³	
Mpx=FyZx	155	kip+G17:I47

Tabla 22: Verificación por flexo-compresión y verificación por corte.

Verificación por Flexo-Compresión		
Ag	7.65 in ²	
k	1	
L	236.22 in	
r	1.5 in	
Kl/r	157.48	> 113.43 AISC Art E3-3
Fe =	11.54 ksi	
Fy/Fe=	4.33	
Fcr =	10.12ksi	
Mcx =	65.58 kip-ft	
Mcy =	30.64 kip-ft	
Mrx =	31.59 kip-ft	
Mry =	7.5 kip-ft	
Pc =	69.69 kip	
Pr =	0.05 kip	
Pr/Pc =	0	< 0.2
D/C ratio =	0.727	< 1 OK
Verificación por Corte		
Vn = 0.6*Fy*Aw*Cv		
Aw =	2.63 in ²	
h/tw =	49.74	<260 NO necesita rigidizadores
kv =	5	
1.1*raiz(kv*E/Fy)=	59.24	
h/tw =	49.74	< 59.24
Cv =	1	
Vn =	78.94 kip	
fVn =	71.04 kip	
Vu =	4.47 kip	
D/C ratio =	0.06	< 1 OK

Tabla 23: Propiedades geométricas y Verificación de estados limites a flexión

Propiedades Geométricas		
E	29000	ksi
Fy	50	ksi
bf	6.49	in
tf	0.38	in
h	11.44	in
tw	0.23	in
Verificación de Estados Limites a Flexión perfil W 12x26		
b/tf <	9.15	AISC 341-05
h/tw <	90.55	AISC 341-05
b/tf	8.54	<9.15 Compacto
h/tw	49.74	<90.55 Compacto

Como se muestra en las tablas el perfil W 12X26, el cual cumple la funcion de viga de soporte de tuberia en la estructura, la verificacion nos da como resultado que el estado limite a flexión se encuentra por debajo de lo requerido por la norma y que el pandeo lateral está casi a la mitad de lo tolerado.

33.6. EN EL ARRIOSTRE: PERFIL W6X12

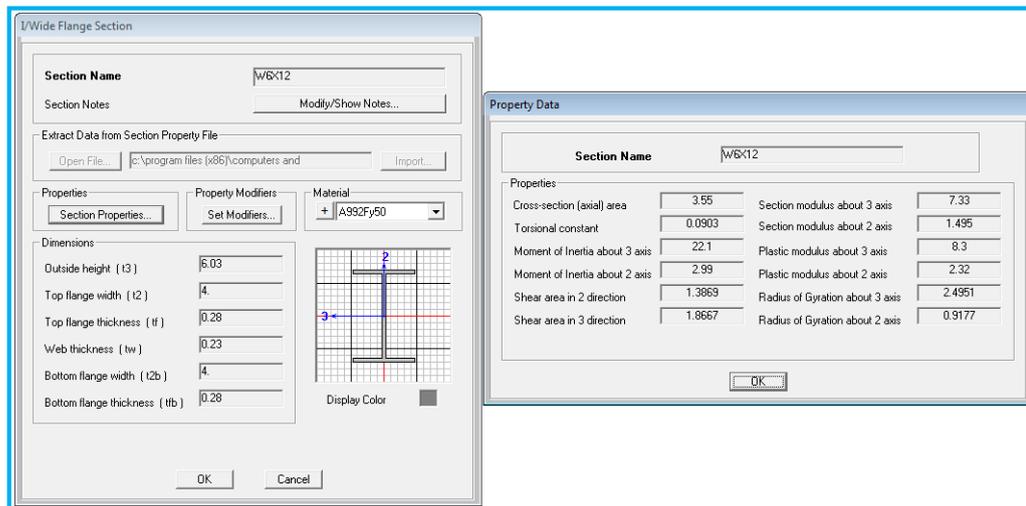


Figura 49: Propiedades geométricas W 6x12, fuente SAP 2000

Tabla 24: Propiedades geométricas y Verificación de estados límites a flexión

Propiedades Geométricas		
E	29000	ksi
Fy	50	ksi
bf	4	in
tf	0.28	in
h	5.47	in
tw	0.23	in
Verificación de compacidad perfil W 6X12		
b/tf <	9.15	AISC 341-05
h/tw <	90.55	AISC 341-05
b/tf	7.14	<9.15 Compacto
h/tw	23.78	<90.55 Compacto

Tabla 25: Verificación debido a la compresión.

Verificación debido a la Compresión	
$P_n = F_{cr} \cdot A_g$	
k =	1
Lx =	365.55 in
rx =	2.495 in
$kL_x/r_x =$	146.51 <200 OK
k	1
Ly =	182.78 in
ry =	0.918 in
$kL_y/r_y =$	199.1 <200 OK
Ag	3.55 in ²
Kl/r	199.1 > 113.43 AISC Art E3-3
Fe =	7.22 ksi
Fy/Fe =	6.93
Fcr =	6.33 ksi
Pn =	22.48 kip
fPn =	20.23 kip
Pu =	3.33 kip
D/C ratio =	0.165 < 1 OK

Tabla 26: Verificación de fluencia, rotura y capacidad debido a la tracción

Fluencia debido a la Tracción	
Fy =	50 ksi
Ag =	3.55 in ²
Pn =	177.5 kip
fPn =	159.75 kip
Rotura debido a la Tracción	
Fu =	65 ksi
x =	0.365 in
U =	0.97
Ae =	3.44 in ²
Pn =	223.73 kip
fPn =	167.8 kip
Capacidad a la Tracción	
fPn =	159.75 kip
Pu =	3.33 kip
D/C ratio =	0.021 < 1 OK

Como se muestra en las tablas el perfil W 6X12, el cual cumple la función de arriostre para amarre de la estructura, la verificación nos da como resultado que el estado limite a flexión se encuentra por debajo de lo requerido por la norma y que el pandeo lateral está casi a la mitad de lo tolerado.

CONCLUSIONES

- Se concluye que si es posible diseñar un Pórtico Estructural de una Nave Industrial con Puente Grúa de 6.3tn de Capacidad, Mediante el Programa Sap2000 para la Ampliación del Área de Estructurado de la Planta 1 de Técnicas Metálicas Ingenieros en Villa El Salvador
- Se concluye que los criterios para el análisis realizado fueron la velocidad de viento, combinación de carga, diseño espectral, tipos de suelo, factor de importancia de la estructura, y coeficiente básico de reducción.
- Se concluye que las verificaciones de los componentes principales de la nave industrial se encuentran dentro de la aceptación de las normas E090 y la AISC, las cuales dan credibilidad al proyecto realizado
- Se concluye que el programa sap2000 es una herramienta muy importante para el diseño de estructuras metálicas, ya que nos permite simular el comportamiento de la estructura con valores reales ingresados en el sistema.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar Pórtico Estructural de una Nave Industrial con Puente Grúa de 6.3tn de Capacidad, para la mejora del proceso de estructurado en la empresa.
- Se recomienda trabajar de acuerdo a las normas generales y específicas para la zona de trabajo.
- Se recomienda que ningún perfil asumido debe ser menor al indicado en el cálculo realizado mediante el programa.
- Se recomienda que para la fabricación de los elementos principales como por ejemplo columnas se les evalué 15% de UT. En juntas de penetración completa, y el 25% de PT para el pase de raíz en juntas de penetración completa.
- Se recomienda que para el montaje en el puente grúa tener una tolerancia de $\pm 3\text{mm}$. Y que los trabajadores que participen en el montaje tienen que ser calificados, como es el caso de los soldadores que deben tener una calificación mínima de 3G. así mismo se realizar ensayos de PT en las juntas principales en el montaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Cruz Rovira, C. A., Figueroa Catalan, P. R., & Hernandez Castillo, C. L. (mayo de 2012). Estructuración, Análisis y Diseño Estructural de Elementos de Techo con Perfiles Metálicos Utilizando el método LRFD. *Estructuración, Análisis y Diseño Estructural de Elementos de Techo con Perfiles Metálicos Utilizando el método LRFD*. San Salvador, El Salvador.
- Mendoza, C. N. (16 de NOVIEMBRE de 2007). Análisis y Diseño Estructural en Acero, de una Nave Industrial con las Especificaciones A.I.S.C. Método L.R.F.D. 1993. *Análisis y Diseño Estructural en Acero, de una Nave Industrial con las Especificaciones A.I.S.C. Método L.R.F.D. 1993*. Mexico D.F., Mexico.
- Perez Rodriguez, M. (julio de 2009). Diseño y Cálculo de la Estructura Metálica y de la Cimentación de una Nave Industrial. *Diseño y Cálculo de la Estructura Metálica y de la Cimentación de una Nave Industrial*. Madrid, España.
- Pinto Ascuña, O. E. (mayo de 2010). Diseño de un Muelle Flotante de Acero. *Diseño de un Muelle Flotante de Acero*. Puerto Sangama, Loreto, Peru.
- Tenelema Quitio, O. J. (2013). Diseño y Simulación de un Puente Grúa de Cinco Toneladas. *Diseño y Simulación de un Puente Grúa de Cinco Toneladas*. Guayaquil, Ecuador.
- Norma técnica E20 CARGAS. *Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su previsto.*
- Norma técnica E20 ESTRUCTURAS METÁLICAS. *Esta Norma de Diseño Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas para Edificaciones Acepta El Método De Factores de Carga y Resistencia (LRFD) Norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del*

Reglamento Nacional de Edificaciones, Aprobada por Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA.

Estrucplan (2005). Estucplanonline. Recuperado de:

<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=1087>

ANEXOS

ANEXO 1

Datos de cantidades y pesos de los elementos.

Sección	cantidad	Longitud total mts.	peso en toneladas
W16X50	14	84.1	6.2603
W16X57	34	72.08	6.1321
W24X62	16	144	13.2714
L3X3X1/4	320	587.93506	4.2872
L2X2X3/16	402	375.69176	1.3603
W12X26	17	18.8	0.7283
2L2X2X3/16	84	254.23036	1.8538
C6X3X3mm	108	508.24	3.5756
BARRA LISA 5/8"	32	240.22921	0.3708
L2-1/2X2-1/2X1/4	16	31.36	0.189
W6X12	51	246.92589	4.4389
W6X9	16	11.36593	0.1542
W12X16	33	195.56	4.6643
		Peso total en tn.	47.2862

ANEXO 2

Precio estimado para el proyecto

Proceso	Dólar por kg.	peso en kg.	Cantidad \$
fabricación	2.5	47286.2	118215.5
montaje	1	47286.2	47286.2
otros	0.2	47286.2	9457.24
		precio total en dólares	174958.94

ANEXO 3

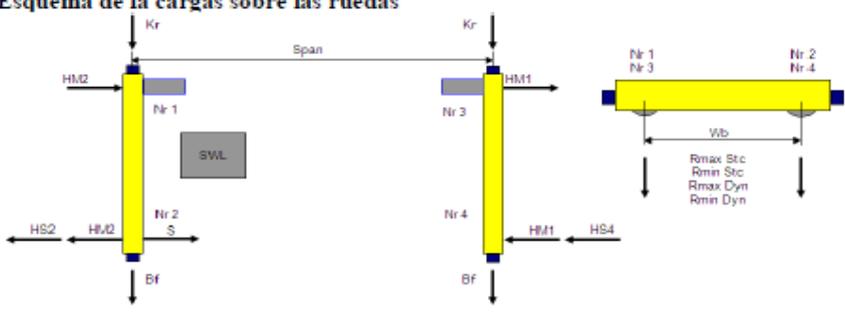
Datos del puente grúa considerados en el diseño del pórtico metálico

Número del cálculo: CXTS 6,3t; 15m; HOL: 9m
 Trabajo Nro.:
 Creator/Version/Mamf..... KPRJPA / 2.58.2 / KocFac
 Printed by: KPRJPA



Página: 1 (1)

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA DE LA GRÚA SOBRE LAS RUEDAS

- 1 **Esquema de la cargas sobre las ruedas**

- 2 **Información sobre la grúa**

Tipo de grúa	CXTS6,3t x 15m Hol:9m	Tipo de amortiguador	D1801
Luz (Spa)	15,00 m	Base de la rueda (Wb)	2 500 mm
Carga (SWL)	6 300 kg	Riel de la grúa	50*30
Grupo de la grúa	FEM A3	Ranura de la rueda	64 mm
Velocidad de la grúa	32/8 m/min		
Peso de la grúa	3 560 kg	Interruptor de limite del recorrido grúa	2-step
- 3 **Información del Polipasto**

Polipasto	Tipo del Polipasto	Grupo del Polipasto	Velocidad del Polipasto
Polipasto 1 Princ	CXT50410063P5	FEM M6	6/1 m/min
Polipasto 1 Aux			
- 4 **Cargas verticales sobre las ruedas**

Rueda	NR1	NR2	NR3	NR4
Rmax Stc	41,1 kN	38,5 kN	-	-
Rmin Stc	-	-	8,9 kN	8,3 kN
Rmax Dyn	46,4 kN	43,6 kN	-	-
Rmin Dyn	-	-	9,6 kN	8,8 kN
- 5 **Cargas horizontales sobre las ruedas (según DIN 4132 + 15018 y FEM)**

5.1 Fuerzas de inercia (de los mecanismos de manejo)	HM1 = 1,3 kN	HM2 = 5,9 kN
5.2 Cargas de las ruedas a lo largo de la carrilera de la grúa	Kr = 2,7 kN	
5.3 Fuerza del amortiguador para medir la parada del extremo de la carretilla de la grúa	Bf = 24 kN	
5.4 Fuerzas generadas por bifurcación		
5.4.1 Fuerza guía o de contacto (S= HS2 + HS4)	S = 13,3 kN	
5.4.2 Fuerzas de fricción debidas a recorrido oblicuo	HS2 = 11,0 kN	HS4 = 2,4 kN

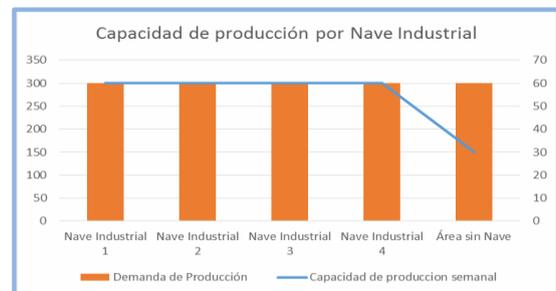
ANEXO 4

ÁREA SIN NAVE INDUSTRIAL



PRODUCCION EN PLANTA 1

Áreas	Capacidad de producción	Demanda de Producción
Nave Industrial 1	60	300
Nave Industrial 2	60	
Nave Industrial 3	60	
Nave Industrial 4	60	
Área sin Nave	30	
TOTAL	270	300



ANEXO 5: PLAN DE INSPECCIÓN DEL PROCESO DE ESTRUCTURADO

	Proceso	Inspeccion, Verificacion y Ensayo		Registros
	actividades	metodo o proceso	criterios de aceptacion	tipo de documento a suministrar
1	Antes de las Actividades	(I) Sera Propuesta por el Fabricante y Aprobado por el Cliente.		
1.1	Plan de Calidad	Plan de Calidad	Aprobada para Fabricacion	Plan de Calidad
1.2	Procedimientos de soldadura (WPSs y PQRs)	CC/INS-01 (instructivo para calificacion de procedimientos de soldadura y soldadores)	seccion 4, AWS D1.1M:2010	CC/PRO-03/REG-01. Registro de especificacion de procedimientos de soldadura (WPS)
1.3	Procedimientos de ensayos no destructivos según AWS D1.1 2010.	Pocedimientos de ensayos por ultrasonido. Procedimiento de ensayos por radiografia industrial. Procedimientos de ensayos por particulas magnetias. Procedimientos de ensayos por liquidos penetrantes.	AWS D1.1/ D1.1M:2010, Seccion 6, structural welding code steel.	Registros de ensayos NO destructivos de UT, RT, MT y PT.
1.4	Certificacion de personal de ensayos NO destructivos	SNT.TC.1A Recommended practice	certificacion vigente nivel II SNT-TC-1A	certificacion nivel II UT, RT, MT y PT.
1.5	Recepcion de materisales	CC/PRO-01 Procedimiento de recepcion de materiales	certificacion de calidad, ASTM A36, ASTM A992 Gr50.	Registro de recepcion de materiales, certificacion de calidad.

	Proceso	Inspeccion, Verificacion y Ensayo		Registros
	actividades	metodo o proceso	criterios de aceptacion	tipo de documento a suministrar
2	Antes de las Actividades	(II) Sera Propuesta por el Fabricante y Aprobado por el Cliente.		
2.1	Recepcion de materiales y verificacion dimensional	CC/PRO-02 (Inspeccion para el habilitado de elementos)	Según procedimiento CC/PRO-02 ISO 13920 AISC 303-05	CC/PRO-01 Registro: inspeccion de habilitadode elementos
2.2	preparacion de juntas	CC/PRO-06 (Inspeccion para el estructurado de elementos)	de acuerdo al procedimiento CC/PRO-06 AWS D1.1/D1.1 M:2010, seccion 5, structural welding code steel-planos de detalle.	CC/PRO-06/REG-01. Registro de inspeccion dimensional, visual y soldadura del estructurado.
2.3	soldadura de acuerdo al WPS aprobado bajo AWS D1.1	CC/PRO-01 (Instructivo de procedimientos de soldadura y calificacion de soldadura)	AWS D1.1/ D1.1M:2010, Seccion 4.	CC/PRO-03/REG-01
2.4	inspeccion visual de aoldadura 100%	CC/INS-02 inspeccion visual de soldadura	AWS D1.1/D1.1M:2010, seccion 6(6.9), structural welding code steel	CC/PRO-06/REG-01. Registro de inspeccion dimensional, visual y soldadura del estructurado. CC/INS-02 Inspeccion visual de soldadura.
2.5	ensayos de tintes penetrantes: 5% de ensayos por liquidos penetrantes en el pase de raiz de juntas de penetracion completa en elementos principales.	procedimientos de ensayos por tintes penetrantes según AWS D1.1/D1.1M2010.	AWS D1.1/D1.1M:2010, seccion 6 parte C.	reportes de ensayos de liquidos enetrantes.
2.6	verificacion por ultrasonido /100% de ensayos por ultrasonido a empalmes de perfiles con junta de penetracion completa de los elementos principales	procedimientos de ensayos por ultrasonido según AWS D1.1/D1.1M2010.	AWS D1.1/D1.1M:2010, seccion 6 parte C, (6.12)	reportes de ensayos de ultrasonido.
2.7	control dimensional de estructuras.	CC/PRO-06 procedimiento de inspeccion para estructurado de elementos.	AWS D1.1/D1.1M:2010, seccion 5, structural welding code steel y AISC 303-05, Section 6.4.	registro de inspeccion dimensional, visual y soldadura del estructurado.