UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO

FACULTAD DE INGENIERIAS

CARRERA DE INGENIERIA MECANICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO MECANICO

DISEÑO Y SIMULACION DE UN PUENTE GRUA DE 15 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA LOS TALLERES DE ARCOLANDS DIVISION ORIENTE.

AUTOR:

DIEGO FERNANDO VASCO VERA.

DIRECTOR:

ING. PABLO ALMEIDA.

QUITO 2011

DECLARACION

Yo Diego Fernando Vasco Vera, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Diego Fernando Vasco Vera

171438117-3

CERTIFICACION

Que la presente tesis titulada:

“DISEÑO Y SIMULACION DE UN PUENTE GRUA DE 15 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA LOS TALLERES DE ARCOLANDS DIVISION ORIENTE .” presentada por Diego Fernando Vasco Vera, ha sido revisada y analizada bajo mi asesoramiento permanente, por tanto la considero apta para ser presentada y certificada por el tribunal designado.

_____

Ing. Pablo Almeida

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Politécnica Salesiana, a mi Director de Proyecto y a todos mis profesores, quienes fueron los pilares fundamentales para el desarrollo de mi formación y conocimiento.

A mis padres por la educación, amor y enseñanzas que me brindan día a día desde el momento que nací.

A mi esposa, por su amor y anhelo para que alcance mis sueños.

DIEGO

INDICE GENERAL

CONTENIDO

PAGINA

Portada …… I

Declaración de Autoría... ……...…...II

Certificación del Asesor..……..…….III

Agradecimiento..……IV

Índice General.……V

Índice de Figuras. ……. XI

Índice Tablas…… ..….XV

Resumen Ejecutivo……..…….. XVI

CAPITULO I

1. El problema..... 1

1.1. Planteamiento del problema……...…..…….1

1.2. Formulación del problema…….....…..…2

1.2.1 Delimitación del problema……...…… 2

1.3. Objetivos…….....3

1.3.1. Objetivo General……..……..…….. 3

1.3.2. Objetivos Específicos…….……...…. 3

1.4. Justificación……..…...3

1.5. Alcance……4

CAPITULO II

2. Marco teórico……..……..… 5

2.1. Definiciones Generales……...…5

2.2. Tipos de Puente Grúa……..…….6

2.2.1. Tipos de Grúa……... 6

2.2.2. Grúas Fijas ……..… 7

2.2.3. Grúas de Riel o techo ……..……....7

2.2.4. Grúas Móviles …….…… 8

2.3. Parámetros para seleccionar un Puente Grúa…….…….…….. 9

2.4 Diseño……..……...…... 10

2.4.1 Análisis Estructural……..10

2.5. Idealización de la estructura …….…..….……..10

2.5.1. Modelización de los elementos …….……..…10

2.6. Análisis Global……..……..……12

2.6.1. Métodos de análisis…….…….……12

2.6.2. Análisis Global elástico……..… 14

2.7. Clasificación de las secciones…….....14

2.7.1. Transversales…….....14

2.7.2. Clasificación de las secciones transversales metálicas ……...16

2.7.3. Ancho eficaz …… 17

2.8. Dimensionamiento……..20

2.8.1. Diseño para las cargas repetidas……..20

2.8.2. Clasificación de estructuras……...… 22

2.8.3. Clasificación del servicio de la Grúa …….…..……..….23

2.9. Número de ciclos a carga plena …… 26

2.10. Diseño y lista de comprobación de las medidas de construcción……..….…..29

2.10.1. Polipasto…….……52

2.11. Esfuerzo.....54

2.12. Uniones soldadas.....55

2.13. Tensiones y deformaciones.....56

2.14. Vigas..... 57

2.14.1. Relación existente entre la fuerza cortante y el momento flector.....57

2.15. Teoría de la flexión..... 59

2.16. Modulo o momento resistente de la sección.....59

CAPITULO III

3.1. Cálculos…….....…..…….....…….60

3.1.1. Viga Puente…….…….....…..……..……...61

3.1.2.Área de la viga……..……...……..……..62

3.1.3. Peso de la viga……...……...……..…….....62

3.1.4. Inercia respecto al eje X……...…….……..……....62

3.1.5. Verificación de la viga……..…..……..……...63

3.1.6. Radio de giro……..…….…….…...64

3.1.7. Valor de la Esbeltez……....……..…….....64

3.1.8. Esfuerzo permisible a flexión……..……..……..65

3.1.9. Cálculo del momento actuante…….…….…..…..66

3.1.10. Factor de seguridad…….….…….....69

3.1.11. Esfuerzo cortante..... ……...…….....70

3.1.12. Deflexión viga puente ……....70

.

3.2.1. Diseño de testeros…….....72

3.2.2. Cálculo de momentos de diseño……..…….73

3.2.3. Selección del perfil……..……...…...75

3.2.4. Área de la viga testera……...……..76

3.2.5. Peso de la viga……..76

3.2.6. Inercia respecto al eje X…….…….……77

3.2.7. Inercia respecto al eje Y…….....78

3.2.8. Verificación de la sección…….....78

3.2.9. Cálculo del esfuerzo flexionante…….….…....78

3.2.10. Factor de Seguridad…….....79

3.2.11. Esfuerzo cortante ……..79

3.2.12. Deflexión viga testera……..…….…....80

3.3.1. Diseño de la viga carrilera ……..…....…..81

3.3.2. Cálculo de fuerzas sobre la viga ……..….....81

3.3.3. Peso de la viga……..……..……82

3.3.4. Momento de la viga carrilera…….…..……...84

3.3.5. Selección del perfil……..…..…….……86

3.3.6. Área de la viga ……..…….…….....87

3.3.7. Inercia respecto al eje X……...……...…87

3.3.8. Inercia respecto al eje Y……..88

3.3.9. Verificación de la sección……..…….....88

3.3.10. Radio de giro…….…..….…....89

3.3.11. Valor de la esbeltez……..……..89

3.3.12. Esfuerzo permisible a flexión …….….……...90

3.3.13. Factor de seguridad…….....91

3.4. Diseño de Columna…….…..…..91

3.4.1. Esbeltez……92

3.4.2. Factor de Seguridad…….92

3.5. Diseño de Placa Base……..92

3.6. Diseño de Pernos…….94

3.6.1. Pernos de Anclaje…….94

3.6.2. Perno base superior……..96

3.7. Cálculo de soldadura…….…..…98

CAPITULO IV

4. Costos.....101
4.1. Análisis de Costos……101

CAPITULO V

5. Simulación Puente Grúa…….105
5.1. Introducción a SAP 2000……105
5.2. Resultados de la simulación en SAP 2000……..107

CAPITULO VI

6. Conclusiones y Recomendaciones…….109

Bibliografía…….111

Anexos……...112

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

MARCO TEORICO

FIGURA 2.1. Grúas Fijas……. 7

FIGURA 2.2. Grúas de riel……..…. 8

FIGURA 2.3. Grúa Móvil…….…….…8

FIGURA.2.4a Leyes M-χ de secciones metálicas de Clases 1 a 4.....15

FIGURA 2.4b figura 2.4.b. diagrama elastoplástico hasta rotura de un dintel metálico continuo en función de la clase de las secciones metálicas.....16

FIGURA2.5 Anchura eficaz.....19

FIGURA2.6 Un ejemplo común de un soporte estructural de viga.....34

FIGURA2.7 Arriestramiento típico horizontal con vigas.....35

FIGURA2.8 Carga típica.....36

FIGURA2.9 Analogía flexión.....37

FIGURA2.10 Daños típicos cerca de las columnas debido a la fatiga y el paradero desconocido para las fuerzas.....38

FIGURA2.11 Ejemplo de los daños en paradero desconocido y las fuerzas de la fatiga en viga de apoya.....39

FIGURA2.12 Ejemplo de los daños en paradero desconocido y las fuerzas de la fatiga en viga de apoya.....40

FIGURA2.13 Deformación compatible con las fuerzas debidas a deflexión del soporte.....41

FIGURA2.14 Ejemplo de un trabajo liviano …….....42

FIGURA2.15 Información adecuada para clases sb, sa y servicios sc.....43

FIGURA2.16 Detalle para carga ligera donde la fatiga no se considera…….44

FIGURA2.17 Soporte de la viga resistente.....45

FIGURA2.18 Detalles de la figura Nº 2.17.....46

FIGURA2.19 Típico de la grúa de servicio pesado …….....47

FIGURA2.20 Detalles para el cambio de vara en profundidad.....48

FIGURA2.21 Detalles para el apoyo de las grúas encasilladas.....49

FIGURA2.22 Tolerancia de la viga rail del puente grúa.....50

FIGURA2.23 Soldadura típica e inspección para la práctica de alta resistencia-vigas…51

FIGURA 2.24 Polipasto……52

FIGURA2.25 Esfuerzo…….54

FIGURA2.26 Esfuerzo normal y tangencial…….55

FIGURA2.27 Vigas……...57

FIGURA2.28 Fuerza cortante…….…..58

CAPITULO III

DISEÑO

FIGURA3.1. Viga puente.....61

FIGURA3.2 Diagrama de cuerpo libre en la viga puente.....61

FIGURA3.3 Diagrama de corte.....67

FIGURA3.4 Diagrama de momentos de la viga puente.....68

FIGURA3.5 Diagrama de peso concentrado.....68

FIGURA 3.5.1 Diagrama de momento total de la viga puente……..69

FIGURA3.6 Diagrama de cuerpo libre de la viga testera.....72

FIGURA3.7 Diagrama de corte de la viga.....73

FIGURA3.8 Fuerza concentrada carro testero.....74

FIGURA3.9 Fuerza distribuida para el testero.....74

FIGURA3.10 Momento total viga puente.....75

FIGURA3.11 Perfil de testeros.....75

FIGURA3.12 Viga carrilera.....81

FIGURA 3.13. Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera.....81

FIGURA 3.14. Diagrama de corte para viga carrilera..... 83

FIGURA 3.15. Carga distribuida en viga carrilera.....84

FIGURA 3.16. Cargas concentradas en forma uniforme.....85

FIGURA 3.17. Diagrama de momento total.....86

FIGURA 3.18. Perfil seleccionado.....86

FIGURA 3.19. Placa base…….....93

FIGURA 3.20. Perno de Anclaje.....95

FIGURA 3.21. Placa Superior….....96

FIGURA 3.22. Perno Superior….....98

CAPITULO V

SIMULACION DEL PUENTE GRUA

FIGURA 5.1. Simulación en 3d autocad…….……..…….101

FIGURA 5.2. Simulación en 3D SAP 2000……..……102

INDICE DE TABLAS

TABLA. Nº2.1. Esfuerzo cortante, modulo de torsión y alabeo.....12

TABLA Nº 2.2. Formulación elástica.....20

TABLA Nº 2.3 Clasificación de servicio de grúa.....26

TABLA Nº 2.4, 2.5 y 2.6 Clasificación de clases por ciclos.....28

TABLA 2.7. Check List.....33

TABLA Nª 2.8 Modulo de elasticidad.....57

TABLA 3.1. Tabla de resultados.....94

TABLA 4.1. Tabla de resultados.....95

TABLA 4.2. Tabla de materiales.....97

TABLA 4.3. Tabla de presupuesto……98

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de Titulación abarca el diseño y simulaciónón de un sistema de Puente Grúa de 15 Toneladas de capacidad en los talleres de reparación de Arcolands Cia Ltda., cumpliendo el requisito más importante que solicita el departamento de Overhaul, que es realizar el desmontaje, reparación y montaje de los motores Waukesha, así como de un grupo electrógeno Waukesha.

Se explica los diferentes métodos de generación de energía incluyendo al grupo electrógeno.

Se explica los componentes fundamentales con sus respectivos pesos y material del grupo electrógeno Waukesha que intervienen en un Overhaul.

Se indica los diferentes tipos de puente Grúa existentes.

Se analiza los parámetros de selección para el puente grúa.

Se indica los principales puntos para realizar el mantenimiento preventivo tanto mecánico como eléctrico.

Se realiza el diseño del Puente Grúa, tomando en consideración el análisis estructural, dimensionamiento, y un Check List con la finalidad de escoger la mejor opción para el diseño.

Propone un análisis de costos según los cálculos realizados.

Se realiza una simulación de computadora en el programa SAP 2000 del puente grúa.

Expone las conclusiones y recomendaciones obtenidas después de la elaboración de este proyecto, las cuales se fundamentan bajo la experiencia obtenida en campo y en el

análisis conceptual del fabricante. Como parte final se incluye la referencia bibliográfica y los anexos con los principales documentos que sustentan el diseño y la simulación del puente grúa.

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA

DISEÑO Y SIMULACION DE UN PUENTE GRUA DE 15 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA LOS TALLERES DE ARCOLANDS DIVISION ORIENTE.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los talleres de Arcolands Cia. Ltda. División Oriente, se encuentra el área de Overhaul de los grupos electrógenos Waukesha.

En dicha área de trabajo actualmente no existe un sistema para elevar y transportar adecuadamente las partes y piezas que se desmontan y montan en el proceso de la reparación de motores, tal como la marca Waukesha recomienda en sus manuales de Overhaul, ya que se utiliza un tecle manual de 5 toneladas sujeto a una viga de la estructura del taller; Además el seguir trabajando de esta manera en el taller puede causar daño a la persona o al equipo.

Los daños potenciales que se pueden presentar al personal son:

- Trastornos Neurológicos en caso de golpes a nivel de cabeza.
- Daños en la columna vertebral tales como lesión de las vertebras cervicales, hernias discales, lumbalgias, lesiones de nervio ciático, lumbociatalgia.
- Hernias abdominales e inguinales
- Golpes, fracturas.

Los daños potenciales que se pueden presentar al equipo son:

- Daño causado por inadecuado anclaje de las partes y piezas.
- Daño por golpe causado por sobrecarga de la capacidad del tecle.
- Incorrecto montaje por la falta de facilidad de maniobrar los equipos y accesorios.

El utilizar el sistema de tecle causa que el tiempo requerido para desmontar y montar las partes y piezas se incremente considerablemente.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo diseñar y simular técnicamente un puente grúa?

1.2.1. DELIMITACION DEL PROBLEMA

Este proyecto se realizó en el taller de reparación de Arcolands división Oriente Shushufindi, Provincia de Sucumbíos, y se investigó a ciertos profesionales de Ingeniería Mecánica que laboran en dicha empresa con cargos como: Jefe de Taller, Supervisor de Campo, Técnicos Mecánicos.

1.2.2. CAMPO DE ACCION

Reparación - Mantenimiento.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y simular un Puente Grúa de 15 Toneladas de capacidad, para el desmontaje y montaje de partes y piezas de los motores Waukesha al momento de realizar una reparación, Overhaul y Mantenimiento en los talleres de Arcolands Cia. Ltda. División Oriente.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Estudiar los diferentes tipos de grúas que existen en el mercado y selección de alternativas.

Elaborar los cálculos del diseño, los planos General y de despiece y la simulación del sistema.

1.4. JUSTIFICACION

El enfoque del Proyecto es el diseño de un puente grúa de 15 Toneladas, con lo cual los técnicos certificados por Waukesha Engine en Overhaul de grupos electrógenos de la compañía Arcolands Cia Ltda, podrán realizar los desmontajes y montajes de las partes y piezas de los motores de una forma segura, evitando de esta manera que se vea afectada la salud física del personal, así como el tiempo para realizar las múltiples funciones, el cual se disminuirá considerablemente.

Este diseño debe satisfacer las recomendaciones técnicas que la Fábrica de Waukesha Engine requiere para realizar reparaciones, mantenimientos, Overhauls de los grupos electrógenos bajo las normas de Seguridad Industrial vigentes.

El diseño del Puente Grúa se utilizará para levantar motores con un peso máximo de 10 toneladas; Cabe acotar que este diseño es de una capacidad de 15 Tn. Ya que el peso del motor con todos sus componentes de funcionamiento puede llegar a 14 Tn.

La fuente de alimentación del puente grúa será por medio de un motor eléctrico, ya que este no contamina el medio ambiente, y es de fácil instalación y mantenimiento.

También se va a desarrollar de manera que durante el proceso sean tomadas en consideración las opiniones de los Supervisores y Técnicos de campo, ya que son el personal directamente relacionado con el trabajo del taller.

Este proyecto que se plantea es factible, útil, conveniente, para la Compañía Arcolands Cia. Ltda.

1.5. ALCANCE

El sistema de puente grúa se utilizará para levantar motores con un peso máximo de 10 toneladas.

La fuente de alimentación del puente grúa será por medio de un motor eléctrico, ya que este no contamina el medio ambiente, y es de fácil instalación.

El diseño de este puente grúa está destinado para utilizarlo en todas las áreas del taller.

Realizar los cálculos para el diseño.

Elaborar los planos respectivos de despiece y plano general.

Realizar una simulación del sistema en el programa SAP2000.

Presentar una tabla de costos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. DEFINICIONES GENERALES

Los puentes-grúa son máquinas utilizadas para la elevación y transporte, de materiales generalmente en procesos de almacenamiento o curso de fabricación, maquinaria y equipos

Un Puente Grúa está compuesto generalmente por una doble estructura rematada en dos testeros automotores sincronizados dotados de ruedas con doble pestaña para su encarrilamiento. Apoyado en dicha estructura y con capacidad para discurrir encarrilado a lo largo de la misma, un carro automotor soporta un polipasto cuyo cableado de izamiento se descuelga entre ambas partes de la estructura (también puede ser mono-raíl con estructura simple). La combinación de movimientos de estructura y carro permite actuar sobre cualquier punto de una superficie delimitada por la longitud de los raíles por los que se desplazan los testeros y por la separación entre ellos.

Los raíles de desplazamiento están aproximadamente en el mismo plano horizontal que el carro y su altura determinan la altura máxima operativa de la máquina.

La elevación de los carriles implica la existencia de una estructura para su sustentación. En máquinas al aire libre la estructura es siempre específica para este fin; en las de interior puede ser aledaña o incorporada a la de la propia nave atendida por la máquina.

El manejo de la máquina puede hacerse desde una cabina añadida a la misma y está generalmente sobre uno de sus testeros; o bien, lo que cada vez es más frecuente en

máquinas sin ciclo operacional definido, por medio de mando a distancia con cable, activado desde las proximidades del punto de operación.[1]

En otras palabras los Puentes-Grúa son máquinas para elevación y transporte de materiales, tanto en interior como en exterior, de uso muy común tanto en almacenes industriales, como talleres. Básicamente se trata de una estructura elevada formada por una o varias vigas metálicas, con un sistema de desplazamiento de 4 ruedas sobre rieles laterales, movidos por uno o más motores eléctricos, con un sistema elevador central mediante polipasto y gancho.

2.2. TIPOS DE PUENTE GRUA

2.2.1. Tipos de grúas:[2]

Es importante distinguir que existe gran variedad de grúas dependiendo su forma, su tamaño, su instalación y movilidad.

En cuanto a su forma, cada grúa puede adaptar un uso específico.

En cuanto al tamaño de estas, se extienden desde las más pequeñas grúas de horca que son utilizadas en el interior de los talleres, las grúas de torre que son usadas para levantar edificios altos, hasta las grúas flotantes, usadas para rescatar barcos encallados.

Ahora bien, en cuanto al tipo de instalación y la movilidad de la grúa, se puede distinguir tres tipos de grúas que son:

Grúa fijas, Grúas de rieles o techo, y grúas móviles

2.2.2. Grúas fijas:

[1] ALGUERO, José Miguel, "García Pont-Grue Gaunty-crane"

[2] *www.Proguablogspot.com*

Se instalan mediante un pie que queda fijo en el suelo, como también mediante un soporte anclado a la pared. En estos anclajes deben ser firmes en ambos casos.

La figura 2.1 indica una Grúa fija[3].

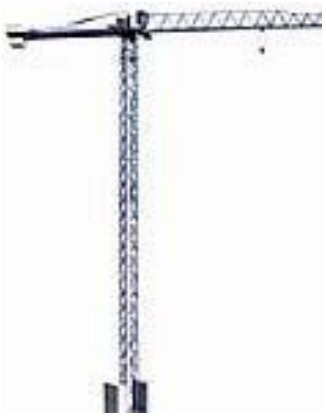


FIGURA 2.1. GRUAS FIJAS

2.2.3. Grúas de Riel o techo:

Son llamadas así ya que los rieles se colocan en el techo, soportan el peso de la estructura y es imprescindible saber si reúne las características arquitectónicas necesarias.

La figura 2.2 indica una Grúa de Riel

[3] www.Proguablogspot.com

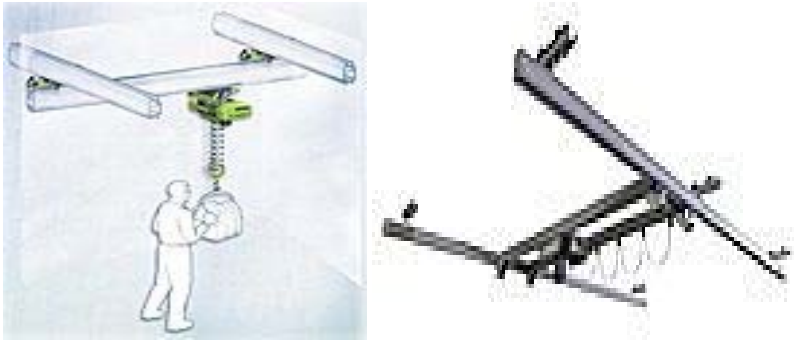


FIGURA 2.2. GRUAS DE RIEL

2.2.4. Grúas móviles:

Estas poseen una base con ruedas, que puede ser de anchura fija o regulable, o sea que puede cerrar sus patas para poder pasar por lugares estrechos, pero es aconsejable probar que la grúa no se desestabilice con el peso del usuario.

Este tipo de grúas no permite el giro del asiento o del soporte corporal sobre su eje, por lo tanto deben aproximarse lo máximo posible a los puntos entre los que se realizan las transferencias.

La figura 2.3 indica una Grúa Móvil.

FIGURA 2.3. GRUA MOVIL

2.3. PARAMETROS PARA SELECCIONAR UN PUENTE GRUA.

El taller estará equipado con un puente grúa de rail, para facilitar la movilidad de máquinas y equipos. El puente grúa cubrirá una luz de 12m y tendrá una capacidad de carga de 15Tn. La altura libre bajo gancho será de 6.50 m.

Los carriles de rodadura se dispondrán sobre vigas carrileras a lo largo del área del taller, soportadas por los pilares estructurales del edificio, mediante ménsulas. Los carriles estarán formados por perfiles laminados de sección rectangular maciza.

Las características principales del puente grúa son las siguientes:

Capacidad máxima de carga: 15 Tm
Luz entre ejes de carriles: 12,00 m aprox.
Recorrido útil de gancho: 6.50m
Velocidad de elevación 10t: 5 / 0,83 m/min (2 velocidades)
Velocidad de traslación del carro: 20 m/min (continua)
Velocidad de traslación del puente: 32 m/min (continua)
Potencia motor elevación 15t: 9/1,4 kW - 60% ed
Potencia motor traslación carro: 2 x 0,3 kW - 40% ed
Potencia motores traslación de puente: 2 x 0,65 kW - 40% ed
Tensión de servicio: 400 V., 60 Hz, 3 fases.
Tensión de mando: 48 V
Peso aproximado: 5,1 Tn
Polipasto marca Hidrat tipo VST15 H8, 5V1 4/1 T3 o técnicamente equivalente.

2.4. DISEÑO

2.4.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Generalidades[4]

El análisis estructural consiste en la determinación del efecto de las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura, con objeto de efectuar las comprobaciones de los Estados Límites Últimos.

Dicho análisis debe realizarse, para las diferentes situaciones del proyecto, mediante modelos estructurales adecuados que consideren la influencia de todas las variables que sean relevantes.

2.5. Idealización de la estructura

2.5.1. Modelización de los elementos

Para el análisis, los elementos estructurales se clasifican en:

Unidimensionales.

Cuando una de sus dimensiones es mucho mayor que las restantes,

Bidimensionales.

Cuando una de sus dimensiones es pequeña comparada con las otras dos

Tridimensionales.

Cuando ninguna de sus dimensiones resulta sensiblemente mayor que las otras.

[4] DENZEL, Washington, Análisis Estructural, Cap V

El Proyectista deberá elegir, en cada caso, el tipo de elemento más adecuado para que el modelo estructural reproduzca adecuadamente el comportamiento buscado de dicho elemento.

En estructuras metálicas la mayoría de los elementos pueden considerarse unidimensionales (vigas, soportes, arcos, vigas balcón, rigidizadores, elementos de estructuras triangulares, etc.) o bidimensionales (paneles, diafragmas, placas, láminas, bases, cartelas, etc).

A su vez, para el análisis de cierto tipo de efectos (abolladura por ejemplo), los distintos paneles de chapa de elementos unidimensionales deben modelizarse como bidimensionales, sometidos a acciones en su plano.

Para que un elemento metálico pueda considerarse unidimensional su longitud debe ser, como mínimo, el doble del canto total.

Los efectos del arrastre por cortante resultan de especial importancia en el caso de secciones metálicas cerradas con alas anchas. En el caso de secciones cajón para puentes, por ejemplo, donde dichos efectos deben también analizarse separadamente para las condiciones de las diferentes fases de montaje de tableros continuos.

En general, podrían ignorarse los efectos de la abolladura de paneles comprimidos en las condiciones de rigidez del análisis estructural global, cuando afecten a paneles de alma o cuando el área de la sección reducida eficaz de los paneles comprimidos de ala sea inferior al 60% del área de la sección transversal bruta.

La consideración de la influencia de todos estos fenómenos en la modelización estructural puede ser diferente, según se desee analizar la respuesta de la estructura en Estados Límites Últimos, de Servicio o de Fatiga.

Coordenadas del centro de esfuerzos cortantes, módulos de torsión y módulos de alabeo en algunas secciones de uso frecuente en construcciones metálicas modulo de alabeo y de torsión.

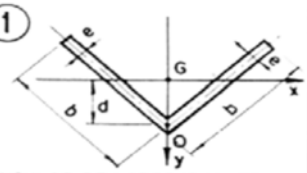
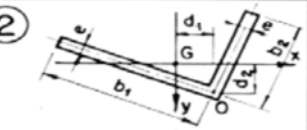
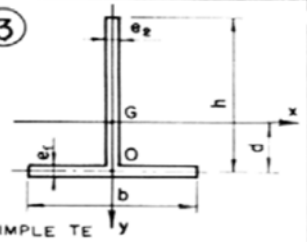
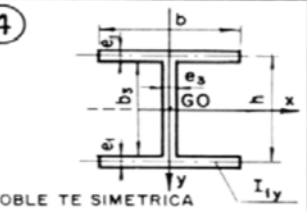
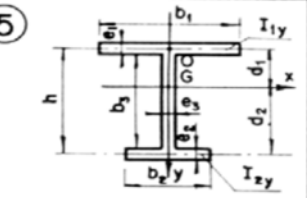
SECCION	COORDENADAS DEL CENTRO DE ESFUERZOS CORTANTES	MODULO DE TORSION I_t	MODULO DE ALABEO I_A
1  ANGULAR DE LADOS IGUALES	$x_o = o$ $y_o = d$	$\frac{2}{3} b e^3$	$\frac{b^3 e^3}{18} = \frac{A^3}{144}$ En la práctica puede suponerse $I_A = o$
2  ANGULAR DE LADOS DESIGUALES	$x_o = d_1$ $y_o = d_2$	$\frac{(b_1 + b_2)\, e^3}{3}$	$\frac{(b_1^3 + b_2^3)\, e^3}{36}$ En la práctica puede suponerse $I_A = o$
3  SIMPLE TE	$x_o = o$ $y_o = d$	$\frac{b e_1^3 + h e_2^3}{3}$	$\frac{b^3 e_1^3}{144} + \frac{h^3 e_2^3}{36}$ En la práctica puede suponerse $I_A = o$
4  DOBLE TE SIMETRICA	$x_o = o$ $y_o = o$	$\frac{2 b e_1^3 + b_3 e_3^3}{3}$	$I_{1y} \cdot \frac{h^2}{2} \approx I_y \cdot \frac{h^2}{4}$
5  DOBLE TE DISIMETRICA	$x_o = o$ $y_o = \frac{d_2 I_{2y} - d_1 I_{1y}}{I_{1y} + I_{2y}}$ $\approx \frac{d_2 I_{2y} - d_1 I_{1y}}{I_y}$	$\frac{b_1 e_1^3 + b_2 e_2^3 + b_3 e_3^3}{3}$	$\frac{h^2 \cdot I_{1y} \cdot I_{2y}}{I_{1y} + I_{2y}}$ $\approx \frac{h^2 \cdot I_{1y} \cdot I_{2y}}{I_y}$

TABLA.2.1. ESFUERZO CORTANTE, MODULO DE TORSION Y ALABEO

2.6. Análisis Global

2.6.1. Métodos de análisis

Las condiciones que, en principio, debe satisfacer todo análisis estructural son las de equilibrio y las de compatibilidad, teniendo en cuenta el comportamiento tenso de formacional de los materiales.

Los métodos de cálculo para abordar el análisis global de una estructura se clasifican en:

a) **Análisis lineales**, basados en las hipótesis de comportamiento elástico-lineal de los materiales constitutivos y en la consideración del equilibrio en la estructura sin deformar (análisis en primer orden).

b) **Análisis no lineales**, que tienen en cuenta la no linealidad mecánica, esto es, el comportamiento tenso-deformacional no lineal de los materiales, y la no linealidad geométrica, es decir, la consideración de las condiciones de equilibrio sobre la estructura de formada (análisis en segundo orden).

Los análisis no lineales pueden considerar, a su vez, una sola o ambas de las causas de la no linealidad citadas.

El análisis no lineal requiere, para un nivel determinado de carga, un proceso iterativo, de sucesivos análisis lineales, hasta converger a una solución que satisfaga las condiciones de equilibrio, tenso deformacionales y de compatibilidad. Dichas condiciones se comprueban en un número determinado de secciones, dependiendo de la discretización, que deberá ser suficiente para garantizar una adecuada representación de la respuesta estructural.

Las verificaciones correspondientes al Estado Límite de fatiga se realizarán a partir de los resultados de un análisis global lineal de la estructura.

Una estructura muestra un comportamiento no lineal cuando no existe proporcionalidad entre la acción y la respuesta. La no linealidad de estructuras metálicas se manifiesta, generalmente, en fases avanzadas de carga, como consecuencia de alcanzarse en ciertas fibras el límite elástico del acero y/o del inicio del desarrollo de los efectos geométricos de segundo orden en elementos y/o chapas esbeltas de secciones transversales. Sus efectos bajo acciones de servicio son generalmente, despreciables.

2.6.2. Análisis global elástico

El análisis global elástico se basa en la hipótesis de un comportamiento indefinidamente lineal de la ley tensión-deformación del acero.

Se trata de un método lineal que admite el principio de superposición.

Su aplicación para el control de los Estados Límites de Servicio y de fatiga de estructuras metálicas obliga a considerar los efectos de:

- Los diferentes esquemas resistentes y de aplicación de las cargas en el caso de montajes evolutivos.

- Las acciones térmicas (dilatación y gradiente).

- Las acciones inducidas por descensos de apoyos o cualesquiera deformaciones impuestas aplicables a la estructura.

Se permite no considerar dichos efectos en el control de los Estados Límites Últimos de la estructura si todas las secciones críticas, o potencialmente críticas, son de Clase 1.

2.7. Clasificación de las secciones

2.7.1. Transversales

Bases

La agrupación de las secciones metálicas en cuatro clases permite identificar en que medida la posible aparición de fenómenos de inestabilidad local (abolladura) en sus zonas de chapa comprimidas puede afectar a:

Su resistencia, identificando la capacidad de las mismas para alcanzar o no sus momentos resistentes elásticos o plásticos (fig. 2.4.a).

Su capacidad de rotación, identificando la aptitud de las mismas para desarrollar o no las curvaturas últimas exigibles para un análisis global de esfuerzos de la estructura por métodos elásticos o plásticos (fig. 2.4.b).

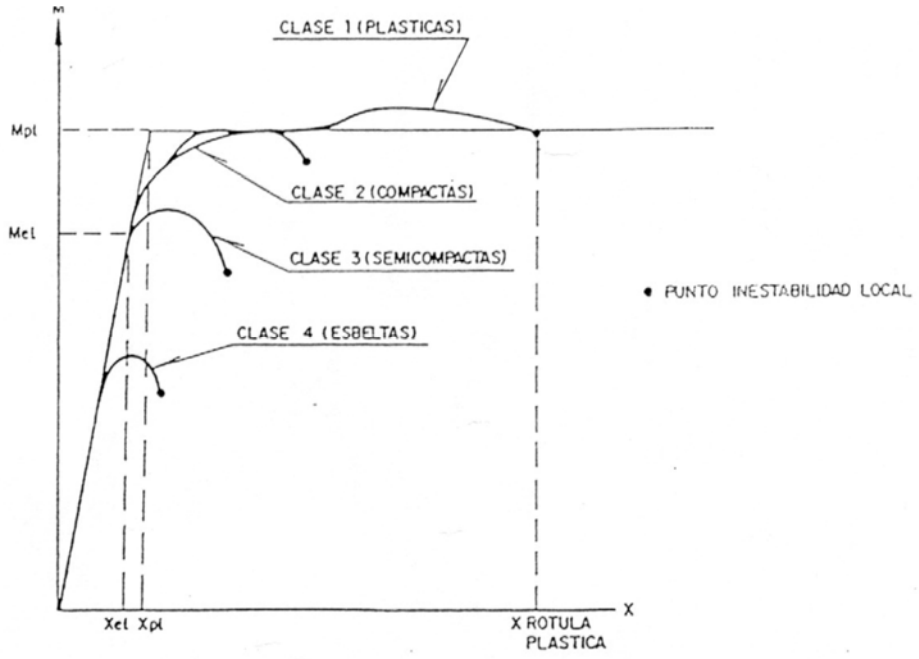


FIGURA.2.4a. Leyes M-χ de secciones metálicas de Clases 1 a 4

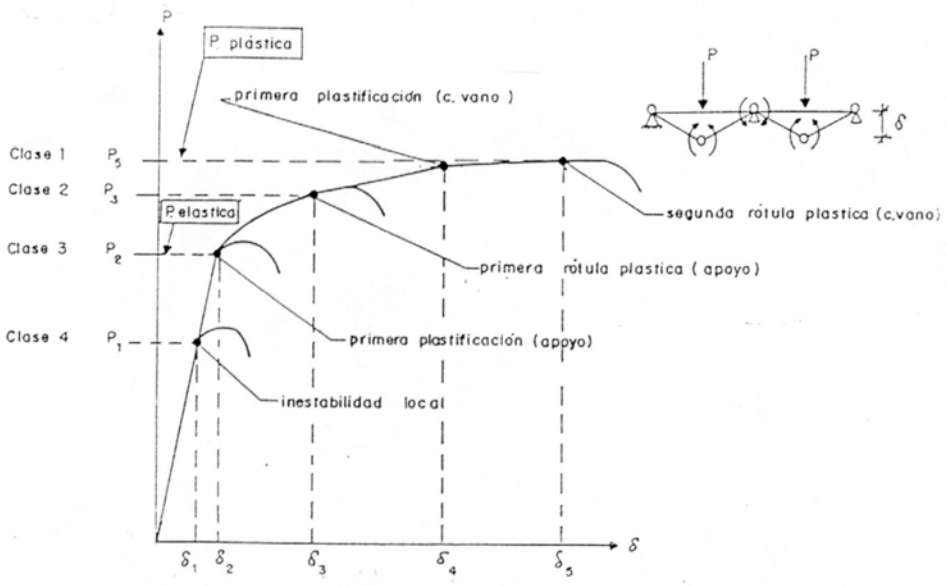


FIGURA 2.4.b. DIAGRAMA ELASTOPLÁSTICO HASTA ROTURA DE UN DINTEL METÁLICO CONTINUO EN FUNCIÓN DE LA CLASE DE LAS SECCIONES METÁLICAS.

2.7.2. Clasificación de las secciones transversales metálicas

En función de la sensibilidad de su respuesta resistente a los fenómenos de inestabilidad de chapas se definen cuatro clases de secciones transversales metálicas (figuras 2.4.a y 2.4.b).

- **Secciones de Clase 1** (plásticas) son aquéllas que alcanzan, sin verse afectadas por fenómenos de abolladura en sus zonas comprimidas, su capacidad resistente plástica, y permiten desarrollar, sin reducción de la misma, la capacidad de rotación exigible a una rótula en un análisis global plástico.

- **Secciones de Clase 2** (compactas) son aquéllas que pueden alcanzar su momento resistente plástico, pero en las que los fenómenos de abolladura limitan su capacidad de rotación por debajo de las exigencias de aplicabilidad del análisis global plástico.

- **Secciones de Clase 3** (semicompactas) son aquéllas en las que la tensión en la fibra metálica más comprimida, estimada a partir de una distribución elástica de tensiones, puede alcanzar el límite de elasticidad del acero, pero en las que los fenómenos de abolladura impiden garantizar el desarrollo de la deformación necesaria para alcanzar el momento resistente plástico de la sección.

- **Secciones de Clase 4** (esbeltas) son aquéllas en las que los fenómenos de inestabilidad de chapas comprimidas limitan incluso el desarrollo de su capacidad resistente elástica, no llegando a alcanzarse el límite elástico del acero en la fibra metálica más comprimida.

a) El límite elástico del acero de la sección.

b) La geometría de la sección y, en particular, la esbeltez (relación dimensión / espesor) de sus chapas parcial o totalmente comprimidas.

c) Las posibles vinculaciones laterales de las zonas comprimidas.

d) El signo de la flexión, en el caso de secciones no simétricas respecto de su fibra neutra.

2.7.3. Anchura eficaz para acciones localizadas aplicadas en el plano del alma.

La aplicación de cargas localizadas en el plano de un alma metálica, a través de la platabanda del ala, da lugar a una distribución de tensiones normales, en dirección transversal a la directriz del elemento, cuya difusión elástica en el plano del alma sigue una ley no lineal que puede aproximarse según la siguiente expresión:

$\sigma z,Ed = Fed /be (t+ast)$

Siendo

σz, Ed = Valor de cálculo de la tensión normal en la dirección transversal a la directriz, en el punto considerado del alma

Fed = Valor de cálculo de la fuerza transversal aplicada

t = Espesor del alma

ast = Área de la sección transversal bruta, por unidad de longitud, de los eventuales rigidizadores transversales situados directamente en la zona de afección de la carga bajo la platabanda, suponiendo una difusión a 45º a través del espesor de la misma. Se adoptará el valor del área de un rigidizador dividida por la distancia entre ejes de rigidizadores.

El ancho eficaz, be, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$be = Se\sqrt{1} + \left(\frac{z}{Se.n}\right)^2$

$$n = 0{,}636\sqrt{\frac{1 + 0{,}878\ a\ St}{t}}$$

Se = Ss + 2 tf

tf= espesor del ala

Ss= longitud de la zona de aplicación de la carga localizada sobre la platabanda del ala.

Se= longitud de la zona de difusión de la carga localizada en la sección de contacto ala-alma, suponiendo una difusión de 45º de la carga en la platabanda del ala.

z= distancia transversal entre la sección de estudio y la sección de contacto ala-alma, inmediata a la zona de aplicación de la carga.

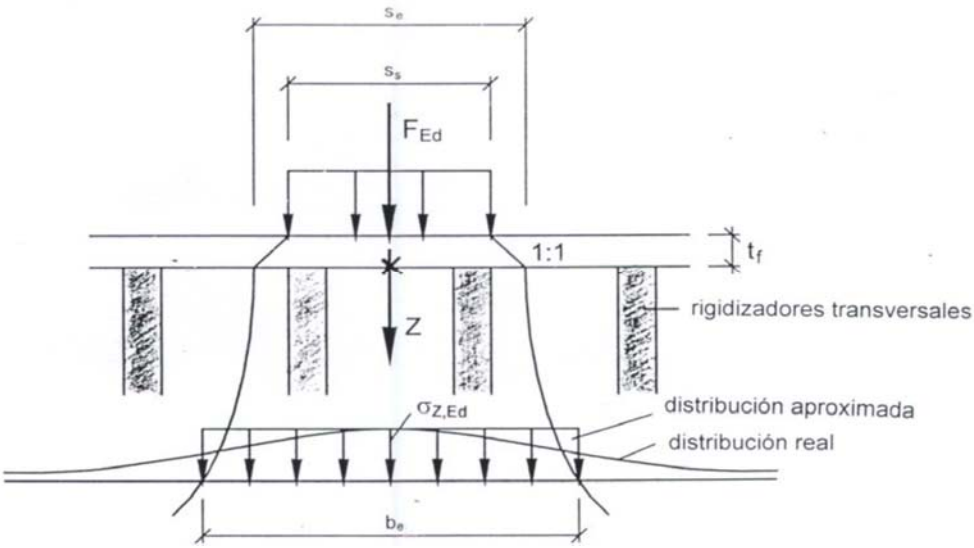


FIGURA. 2.5. ANCHURA EFICAZ

Comentarios

La distribución de tensiones transversales en el alma bajo cargas localizadas, definida en este apartado, puede ser necesaria para el control de Estado Límite de Fatiga de elementos sometidos a acciones dinámicas (vigas carril de puentes-grúa por ejemplo), así como para el control de los Estados Límites de Servicio, por deformaciones del alma o por plastificaciones locales, y de los Estados Límites Últimos de elementos con almas esbeltas, susceptibles de inestabilidad por acción conjunta de estos efectos con las tensiones normales y tangenciales derivadas de la flexión longitudinal del elemento.

La formulación elástica incluida en este apartado es aplicable al caso de cargas localizadas, ascendentes o descendentes, actuando sobre cualquiera de las alas, superior o inferior, de la sección transversal.

Dicha formulación equivale a adoptar un ángulo de difusión de la carga localizada de 45º a través de la platabanda del ala, y un ángulo medio en el plano del alma, creciente con z y de valor aproximado, θmed, (en ausencia de rigidizadores transversales del alma):

z / se	0	1	2	5	10	∞
Θmed	0	23,4º	29,9º	34,7º	36,4º	38º

TABLA 2.2. FORMULACION ELASTICA

Θmed=atan$[be - Se/2z]$

La presencia de rigidizadores reduce la velocidad de difusión (θ med) de la carga localizada en el alma.

2.8. DIMENSIONAMIENTO[5]

2.8.1. Diseño para las cargas repetidas

Las estructuras de acero que apoyan las grúas y los alzamientos requieren la especial atención al diseño y los detalles de la construcción para proporcionar las estructuras seguras y útiles particularmente con respecto a vida de fatiga de una estructura puede ser descrito como el número de ciclos del cargamento requerido para iniciar y para propagar una grieta de fatiga a la fractura final.

Los problemas no se han restringido a las vigas del cauce de la grúa, sin embargo. Por ejemplo, bragueros o viguetas que no se diseñan para las cargas repetidas de los monorrieles o las grúas colgantes han fallado debido al cargamento inexplicable de la fatiga. Para todas las clasificaciones del servicio de la grúa, el diseñador debe examinar los componentes y los detalles estructurales que se sujetan a las cargas repetidas para asegurar la estructura tienen resistencia adecuada de la fatiga.

[5] *R.A Mac Crimmon, "Crane Supporting steel structures", Segunda edicion*

Los miembros que se comprobarán para saber si hay fatiga son los miembros cuya pérdida debido al daño de la fatiga al contrario afectaría a la integridad del sistema estructural.

Los factores principales que afectan al funcionamiento de la fatiga de un detalle estructural se considera ser la naturaleza del detalle, de la gama de tensión a la cual se sujeta el detalle, y del número de ciclos de una carga. La susceptibilidad de detalles a la fatiga varía y, para la conveniencia, los requisitos de la fatiga en estándares por todo el mundo, especifica un número limitado de categorías del detalle. Para cada categoría la relación entre la gama de tensión permisible de la fatiga de amplitud constante y el número de ciclos del cargamento se da. Éstas son las curvas del S-N (tensión contra el número de ciclos).

Dos métodos de determinar las estructuras grúa, favorables para la fatiga se han convertido. Históricamente, por lo menos para las estructuras con servicio relativamente pesado de la grúa, el primer de éstos era clasificar la estructura por la condición de cargamento con respecto al servicio de la grúa. Mientras que esto ha trabajado razonablemente bien, este acercamiento tiene dos defectos. Primero, el número de ciclos, la estructura, se puede fijar algo demasiado alto con respecto a la vida de servicio de la estructura en la pregunta, y en segundo lugar, sólo se considera la gama de tensión máxima.

El segundo, más reciente, acercamiento es determinar las varias gamas de tensión y los números correspondientes de ciclos a los cuales se sujete el detalle e intentar determinar el efecto acumulativo.

El gravamen del número de N de los ciclos requiere cuidado como un elemento de la estructura se puede exponer menos o más repeticiones que el número de grúa levanta o atraviesa a lo largo del cauce. Por ejemplo, si fuera del doblez del plano es ejercido en una tela de la viga del cauce de la grúa en su ensambladura con el reborde superior por un carril que sea excéntrico una carga repetidor significativa ocurra en cada paso de la rueda y el número de ciclos es tiempos de n que el número de grúa pasa N donde está el número n de ruedas en el carril, por la grúa. También, para el cauce corto de la grúa del palmo las vigas dependiendo de las distancias entre la grúa

ruedan, un paso de la grúa pueden dar lugar a más de una el cargamento completa un ciclo en la viga, particularmente si los voladizos están implicados. Por una parte, cuando la grúa levanta y las travesías se distribuyen entre varias bahías, una viga particular del cauce tendrá pocas repeticiones que el número de elevaciones para la discusión adicional de la interacción de la estructura de la grúa.

Las provisiones aquí aplican el apoyo de las estructuras accionado eléctricamente, el funcionamiento de la tapa, puente rodante, grúas colgantes, y a los monorrieles, estructuras de poca potencia de la ayuda de la grúa, donde los componentes se sujetan a no más que de 20000 ciclos una carga repetida y donde las altas gamas de tensión adentro los detalles susceptibles de la fatiga no están presentes, no necesitan ser diseñados para la fatiga.

Es necesario evaluar el efecto de los cargamentos repetidos de la grúa antes de concluir que ocurrirán menos de 20000 ciclos de cargamento. (TABLA 2.4 Y 2.5)

2.8.2. Clasificación de estructuras

Para proporcionar un diseño apropiado de la estructura _soporte de la grúa, el dueño debe proporcionar la información suficientemente detallada, generalmente en la forma de un análisis del ciclo de deber o de resultados de eso. El diseñador de la estructura puede proporcionar la entrada a un análisis del ciclo de deber, al tiempo básico y al movimiento, el análisis se debe hacer por el personal de los funcionamientos de la instalación. Un análisis del ciclo de deber del interés para el diseñador de la estructura debe rendir el espectro de el cargamento completo en un ciclo para la estructura que considera los artículos tales como.

- Números de grúas, incluyendo el uso futuro.

- Números totales de ciclos para cada grúa, por el nivel de la carga.

- Distribución de los ciclos antedichos para cada grúa sobre la longitud del cauce y a lo largo del trayecto del puente de la grúa.

- El número de ciclos del cargamento, por el nivel de la carga, puede por lo tanto ser resuelto para la localización crítica para el resto de los elementos de la estructura.

En el pasado era algo común para que los diseñadores clasifiquen la estructura basada en gamas de número de ciclos en carga plena.

Proporciona la información en relacionarse la condición de cargamento con la clase de servicio de la grúa. Un análisis del ciclo de deber fue hecho hasta lo requerido, para determinar cuál de las varias condiciones de cargamento eran las más convenientes.

El concepto de la condición de cargamento de este se recomienda no más, y se utiliza solamente para la referencia.

Para que el diseñador pueda determinar para todo el gravamen de la fatiga de los elementos de la estructura, los criterios de diseño deben contener una declaración al efecto que los ciclos refieren al cargamento de la grúa ciclos N.

Salvo especificación de lo contrario por el dueño, el diseño da una vida de 50 años.

Esta sección de la guía proporciona métodos de clasificar la estructura soporte de la grúa, describe la preparación del diseño de la estructura.

Los criterios para la fatiga, y describen procedimiento de diseño de la fatiga.

2.8.3. Clasificación del servicio de la grúa

Las clasificaciones del servicio de la grúa como dado en CSA B167_96 closelyresemble las mismas clasificaciones de la fabricación de la grúa, asociación de la capacidad de elevación de América (CMAA) no son restringidas en cualquier clasificación y hay una variación del viento en tiempos de utilización dentro de cada una de las clasificaciones.

Clase A (servicio espera o infrecuente)

Esto cubre las grúas usadas en las instalaciones tales como centrales eléctricas, servicios públicos, cuartos de la turbina, cuartos del motor, y las estaciones del transformador, donde la dirección exacta del equipo a las velocidades reducidas con períodos largos, ociosos entre las elevaciones se requiere. El levantamiento en la capacidad clasificada se puede hacer para la instalación inicial del equipo y para el mantenimiento infrecuente.

Clase B (servicio ligero)

Esto cubre las grúas usadas en los talleres de reparaciones, operaciones de asamblea ligeras, edificios de servicio, luz que almacena, o el deber similar, donde están luz y la velocidad los requisitos del servicio es lento. Las cargas pueden variar de ninguna carga a cargas clasificadas completas ocasionales, con 2 - 5 elevaciones por hora.

Clase C (servicio moderado)

Esto cubre las grúas usadas en tiendas de máquina o cuartos de la máquina del molino de papel, donde los requisitos son moderados. Las grúas manejarán las cargas con las cuales haga un promedio de 50% de la capacidad clasificada, con 5 - 10 elevaciones/hora, no sobre 50% de las elevaciones en la capacidad clasificada.

Clase D (servicio pesado)

Esto cubre las grúas que se pueden utilizar en tiendas de máquina pesadas, fundiciones, plantas de fabricación, almacenes de acero, yardas del envase, molinos de la madera de construcción, y las operaciones estándar del cubo y del imán donde se requiere la producción resistente. Las cargas que se acercan a 50% de la capacidad clasificada se manejan constantemente durante período de trabajo. Las velocidades son deseables para este tipo de servicio, con 10 - 20 elevaciones/hora, con no sobre 65% de las elevaciones en la capacidad clasificada

Clase E (servicio severo)

Esto requiere las grúas capaces de manejar las cargas que se acercan a la capacidad clasificada a través de su vida.

Los usos pueden incluir el imán, cubo, y las grúas de la combinación del imán-cubo para las yardas del desecho, los molinos del cemento, los molinos de la madera de construcción, las plantas del fertilizante, envase que dirige, o similar, con 20 o más las elevaciones/hora, o cerca de la capacidad clasificada.

Clase F (servicio severo continuo)

Esto requiere las grúas capaces de manejar las cargas que se acercan a capacidad clasificada continuamente bajo condiciones severas del servicio a través de su vida. Los usos pueden incluir las grúas creadas para requisitos particulares de la especialidad esenciales para la ejecución de las tareas de trabajo críticas que afectan a las instalaciones de producción totales. Estas grúas deben proporcionar la confiabilidad más alta, con especial atención a la facilidad de las características del mantenimiento.

El espectro de la carga, reflejando el servicio real o anticipado de la grúa condiciona tan de cerca como sea posible, puede ser utilizado para establecer la clasificación del servicio de la grúa. El espectro de la carga (CMAA 2004) lleva a un factor de carga eficaz malo aplicado al equipo en una frecuencia especificada. Se seleccionan los componentes correctamente clasificados de la grúa basaron en el factor y el uso eficaces malos de carga según lo dado en la Tabla 3.2 adaptado de CMAA (2004).

Crane Service Classification based on k.

k = Mean Effective Load Factor	Use			
	Irregular occasional use followed by long idle periods	Regular use of intermittent operation	Regular use in continuous operation	Regular use in severe continuous operation
≤ 0.53	A*	B*	C	D
$0.531 < k \leq 0.67$	B*	C*	D	E
$0.671 < k \leq 0.85$	C	D	D	F
$0.85 < k \leq 1.00$	D	E	F	F
* Generally fits the light-duty category of service.				

TABLA 2.3. CLASIFICACION DE SERVICIO DE GRUA

2.9. Número de ciclos a carga plena basados en la clase de grúa

El número de ciclos a carga plena de los criterios de la fatiga de CMAA para el diseño de la grúa se enumera en la Tabla 2.4 y 2.5.

Estos criterios no se pueden aplicar directamente a una estructura portante. Las ediciones que deben ser consideradas son:

a) Las longitudes de palmo de la estructura portante comparado al espaciamiento de la rueda de la grúa.

b) El número de palmos sobre los cuales la grúa funciona. Por ejemplo, si la grúa funciona aleatoriamente sobre (x) palmos, el número equivalente de ciclos a carga plena para cada palmo pudo estar más bien el número de ciclos arriba, dividido por (x). Por una parte, en un tipo operación de la producción, cada palmo en un lado del cauce se puede casi sujetar al mismo número de ciclos a carga plena para los cuales la grúa se diseñe si viaja la grúa la longitud del cauce cargado completamente cada vez.

c) El número de grúas.

d) Sobre o bajo utilización de la grúa con respecto a su clase.

Para la clase del servicio A de la grúa, B, o C donde la operación de elevación se distribuye aleatoriamente a lo largo de la longitud de las vigas del cauce y a través del puente de la grúa, se sugiere que el número de ciclos del cargamento de la amplitud diversa para los componentes de la estructura portante de la grúa se puede estimar como el número de ciclos a carga plena para la clase de grúa dividida por el número de palmos y multiplicada por el_número de grúas, más a futuro la condición de que la vida del cauce es igual que la vida de la grúa.

CMAA Number of Full Load Cycles by Class of Crane

Class of Crane	Number of Thousands of Full Load Cycles
A	100
B	200
C	500
D	800
E	2 000
F	> 2 000

TABLA 2.4. CLASIFICACION DE CLASES POR CICLOS

Ranges of Existing Suggestions for Cycles for Design of Crane-supporting Structures

Class of Crane	Number of Thousands of Full Load Cycles
A	0 to 100
B	20 to 100
C	20 to 500
D	100 to 2 000
E	500 to 2 000
F	Greater than 2 000
The basis of selecting these numbers is not explained nor is it evident whether these are the total number of cycles or the equivalent number of full cycles (see Section 3.3.3).	

TABLA 2.5. CLASIFICACION DE CLASES POR CICLOS

Por ejemplo, el cauce para una nueva grúa de la clase C, 5 palmos, sería diseñado para 100000 ciclos.

Los números sugeridos de ciclos para el diseño de la estructura portante de la grúa en función de la clase de la grúa varía extensamente entre las fuentes. La base de las recomendaciones no está clara. Fisher (2004), Fisher y Van de Pas (2001), y MBMA (2002) dan los valores demostrados en la Tabla 2.4

La Tabla 2.6 presenta el número recomendado de ciclos para el diseño de la estructura portante de la grúa basada en la clase estructural de servicio.

Comparando el número recomendado de ciclos en la tabla 2.5 al número de ciclos para la grúa en la tabla 2.3, aparece eso para este acercamiento a la clasificación estructural, la clase de servicio estructural debe ser 20% de los ciclos a carga plena para las clases A, B y C, y 50% de la grúa para las clases D, E y F.

La información en la tabla 2.6 no es totalmente significativa para tomar el lugar de un análisis del ciclo de deber para la instalación que es investigado.

Recommended Number of Cycles for Design of the Crane-supporting Structure

Structural Class of Service	Recommended [a] Number of Thousands of Full Load Cycles, N
SA	20
SB	40
SC	100
SD	400
SE	1 000
SF	Greater than 2 000 [b]

a Used as a calibration of the supporting structure (Structural Class of Service) to class of crane service in Chapter 4. As is the case for the crane, the supporting structure will withstand many more cycles of varying amplitude loading.

b Due to the unlimited fatigue life of the crane, a duty cycle and analysis is required to define the fatigue design criteria.

TABLA 2.6. CLASIFICACION SEGÚN LOS CICLOS

2.10. Diseño y lista de comprobación de las medidas de la construcción

Este documento debe definir los códigos y los estándares, los materiales de la construcción, la vida prevista de la estructura, las clasificaciones del servicio de la grúa, las cargas y las combinaciones de la carga, los criterios para el diseño para la fatiga, y un expediente de las medidas del diseño y de la construcción seleccionadas.

Las condiciones y las limitaciones de la fundación deben también ser incluidas.

Cuando se correlacionan las medidas para vigas, la clasificación del servicio, debe ser observado que las medidas sugeridas tienen calibrado a un concepto de un cauce de la grúa de varios palmos y con una grúa en cada cauce.

ITEM	DESCRIPCION	VER FIGURA
1	El método recomendado para apoyar vigas del cauce de la grúa es el uso de columnas caminadas con las bases fijas. Los soportes se deben evitar para todos, pero se puede utilizar para las grúas más ligeras para la clase del servicio D,E y F	Figura 2.6
2	La ayuda del cauce de la grúa se diseña a veces como sistema separado de las columnas, vigas, y el apoyar longitudinal, atado a las columnas de ayuda adyacentes del edificio para la ayuda lateral del cauce y reducir la longitud sin apoyo de las columnas que llevan del cauce de la grúa. Esto es aceptable si está ejecutado correctamente, considerando los movimientos tales como son demostrados en la figura. 2.10. Sin embargo, los elementos de interconexión se sujetan de vez en cuando a inexplicable fuerzas repetidas y fatiga inducida. Las conexiones flexibles son indeseables para las clasificaciones más severas de servicios.	Figura 2.6, 2.10
3	Para las grúas ligeras donde está relativamente rugosa la construcción de enmarcar, la distribución de la capacidad de	Figura

	cargas entre el edificio y las vigas, no pueden ser requeridos. A menos que pueda ser demostrado que sin ayuda de la acción del diafragma de la azotea, (movimiento diferenciado horizontal de las columnas adyacentes debido al lado de la grúa) son menos que el espaciamiento de columna dividido antes de 2000, se recomienda que el apoyar horizontal continuo debe ser proporcional en el nivel de la azotea.	2.7
4	Varias excentricidades deben ser consideradas.	Figura 2.8
5	Un cierto grado de análisis tridimensional se requiere para determinar adecuadamente cargas dentro del apoyar horizontal, refiere a Fisher 2004 y a los griggs 1976 para la información adicional.	Figura 2.7
6	Las columnas excesivamente flexibles y los miembros que enmarcan la azotea pueden dar lugar a cambios indeseables en el carril, incluso debajo de la grúa puede inducir las cargas de la gravedad que causan el sacudimiento de la estructura. Estos movimientos pueden crear problemas operacionales de la grúa e inexplicables cargas laterales y torsionales en las vigas del cauce de la grúa y sus ayudas.	Figura 2.6
7	La limitación del alojamiento a la rotación en los pernos se pueden acomodar a menudo cerca de la limitación de desviaciones; moviendo los pernos de mantenimiento desde la columna ensanchada al exterior según las indicaciones de las figuras 2.15 y 2.18. El grueso de la placa del casquillo debe ser limitado El uso de los pernos apretados se recomienda para reducir al mínimo la acción que se ejerce en los pernos. Observe que se ensancha la excentricidad de las cargas verticales demostradas en la figura del estado de la tensión en la columna. Para el	Figura 2.11, 2.15, 2.16, 2.18

	diseño para la fatiga, las gamas grandes de tensión pueden tener que ser considerado. Los puntales de apoyo de rodilla. No se deben utilizar, particularmente para la clase del servicio C,D,E y F	
8	Donde el alojamiento lateral no se proporciona, las vigas del cauce se deben diseñar para doblar sobre las hachas fuertes y débiles. Vea AISC 1993, Rowswell y al embalador 1989, y Rowswell 1987. El uso de los detalles que son rígidos dentro y fuera de direcciones planas debe ser S16-01.	Figura 2.14, 2.15, 2.16, 2.17
9	La tela del reborde de la viga se puede sujetar a las fuerzas torsionales debido a las cargas laterales aplicadas en la tapa del carril y del carril a ensanchar. No hay directamente categoría aplicable de la fatiga.	Figura 2.8
10	Las recomendaciones para el cojinete del contacto son similares a los estándares del puente del ferrocarril y son más rigurosos que para las estructuras estáticamente cargadas.	Figura 2.11, 2.18
11	Refiera a Fisher 2004. Refiera a las figuras para el reborde de los detalles en la parte inferior.	Figura 2.17, 2.18, 2.19
12	Las barras cuadradas soldadas con autógena a la viga del cauce de la grúa debajo, se han utilizado con éxito para menos usos severos. Las autógenas que sujetan barras del carril se deben clasificar correctamente para resistir cargas verticales, cargas del flujo de esquileo, y fatiga. Los efectos de la continuidad inducida de otra manera simple los palmos deben ser explicados. Las autógenas de prendedero intermitentes no se permiten en áreas de la tensión como ocurriría en vigas continuas. Un método para permitir la realineación del carril y	Figura 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18

	del apoyo a la viga debe ser proporcionada. El tipo ferroviario, ASCE, u otros carriles del material endurecido deben no ser soldados con autógena a la estructura portante bajo cualquier circunstancia. Los empalmes empernados deben ser escalonados. Los empalmes del carril no deben ocurrir sobre extremos de vigas. Vea al pescador 2004 y AISE 2003 para más información sobre prácticas de detalle.	
13	Los cojines elastoméricos del cojinete se han demostrado para reducir ruido, para aumentar la vida del carril, y para reducir tensiones en la tela a ensanchar de la viga.	Figura 2.19
14	Los nosings de goma se han demostrado para reducir faltas de los clips del carril debido al levantamiento de (arco efecto de la onda) mientras que al mismo tiempo resiste el levantamiento. Los nosings de goma se deben utilizar con los cojines elastoméricos del carril.	Figura 2.19
15	Muchas faltas ocurren debido a la selección del plano	Figura 2.12, 2.19
16	El reborde inferior de la viga del cauce de la grúa alarga debido a la flexión, las cargas repetidas son impuestas ante puntales debajo de él.	Figura 2.11
17	Solamente los operadores experimentados deben hacer este trabajo y la precaución se debe ejercitar para evitar hacer muescas en el metal, particularmente en las formas cónicas y los cambios en grueso de la placa.	Figura 2.23
18	Este artículo se debe leer conjuntamente con los requisitos para	Figura

	soldar con autógena. Una discontinuidad en una autógena de prendedero continua en áreas de la tensión o de la revocación puede llevar a una grieta inducida de fatiga en el metal. La falta de cualquier prueba del NDT en una zona de la tensión debe llevar a 100 que prueban de todas las autógenas del área de la tensión. La falta de la prueba en una zona compresiva debe dar lugar a la prueba el porcentaje recomendado doble.	2.23

TABLA 2.7. CHECK LIST

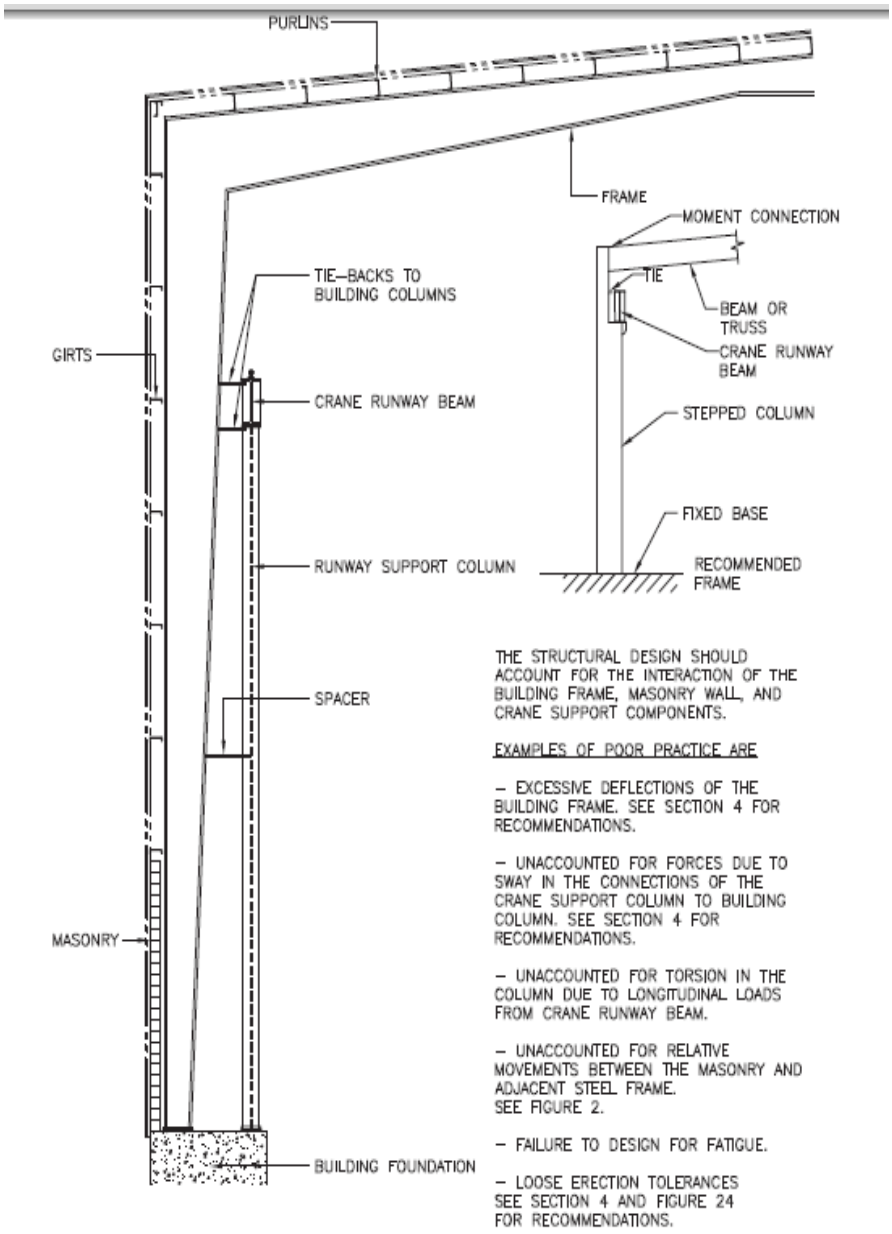


FIGURA Nº 2.6. UN EJEMPLO COMÚN DE UN SOPORTE ESTRUCTURAL DE VIGA

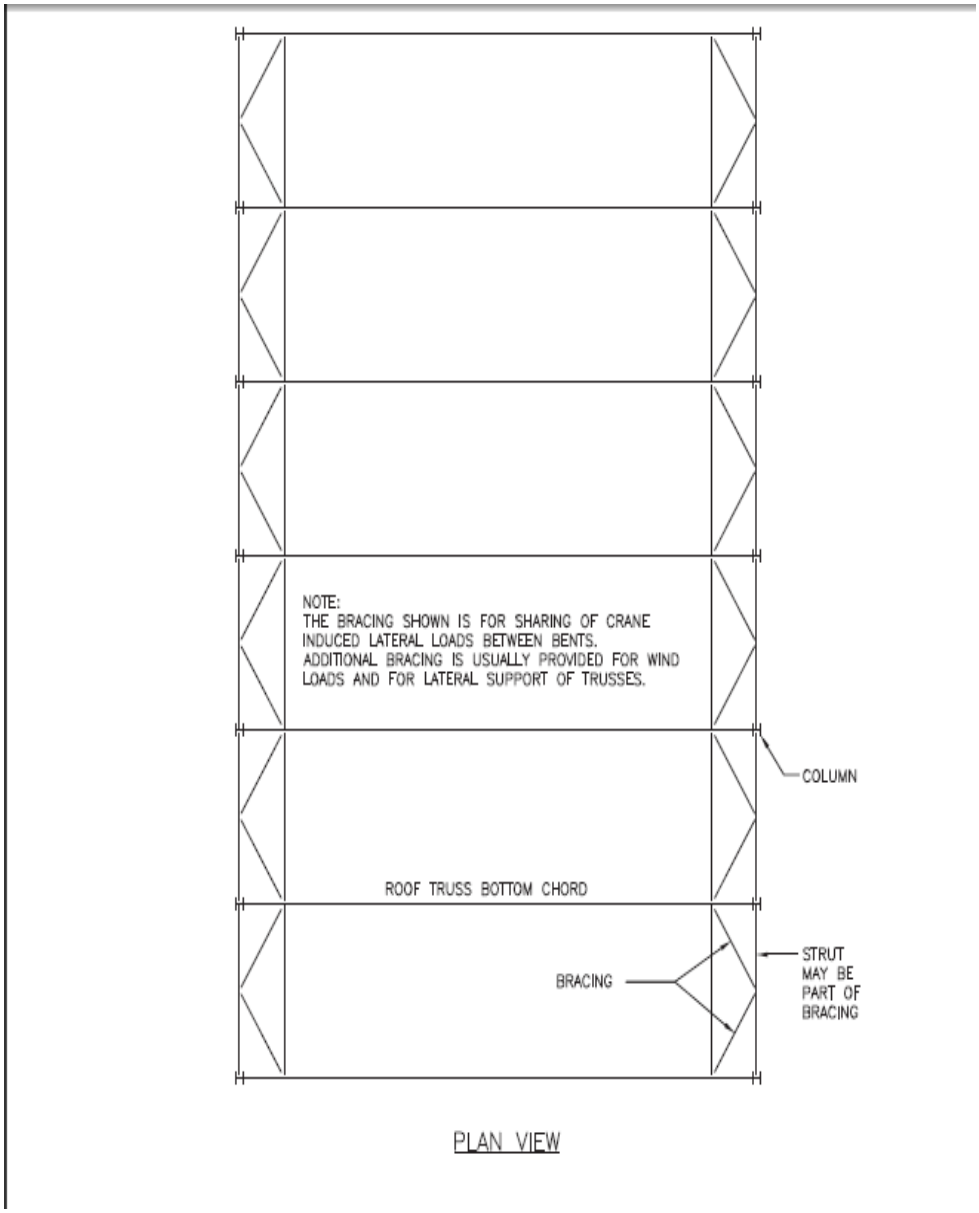


FIGURA Nº2.7. ARRIESTRAMIENTO TÍPICO HORIZONTAL CON VIGAS FIJAS

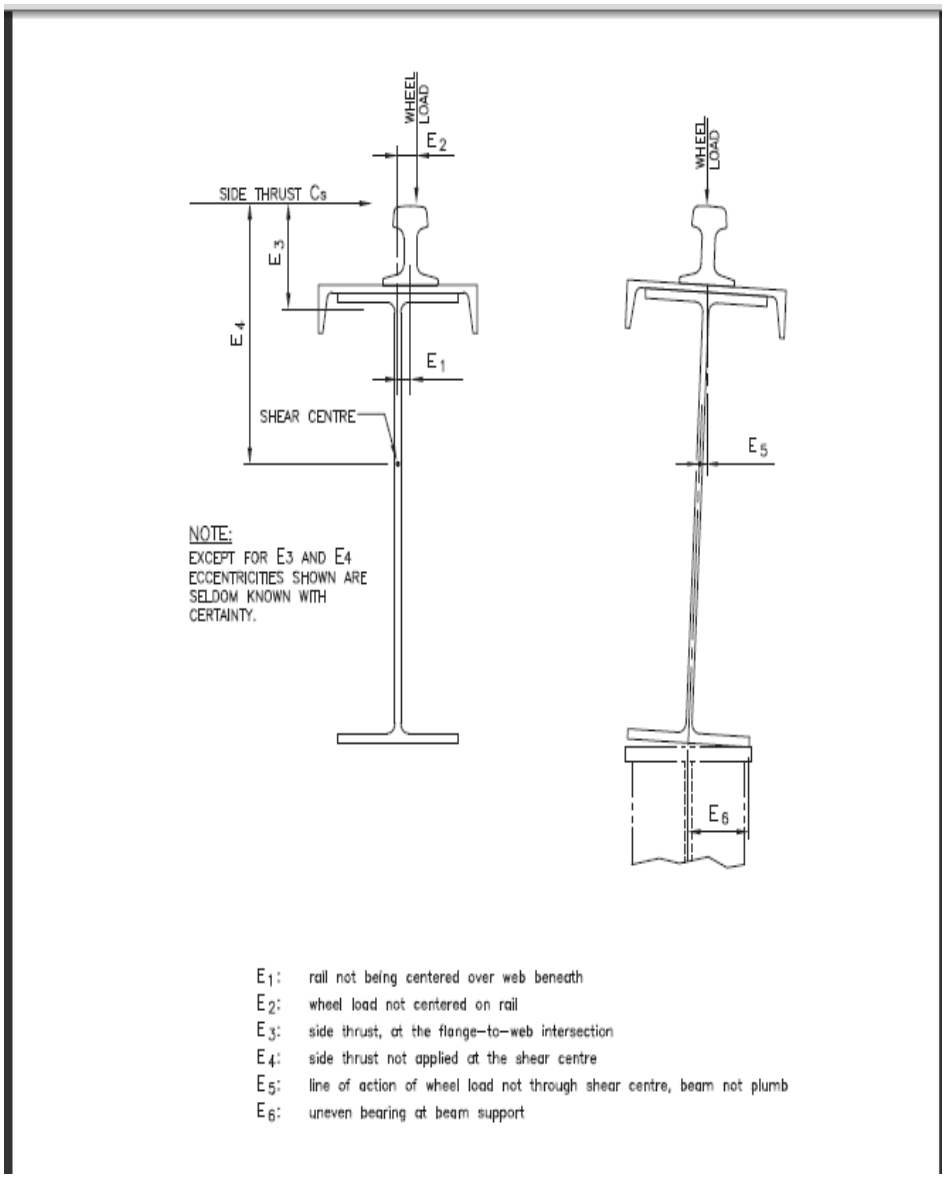
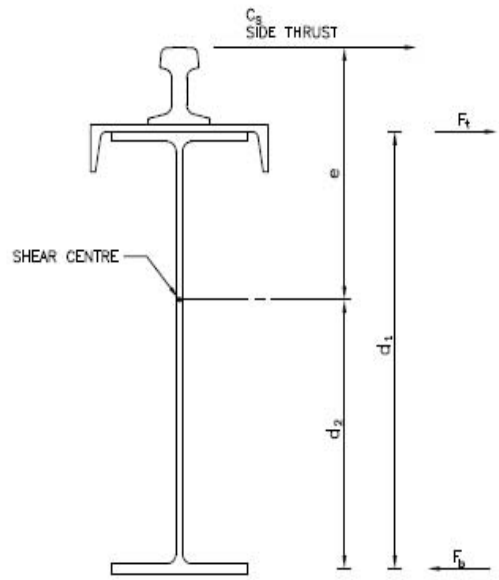


FIGURA Nº 2.8. CARGA TÍPICA



$$\sum M_b = 0 = C_s(e + d_2) - F_t d_1$$

$$\therefore F_t = C_s\left[\frac{e}{d_1} + \frac{d_2}{d_1}\right]$$

$$\sum F_x = 0 \therefore F_b + C_s = F_t$$

$$F_b = C_s\left[\frac{e}{d_1} + \frac{d_2}{d_1} - 1\right]$$

For many cases, $e \approx \frac{d_1}{2}$, $d_2 \approx \frac{d_1}{2}$, and satisfactory results are obtained by applying all the side thrust to the top flange.

FIGURA Nº 2.9. ANALOGÍA DE FLEXIÓN

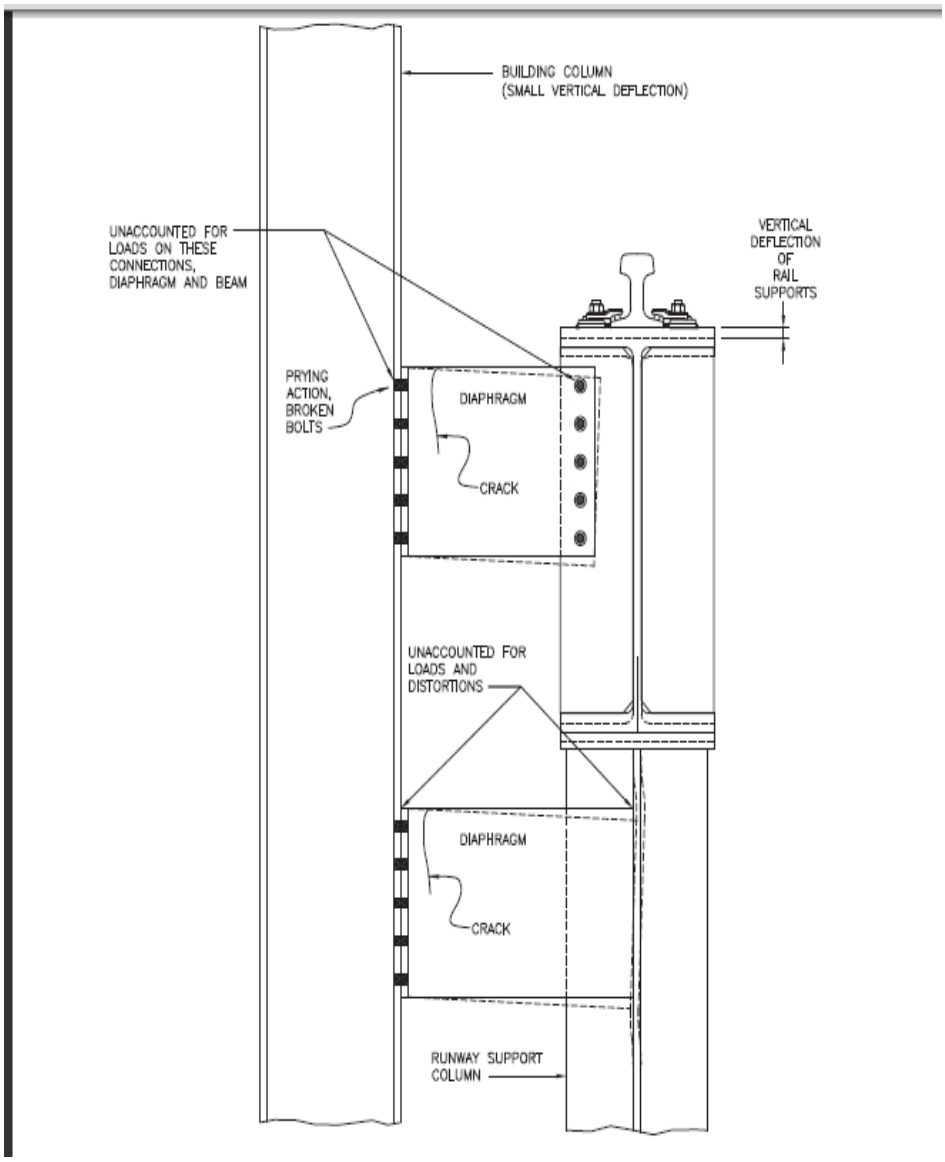


FIGURA Nº2.10. DAÑOS TÍPICOS CERCA DE LAS COLUMNAS DEBIDO A LA FATIGA Y EL PARADERO DESCONOCIDO PARA LAS FUERZAS.

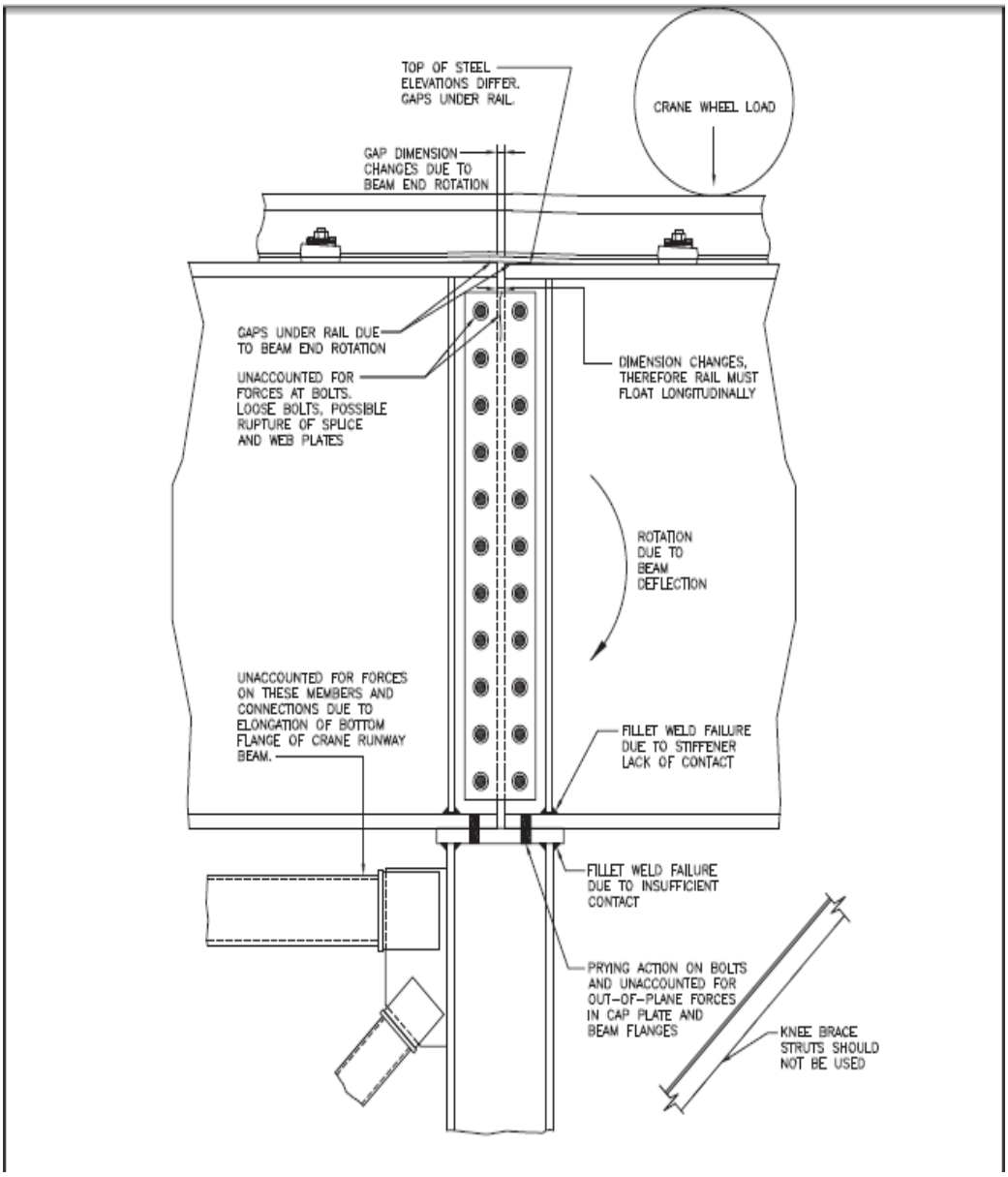


FIGURA Nº2.11 EJEMPLO DE LOS DAÑOS EN PARADERO DESCONOCIDO Y LAS FUERZAS DE LA FATIGA EN VIGA DE APOYO

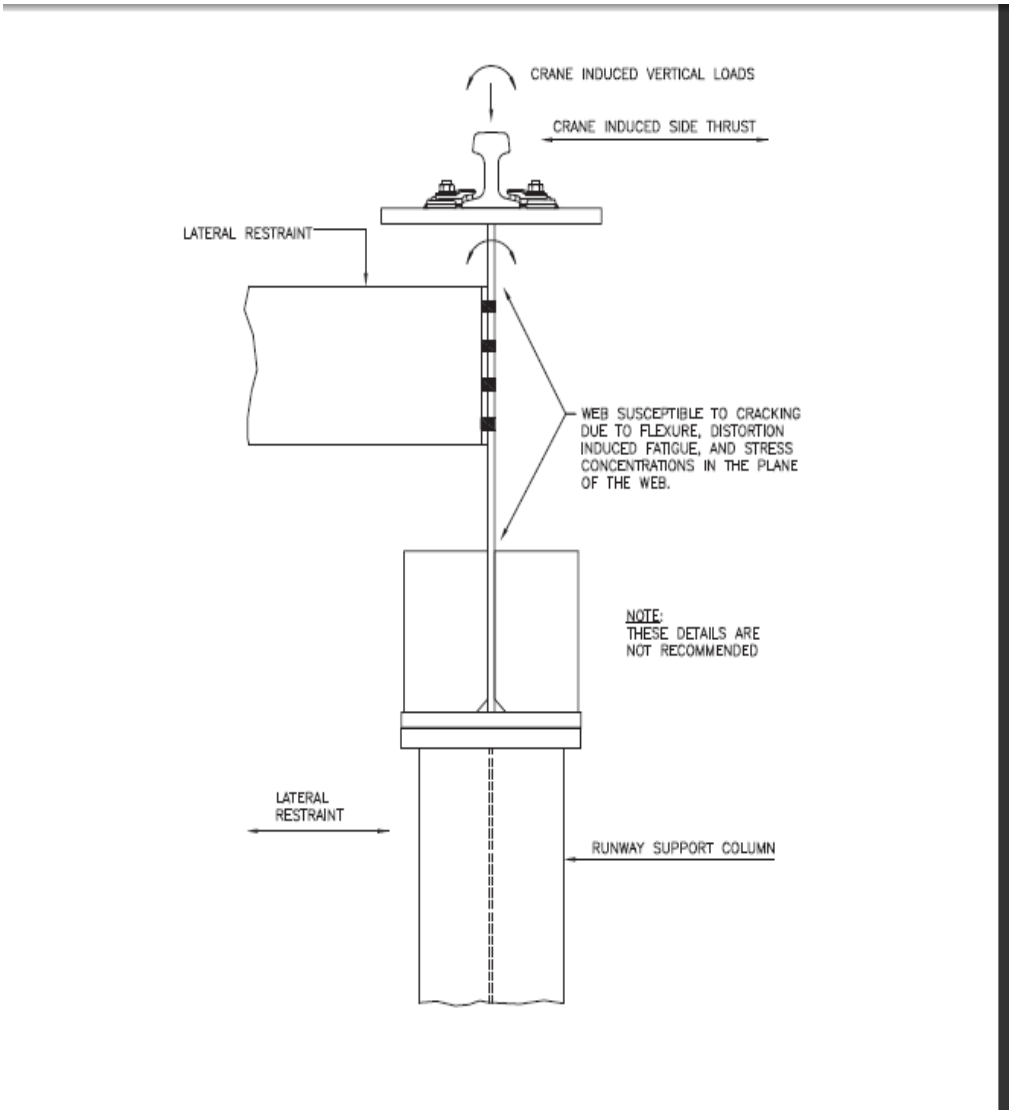


FIGURA Nº2.12 EJEMPLO DE LOS DAÑOS EN PARADERO DESCONOCIDO Y LAS FUERZAS DE LA FATIGA EN VIGA DE APOYO

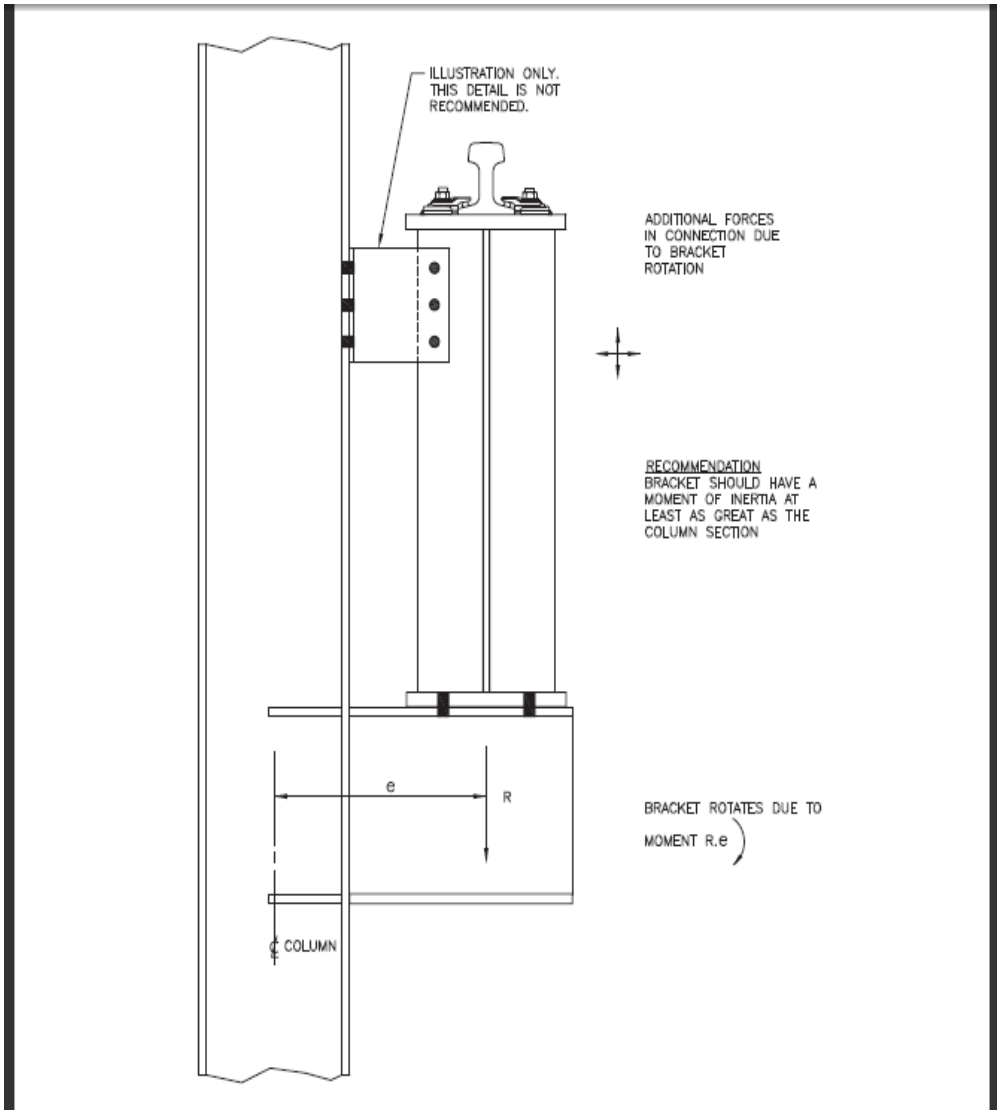


FIGURA Nº 2.13 DEFORMACIÓN COMPATIBLE CON LAS FUERZAS DEBIDAS A DEFLEXION DEL SOPORTE

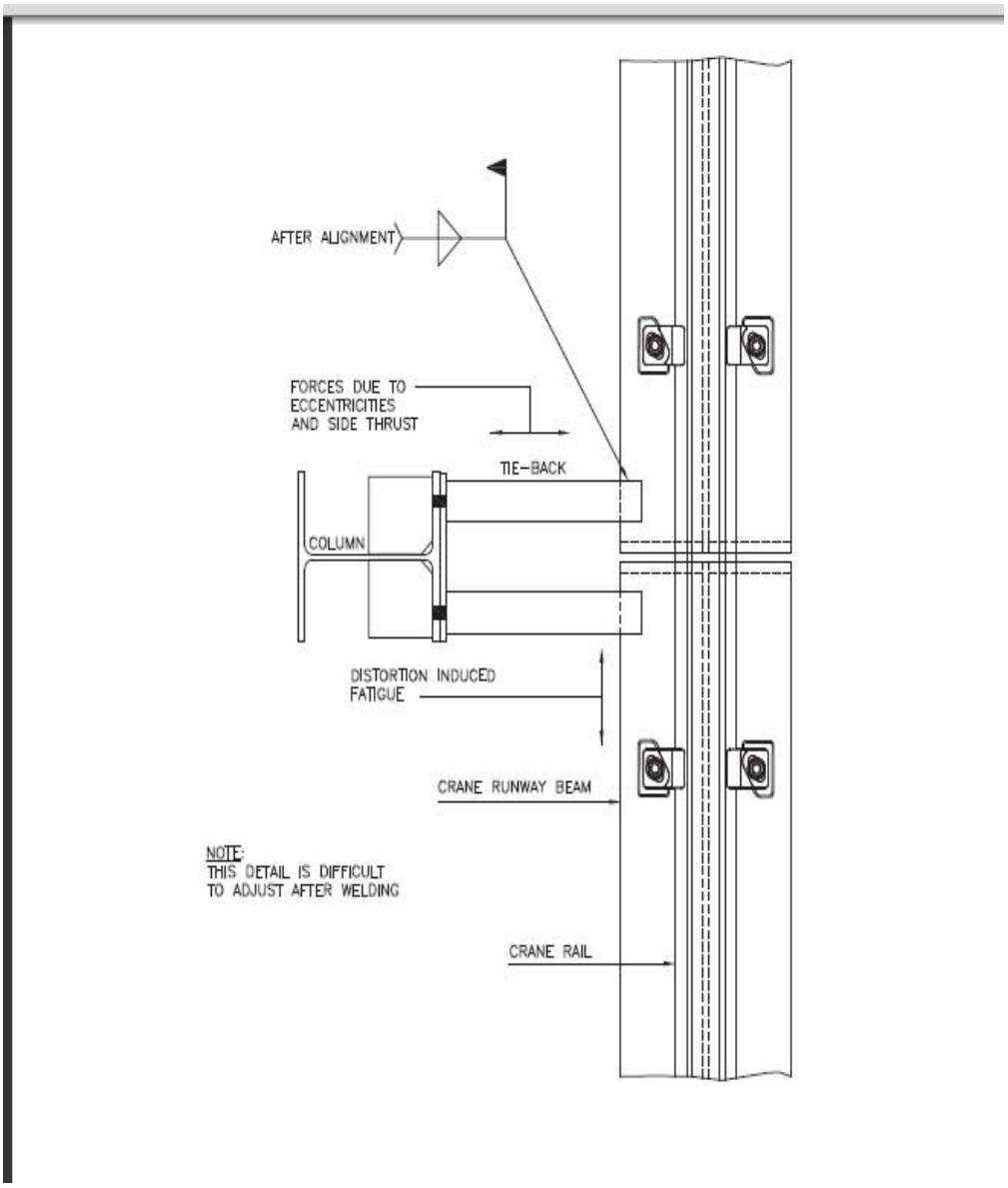


FIGURA Nº2.14 EJEMPLO DE UN TRABAJO LIVIANO

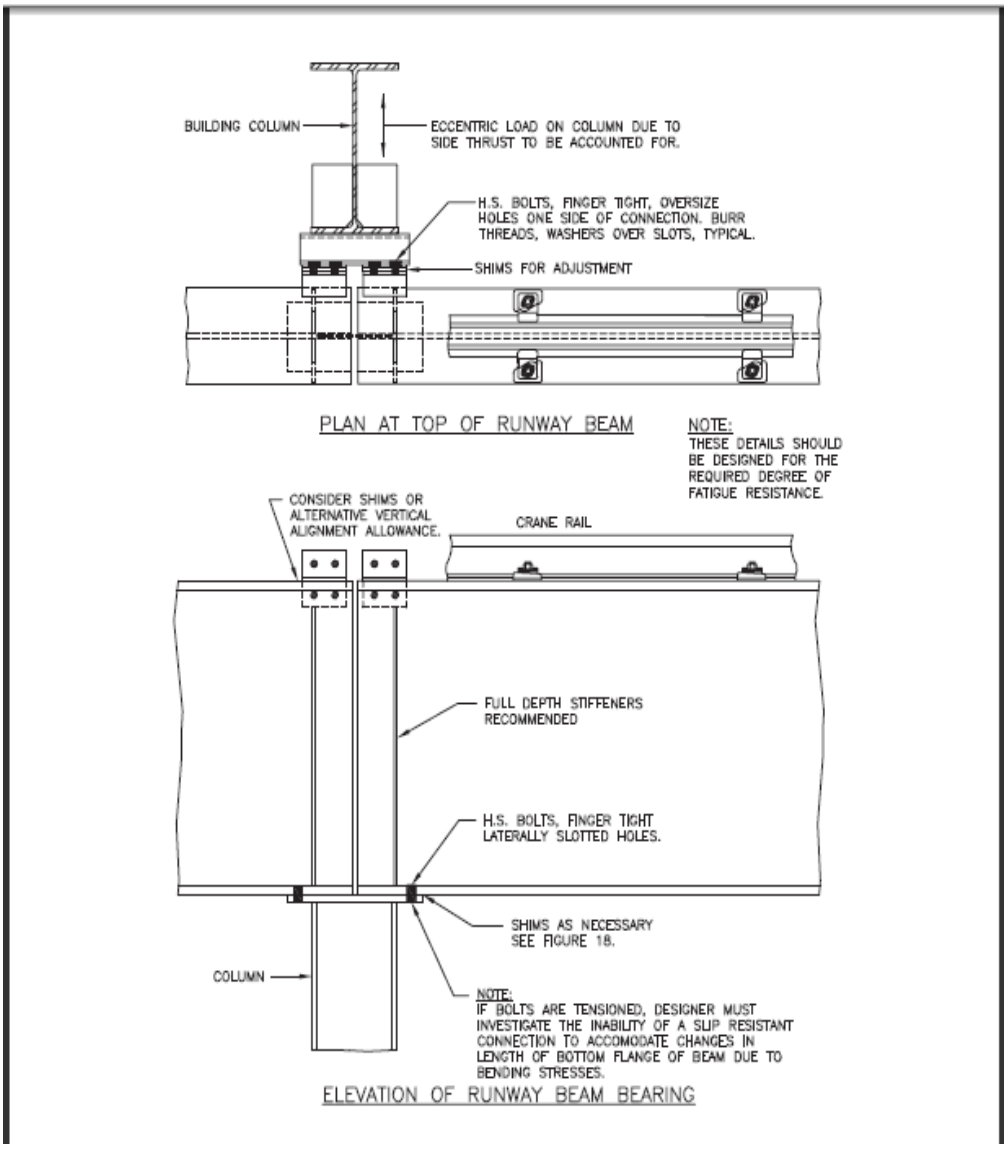


FIGURA Nº2.15. INFORMACIÓN ADECUADA PARA CLASES SB, SA C Y SERVICIOS SC

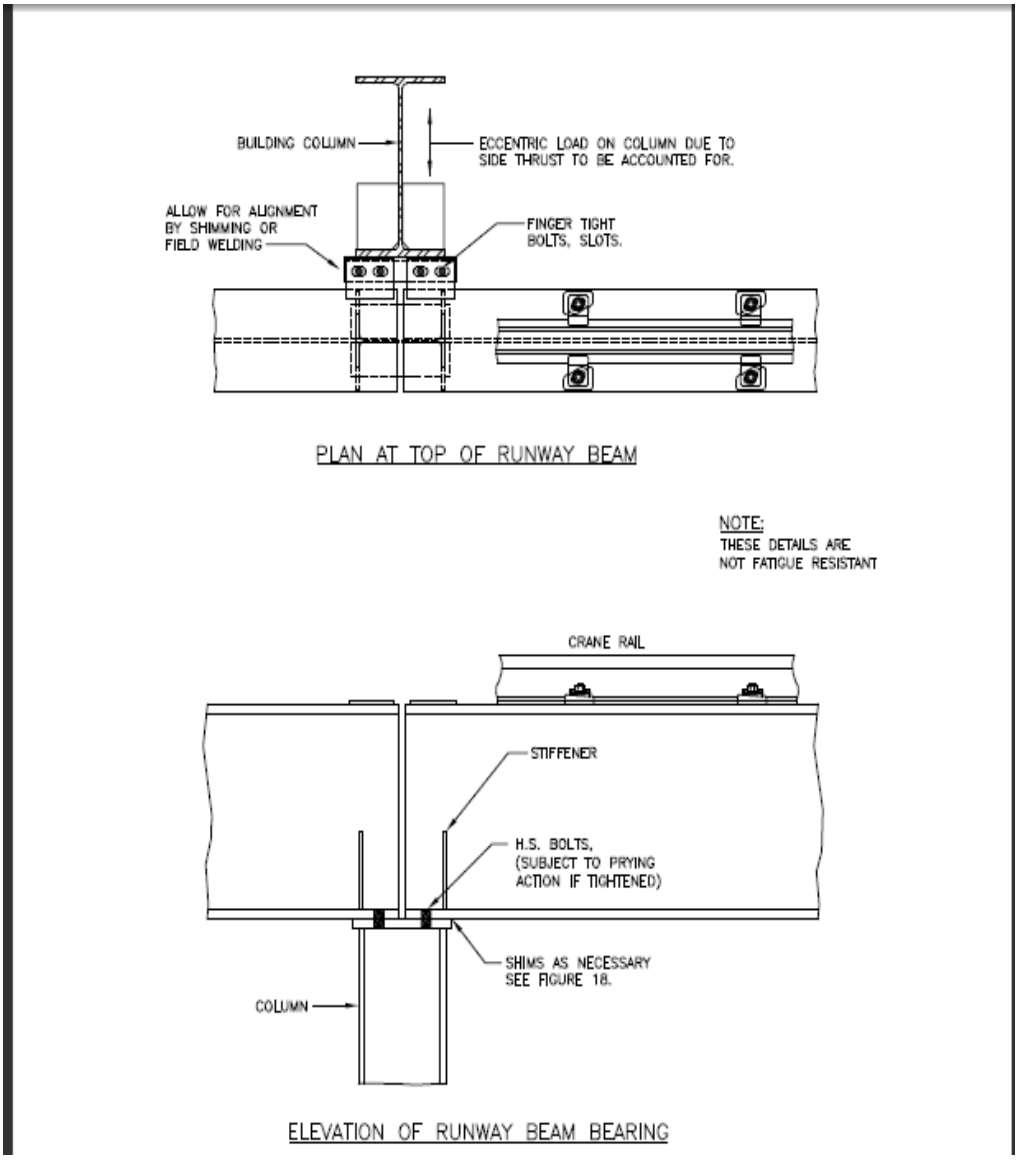


FIGURA 2.16. DETALLE PARA CARGA LIGERA DONDE LA FATIGA NO SE CONSIDERA

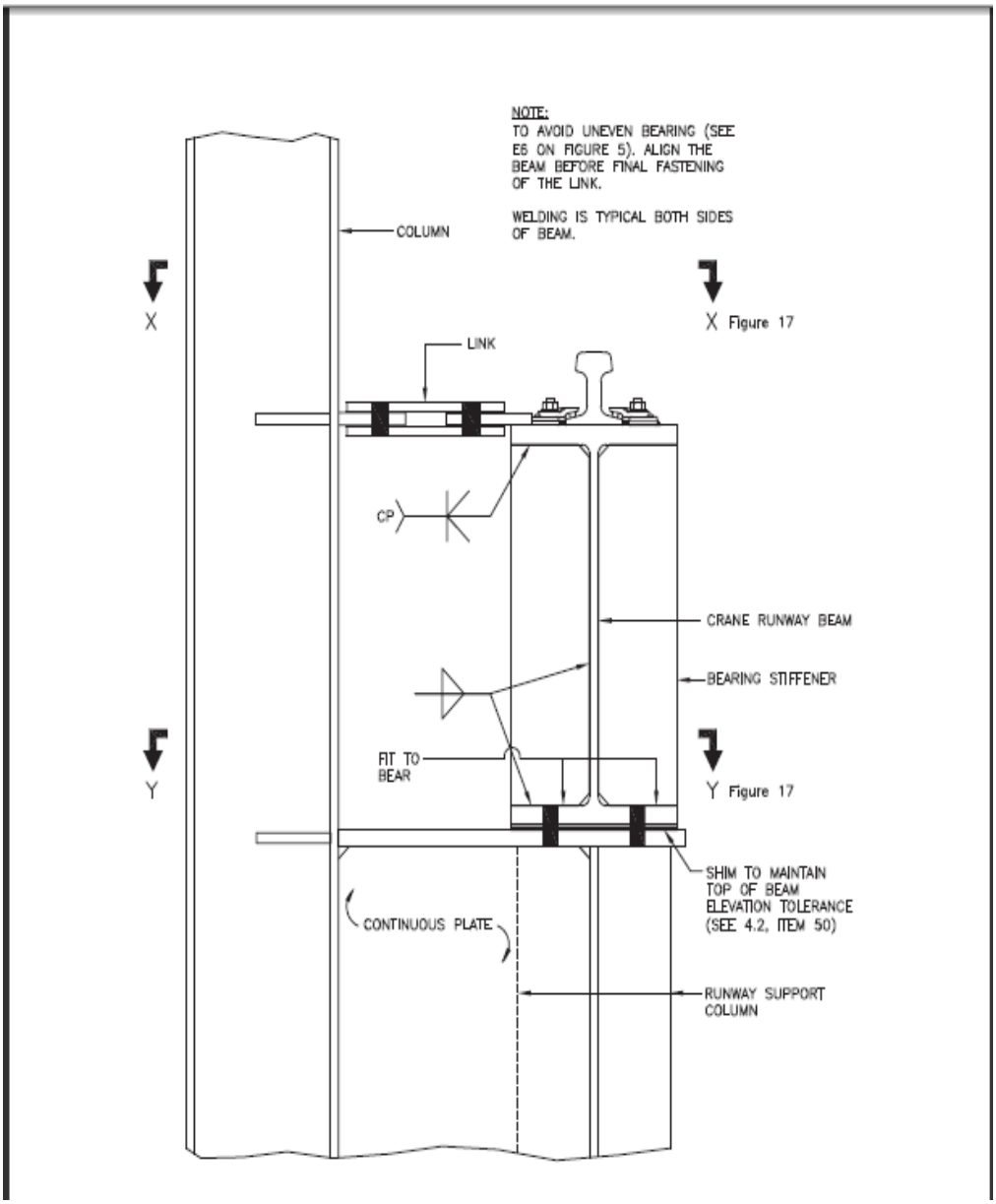


FIGURA Nº2.17 SOPORTE DE LA VIGA RESISTENTE

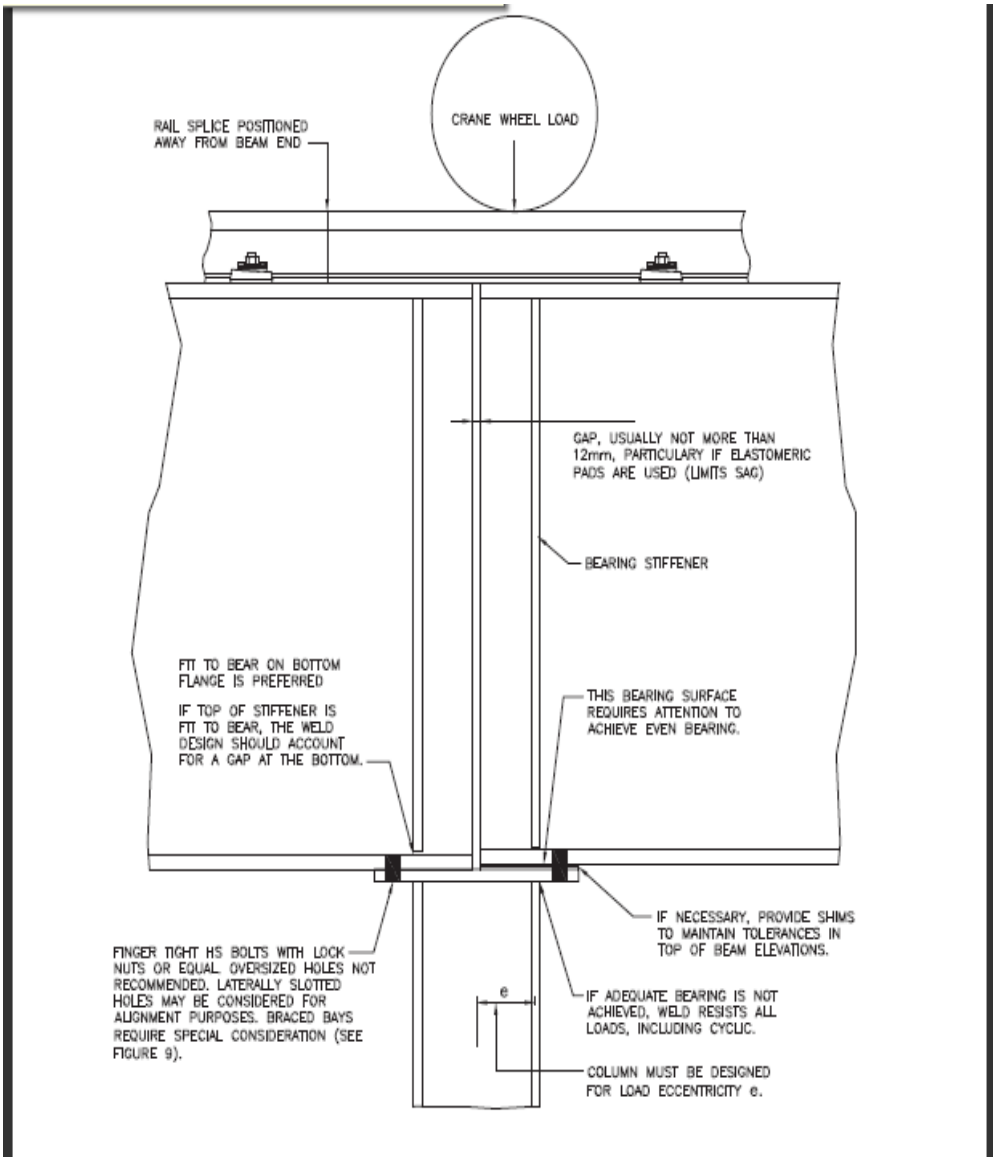


FIGURA 2.18 DETALLES DE LA FIGURA Nº 2.17

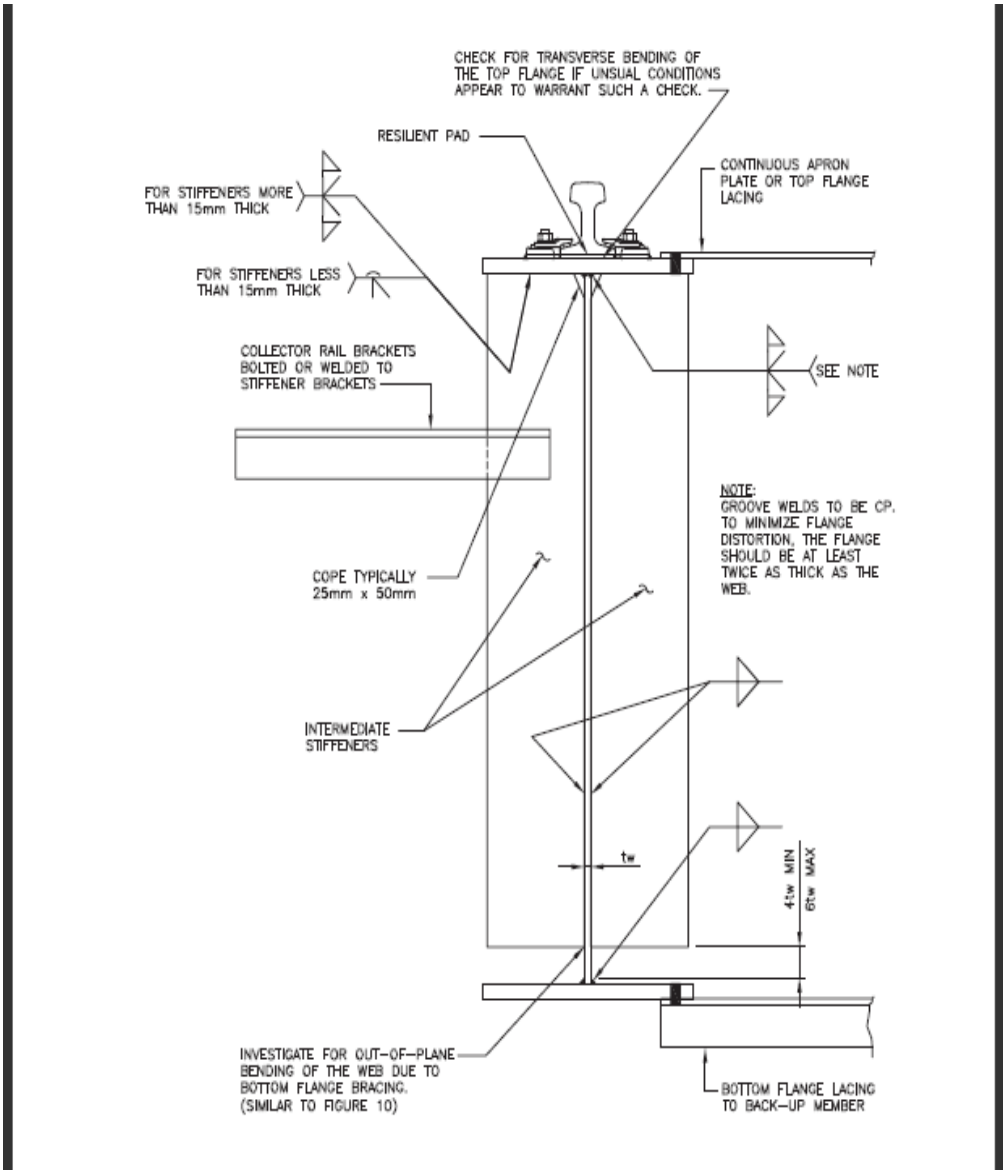


FIGURA Nº 2.19 TÍPICO DE LA GRÚA DE SERVICIO PESADO

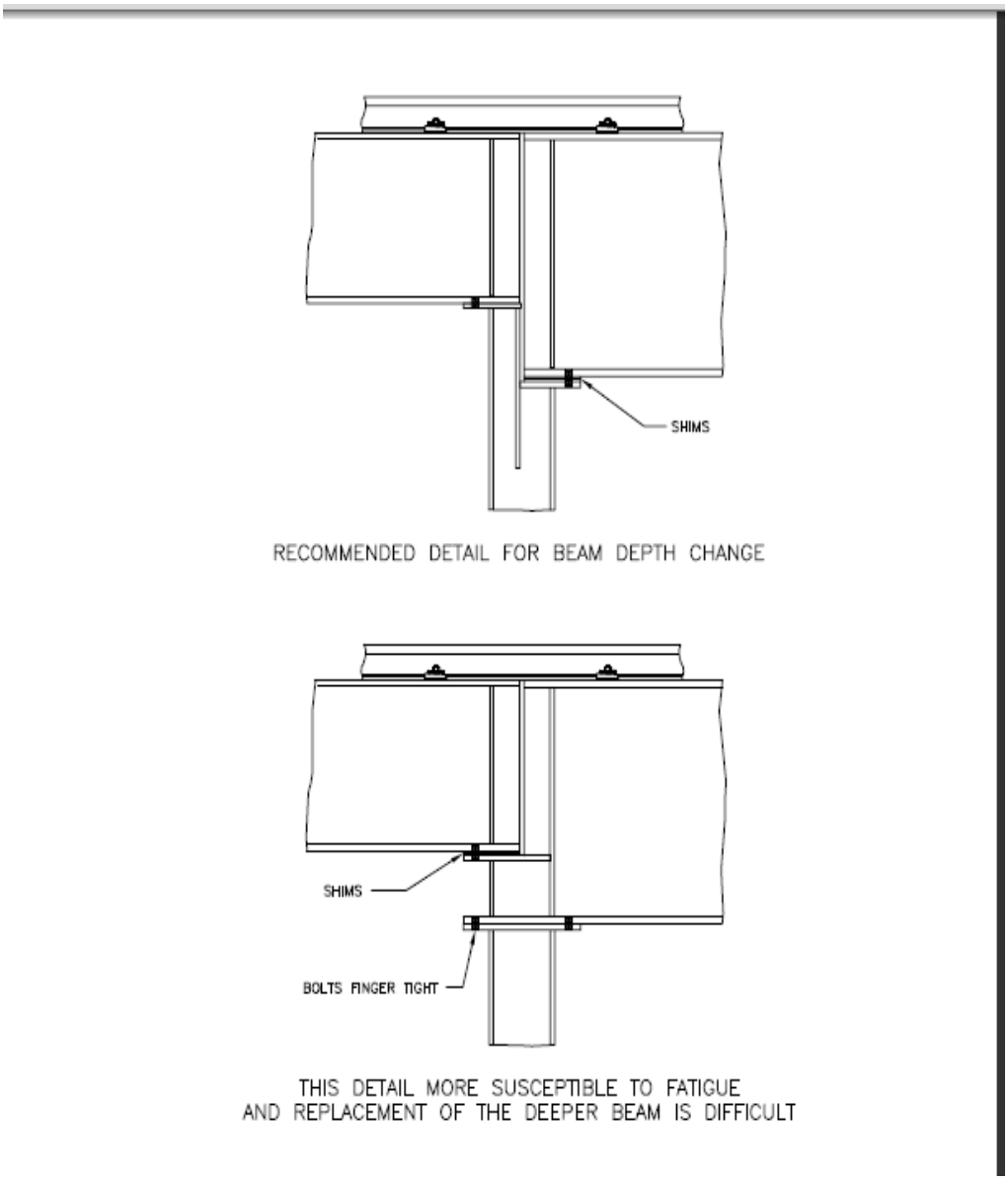


FIGURA Nº 2.20 .DETALLES PARA EL CAMBIO DE VARA EN PROFUNDIDAD

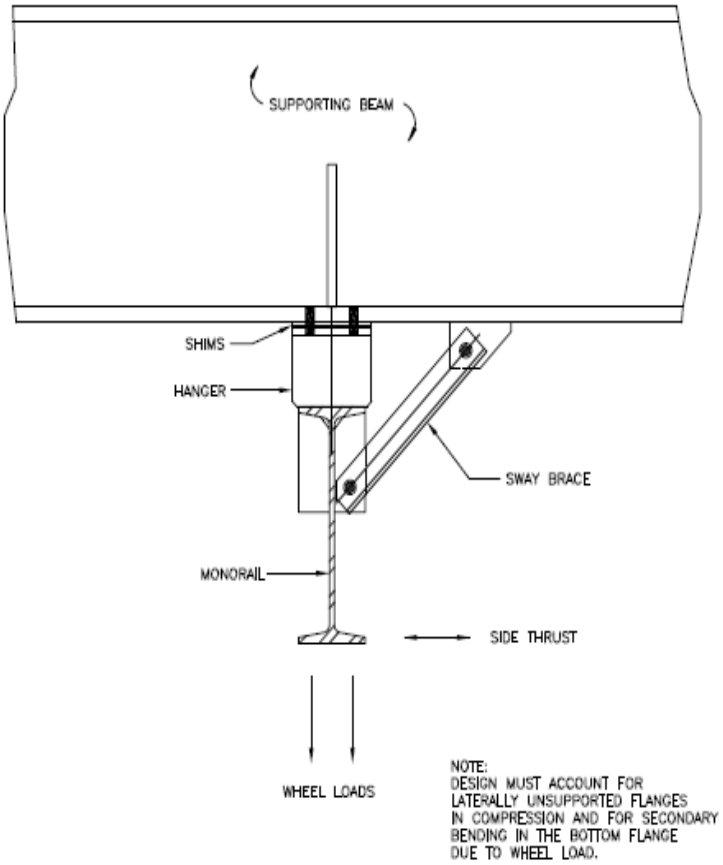
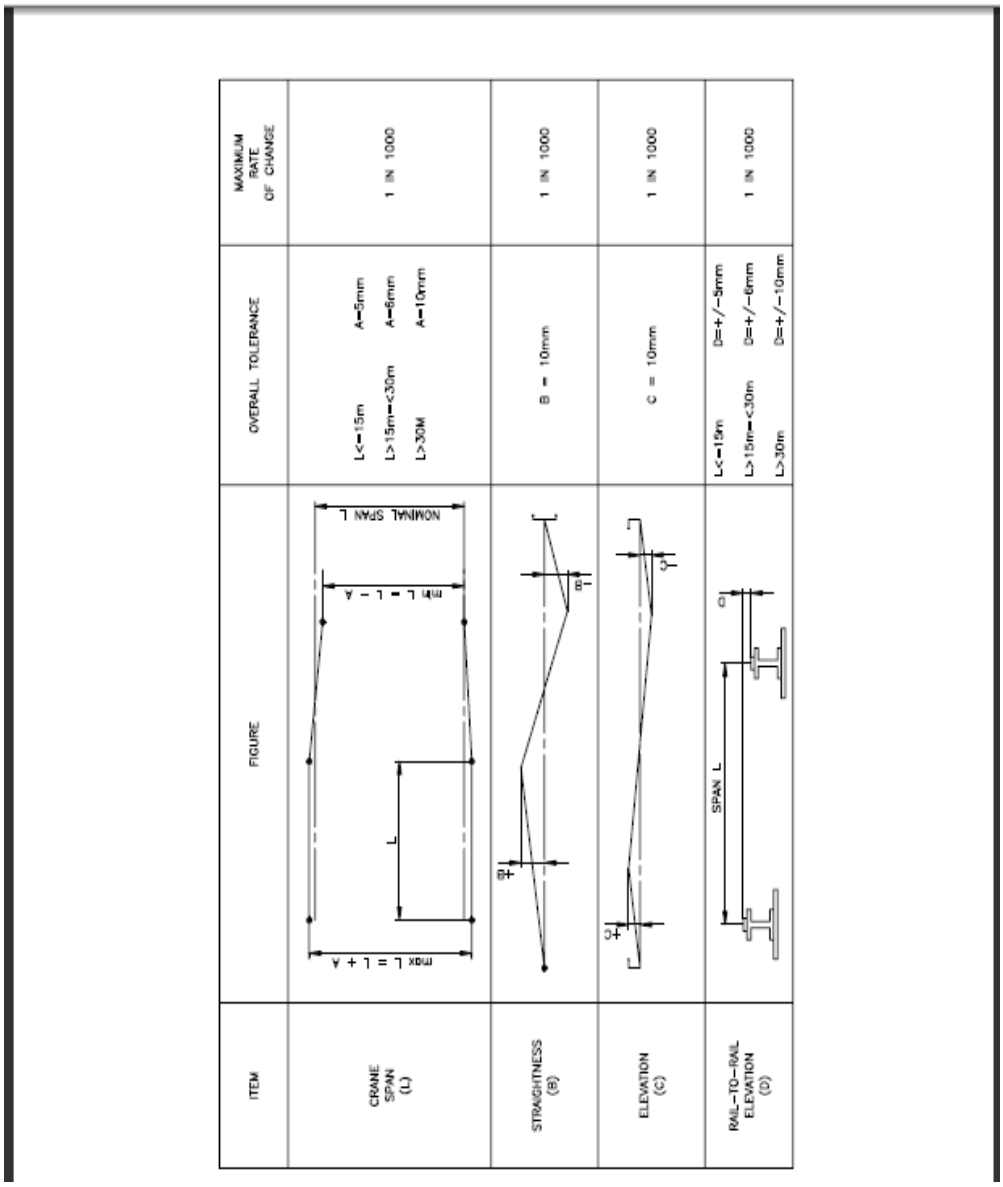


FIGURA Nº 2.21. DETALLES PARA EL APOYO DE LAS GRUAS ENCASILLADAS



ITEM	FIGURE	OVERALL TOLERANCE	MAXIMUM RATE OF CHANGE
CRANE SPAN (L)		L<=15m A=5mm L>15m=<30m A=6mm L>30M A=10mm	1 IN 1000
STRAIGHTNESS (B)		B = 10mm	1 IN 1000
ELEVATION (C)		C = 10mm	1 IN 1000
RAIL-TO-RAIL ELEVATION (D)		L<=15m D=+/-5mm L>15m=<30m D=+/-6mm L>30m D=+/-10mm	1 IN 1000

FIGURA 2.22 TOLERANCIA DE LA VIGA RAIL DEL PUENTE GRUA

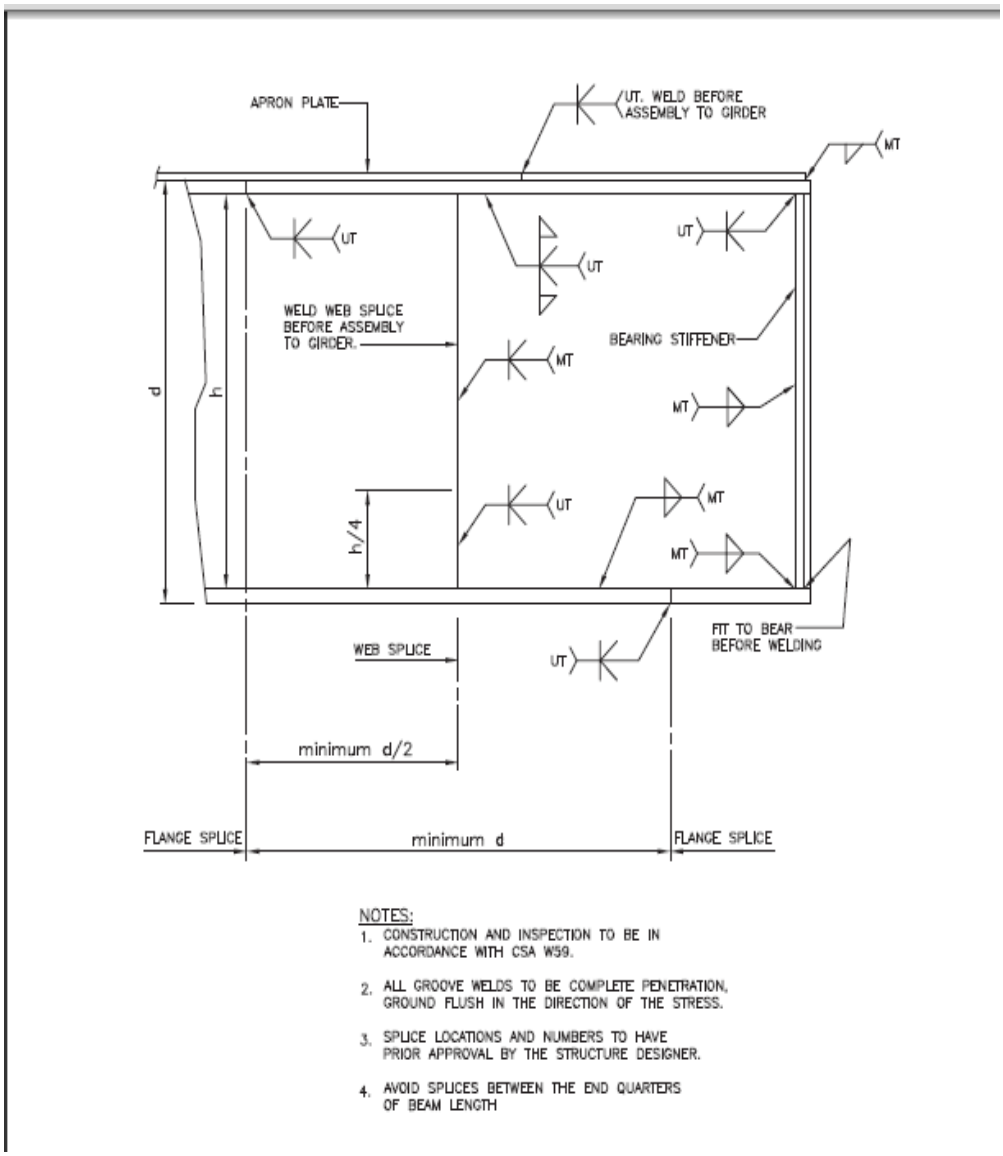


FIGURA Nº2.23 SOLDADURA TÍPICA E INSPECCIÓN PARA LA PRÁCTICA DE ALTA RESISTENCIA EN VIGAS.

2.10.1. Polipasto

Siguiendo los parámetros de selección (Capitulo 2.3), utilizaremos un polipasto propiedad de Arcolands, con las siguientes características.

FIGURA Nº2.24 POLIPASTO.

CARACTERISTICAS

- El eje de salida del motor está montado en el centro de la rueda.
- Conexión del motor por medio de conectores multipolares.
- Limitador eléctrico de sobrecarga.
- Cable de acero con factor 5 de seguridad.
- Final de carrera de elevación y traslación de 4 contactos, 2 de trabajo y 2 de emergencia.
- Diseño compacto para garantizar la máxima elevación.
- Carro riel articulado, para garantizar el contacto total de la rueda con la riel.

COMENTARIO

La selección y diseño de las ruedas de este Puente Grúa, están incluidos por el proveedor del polipasto, tomando en consideración los requerimientos de Arcolands.

2.11. ESFUERZO (σ)

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{\boldsymbol{P}}{\boldsymbol{A'}} =$$

o

$$\sigma = \frac{P \cos \phi}{A}$$

Donde A' es la superficie de la sección c'- c'

$$A' = \frac{A}{\cos \phi}$$

Donde A es la superficie de la sección de la recta c-c.

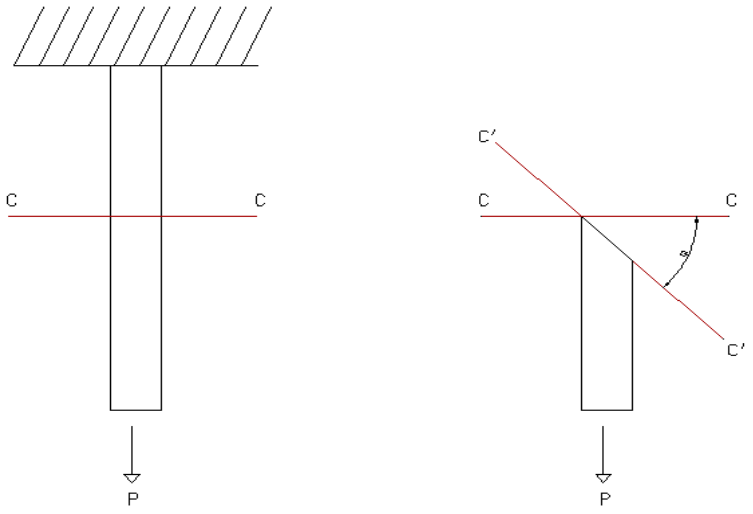


FIGURA Nº2.25 ESFUERZO.

Entonces esta tensión resultante puede descomponerse en 2 componentes normales σn y τ, que son perpendicular y paralela, respectivamente a la sección c'- c'.

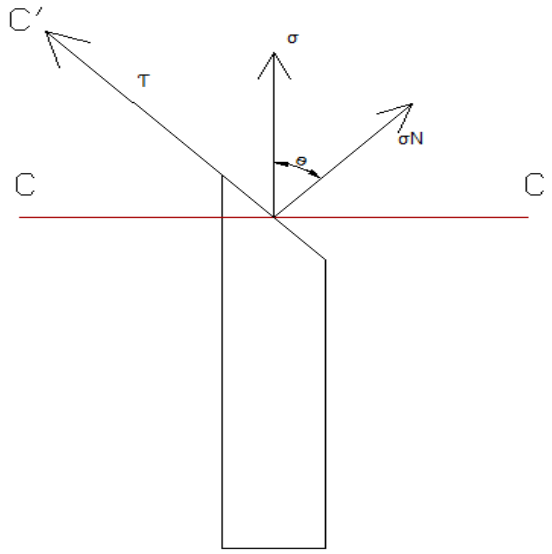


FIGURA Nº2.26 ESFUERZO NORMAL Y TANGENCIAL.

La componente normal de la tensión σ vale:

.σn= σ cosϕ = $\frac{P}{A} cos^2 \phi$

La tensión cortante:

.τ = σ sen ϕ= $\frac{P}{A} sen\phi \cos \phi$

2.12. UNIONES SOLDADAS

Estos son valores generalmente aceptados para soldaduras de arco protegidas.

.τ = 9.5 Kg/mm^2

.σc = σT = 11.2 Kg/mm^2

En la soldadura a tope

Si la fuerza P es de tracción, la fuerza admisible es:

P = σT x t x l

Donde: σT = Tensión admisible a tracción

.t = Espesor de la plancha más delgada

.l= Longitud de la soldadura

Para cargas a compresión

P = σc x t x l

La unión a solape

La fuerza admisible será:

P = τ x 0.707t x l

Donde: τ = Máxima tensión cortante admisible

.t = Ancho del ala

.l = Longitud de la soldadura

2.13. TENSIONES Y DEFORMACIONES

Cuando la tensión varía directamente con la deformación, se dice que el material cumple la ley de hooke

.σ = Ee

Donde E= Constante de proporcionalidad entre la tensión σ y la deformación unitaria e. (módulo de elasticidad)

Entonces la deformación total vale.

$$\delta \frac{Pl}{AE}$$

Esta ecuación es de gran ayuda cuando tenemos cuerpos estáticamente indeterminados.

MATERIAL	MODULO DE ELASTICIDAD (E) Kg/cm^2
Acero	2.1×10^6
Fundición gris	1.05×10^6
Fundición maleable	1.75×10^6
Hierro forjado	1.97×10^6
Latón	1.05×10^6
Bronce	0.84×10^6
Cobre	1.12×10^6
Aluminio	0.72×10^6
Magnesio	0.45×10^6

TABLA Nª 2.8 MODULO DE ELASTICIDAD

2.14. VIGAS

2.14.1. Relación existente entre la fuerza cortante y el momento flector

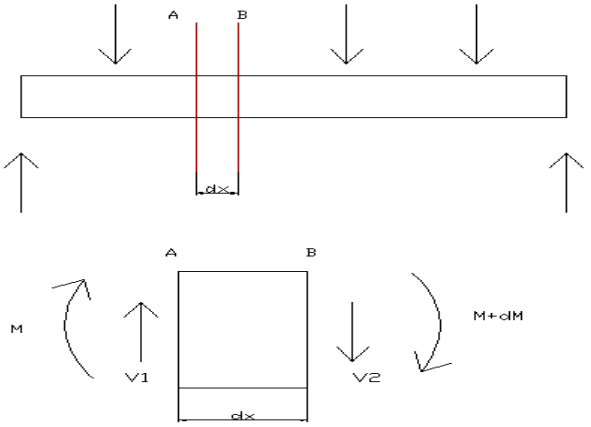


FIGURA Nº2.27 VIGAS.

€Y = 0

V1 – V2 = 0

V1 = V2

€M = 0

V dx + M – (M+dM) = 0

Vdx = dM

V= dM/dx

Entonces la fuerza cortante es por lo tanto, la primera derivada del momento flector con respecto a x.

Si la viga está sometida a una carga distribuida o el peso de la viga, haciendo sumatoria de momentos = 0, entonces tenemos:

M – w dx $(\frac{dx}{2})$ – (M+dM) + V1 dx = 0

Entonces $V = \frac{dM}{dx}$

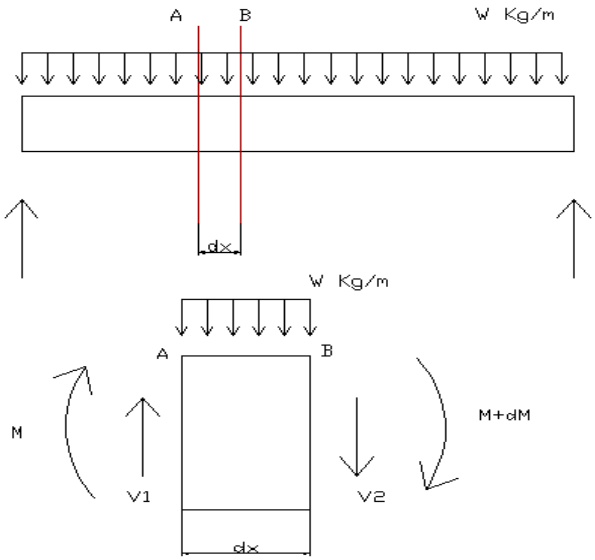


FIGURA Nº2.28 FUERZA CORTANTE.

2.15. TEORIA DE LA FLEXION

.$\sigma = \frac{My}{I}$

Donde σ = Esfuerzo unitario o tensión normal en una capa cualesquiera de la viga, situada a una distancia y de la capa neutra. Es decir la tensión de flexión.

M = Momento de resistencia de la viga, en la sección en que se determina la tensión.

I = Momento de inercia de la totalidad de la sección transversal de la viga con relación al eje neutro, el cual pasa por su centro de gravedad.

Las fibras que se encuentran por debajo de la capa neutra estarán sometidas a tracción, y las que se encuentran por encima a compresión.

2.16. MODULO O MOMENTO RESISTENTE DE LA SECCION

De la fórmula

$\sigma = \frac{My}{I}$

Se deduce

$$\frac{I}{Y\ max} = \frac{M}{\sigma\ max}$$

Donde $\frac{I}{Y\ max} = Módulo\ resistente$

El momento resistente (W), expresa la sección requerida de la viga cuando son conocidas la luz y la carga de la misma, de manera que se puede determinar el momento flector máximo, y haya quedado fijada la tensión admisible al efectuar la elección del material.

El coeficiente I/Y aumenta muy marcadamente con una distribución adecuada del área disponible como sección de la viga.

CAPITULO III

DISEÑO

3.1. CALCULOS

Características Básicas.

- Capacidad máxima de carga: 15Tm
- Longitud entre ejes de carriles: 12 m aprox
- Recorrido útil del gancho: 6.5 m
- Velocidad de elevación 10 Tn: 5/0.83 m/min.
- Velocidad de traslación del carro: 20 m/min.
- Velocidad de traslación del puente: 32 m/ min.
- Potencia motor elevación 15 Tn: 9/1.4 Kw
- Peso aproximado: 5.1 Tn.

Análisis de Cargas

Las cargas que actúan en la viga pueden ser:

- Carga viva (Cv)
- Carga de Seguridad (Cs)
- Carga muerta (Cm)

Cv = Carga que el puente levanta = 15 Tm = 15000 Kg. (Máximo)

Cs = Carga de seguridad para el diseño de estructuras, se considera un factor de seguridad entre el 25 a 30 % de la carga a soportar.

Cs = 15000 Kg * 0.3 = 4500 Kg.

Para calcular la carga muerta, se supone las dimensiones de la sección del perfil de la viga puente.

3.1.1. Viga Puente

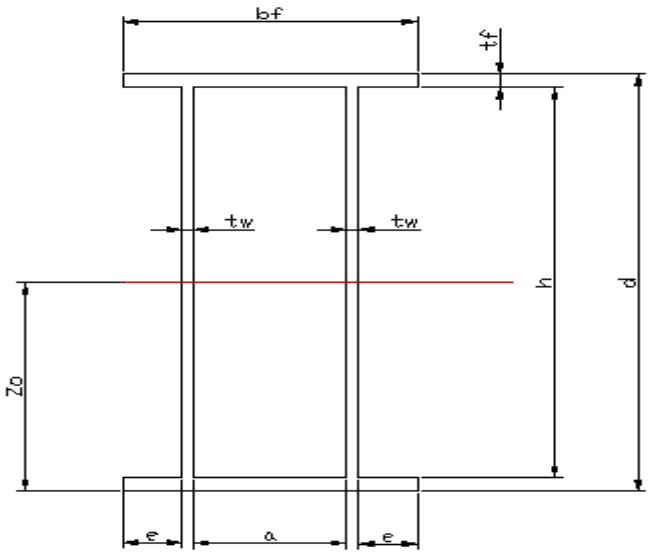


FIGURA 3.1. VIGA PUENTE

d = 95 cm

bf = 50 cm

tf = 3 cm

tw = 2 cm

e = 10 cm

a = 32 cm.

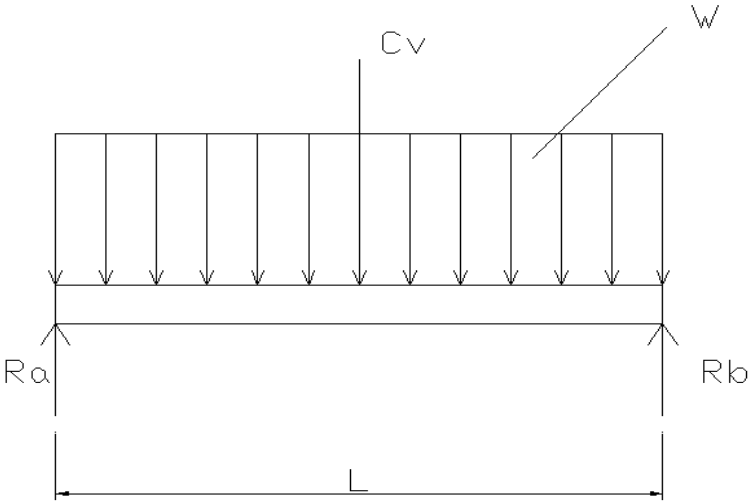


FIGURA 3.2. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE EN LA VIGA PUENTE

3.1.2. Area de la viga.

Af = (bf * tf) = (50 cm * 3 cm) = 150 cm^2.

Aw = (d – 2 ft) * tw = (95 – 2 (3)) cm * 2 cm = 178 cm^2.

AT = 2(Af + Aw) = 2(150 + 178) cm^2 = 656 cm^2.

3.1.3. Peso de la viga por centímetro.

$$\frac{w}{L} = \frac{V}{L}$$

$$\frac{w}{L} = \quad .A$$

$$\frac{w}{L} = \left(2\ (bf * tf) + 2\big((d - 2tf)tw\big)\right) \Upsilon \text{ acero}$$

$$\frac{w}{L} = \left(2(0.5 * 0.03) + 2\big((0.95 - 2 * 0.03)0.02\big)\right) 7840\ Kg/m$$

$$\frac{w}{L} = (0.03 + 0.0351)7840\ Kgf/m$$

$$\frac{w}{L} = 514.3\,\frac{Kg}{m}$$

$$\frac{w}{L} = 5143\ Kg/cm$$

3.1.4. Inercia respecto al eje X

Considerando que la sección es simétrica, la distancia al yi neutro será:

Zo = 47.5 cm.

$I_{xx}=\frac{bf*tf^3}{12}+2\left(\frac{tw(d-2tf)^3}{12}\right)+\frac{bf*tf^3}{12}+tf*bf(Zo-\frac{tf}{2})^2+2\left((d-2tf)tw*\left(Zo-(\frac{d-2tf}{2})\right)^2\right)+bf*tf(d-Zo-\frac{tf}{2})^2$

$I_{xx}=\frac{50*3^3}{12}+2\left(\frac{2(95-2*3)^3}{12}\right)+\frac{50*3^3}{12}+3*50(47.5-\frac{3}{2})^2+2\left((95-2*3)2*\left(47.5-(\frac{95-2*3}{2})\right)^2\right)+50*3(95-47.5-\frac{3}{2})^2$

I_{xx}= 112.5+234989.66+112.5+317400+2(178*9)+317400 cm^4

I_{xx}= 873218.66 cm^4

La sección resistente S_{xx1} respecto al eje x es:

$S_{xx1}=\frac{I_{xx}}{Zo}$

$S_{xx1}=\frac{873218.66}{47.5}$ = 18383.55 cm^3

De la misma manera hallamos I_{yy}

$I_{yy}=2(\frac{tf*bf^3}{12})+2(\frac{(d-2tf)tw^3}{2})$

I_{yy} = 63212 cm^4

$S_{yy}=(\frac{2\,I_{yy}}{bf})$

$S_{yy}=(\frac{2\,(63212)}{50})$= 2528.48 cm^3

3.1.5. Verificación si la sección es compacta

Sección compacta en patines

$\frac{bf}{2\,tf}\leq\frac{425}{\sqrt{Fy}}\,;\,\frac{50}{2*3}\leq\frac{425}{\sqrt{2530}}$

$8.3\leq 8.45$

∴ La sección SI es compacta, por lo tanto no debe revisarse el pandeo lateral.

3.1.6. Radio de Giro

Reemplazamos algunos valores obtenidos en la siguiente ecuación.

.rt= Radio de Giro

$$rt = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} * I_{yy}}{Af + \frac{Aw}{6}}}$$

$$rt = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} * 63212}{150 + 2\frac{178}{6}}}$$

$$rt = \sqrt{\frac{31606}{209.33}} = 12.28 \text{ cm}$$

3.1.7. Valor de la Esbeltez

Reemplazando el radio de giro se obtiene el valor de la esbeltez que es:

$\frac{L}{rt} = \frac{1200}{12.28} = 97.658$

3.1.8. Esfuerzo permisible a Flexión

Como la distribución de momentos es simétrico respecto al desplazamiento del peso a través de la viga puente, para calcular el esfuerzo permisible a flexión primero tomamos en cuenta la siguiente relación.

$$2694\sqrt{\frac{Cb}{Fy}} \leq \frac{L}{rt} \leq 6025\sqrt{\frac{Cb}{Fy}}$$

Fy= 2530 Kg/cm^2 y Cb= 1

53.55$\leq \frac{L}{rt} \leq 119.02$ SI CUMPLE

Entonces el esfuerzo permisible a flexión es:

Fb=$(\frac{2}{3} - \frac{Fy(\frac{L}{rt})^2}{108.88*10^6}Cb)Fy \leq 0.6Fy$

Fb=$(\frac{2}{3} - \frac{2530(97.65)^2}{108.88*10^6}1)2530\ Kg/cm^2$

Fb= (0.445) 2530 Kg/cm^2$\leq$ 0.6 Fy

Fb= 1125.99 Kg/cm^2 $\leq$ 0.6 Fy

Fb= 1126 Kg/cm^2 $\leq$ 1518 Kg/cm^2

Entonces el momento máximo de la viga seccionada será:

M_{xx1}= Fb*S_{xx}

M_{xx1}= 1126 Kg/cm^2 * 18383.55 cm^3

M_{xx1}= 20699786.04 Kg.cm.

Este es el momento que puede soportar la viga seleccionada y la comparamos con el momento actuante.

3.1.9. Cálculo del momento actuante

Para ello se necesita los valores de Carga viva, de seguridad, muerta.

Cv = 15000 Kg

Cs = 4500 Kg

Cm = Peso propio de la viga + Peso polipasto

Cm= W*L + 750Kg

L= 1200 cm

Cm= 5.143 Kg/cm (1200 cm)+ 750 Kg

Cm= 6921.6 Kg

Primero calcularemos la fuerza de frenado del puente grúa.

Se conoce que hay dos desaceleraciones, una con carga y otra sin carga, y se asume un tiempo de frenado no mayor a 4 seg.

Si la velocidad inicial Vo= 20 m/min (con carga)

Vo= 32 m/min (sin carga)

Yen ambos casos Vf= 0 m/min

Entonces Vf= Vo+a.t

Con carga 0= 20 m/60s + a(45) a= - 0.083 m/s^2

Sin carga 0= 32 m/60s + a(45) a= - 0.133 m/s^2

Entonces:

F= m*a

F= (6921+ 15000+ 4500)Kg(0.083 m/s^2) = 2192.94 N (con carga)

F= (6921+4500)Kg (0.133 m/s^2)= 1518.9 N (sin carga)

Las reacciones en la viga son

$$\epsilon Fy = 0$$

Ra+Rb=W*L+Cs+Cv

Ra+Rb= 6921+ 4500 + 15000 Kg

Ra=Rb= 13210.5 Kg.

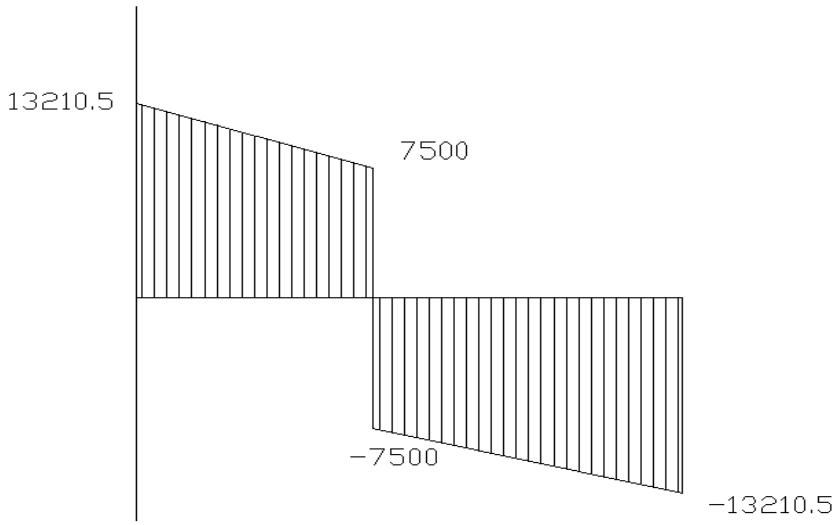


FIGURA3.3. DIAGRAMA DE CORTE

Los momentos de diseño debido a cargas puntuales y al peso propio se producen en los puntos cercanos, entonces se puede asumir que coinciden

$$M_{TVP} = Mc + Mw$$

Donde

M_{TVP}= Momento total viga puente

Mc= Momento debido a cargas verticales

Mw= Momento debido al peso propio de la viga.

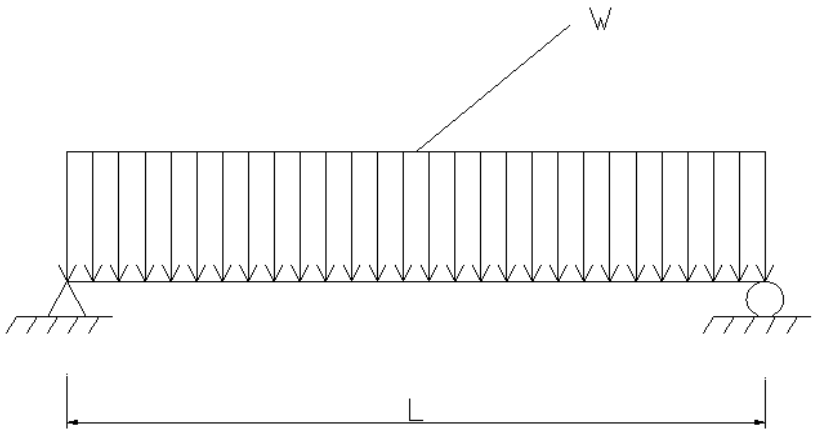


FIGURA 3.4. DIAGRAMA DE CARGA DISTRIBUIDA DE LA VIGA PUENTE

Mw=$\frac{W*L^2}{8}$= $\frac{5.143\ Kg/cm*1200^2 cm^2}{8}$

Mw= 925740 Kg.cm

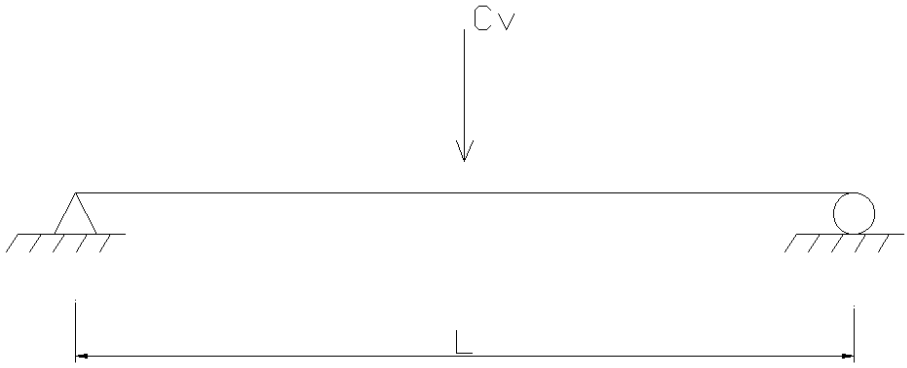


FIGURA 3.5. DIAGRAMA DE PESO CONCENTRADO

Mc=$\frac{Cv*L}{4}$= $\frac{15000\ Kg*1200\ cm}{4}$

Mc= 4500000 Kg.cm

El momento Total

M_{TVP}= Mc + Mw

M_{TVP}= 4500000 + 925740 Kg.cm

M_{TVP}= 5425740 Kg.cm

Entonces $M_{xx1} > M_{TVP}$

El momento que puede soportar la sección es mayor al momento actuante.

= El perfil seleccionado es satisfactorio

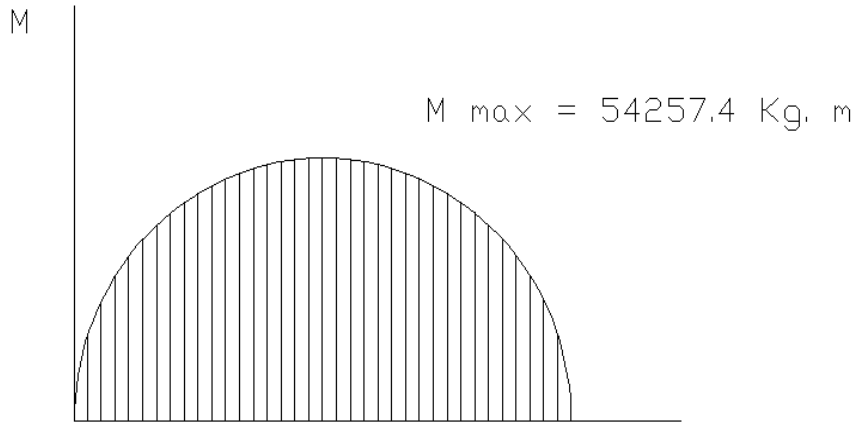


FIGURA 3.5.1 MOMENTO TOTAL VIGA PUENTE

3.1.10. Factor de Seguridad

fb perfil = M_{TVP} / S_{xx1}

.fb perfil = $\frac{5425740}{18383.55}\frac{Kg.cm}{cm^3}$= 295.14$\frac{Kg}{cm^2}$

ŋ= $\frac{Fy}{fb\ perfil}$= $\frac{2530}{295.14}\frac{\frac{Kg}{cm^2}}{\frac{Kg}{cm^2}}$

ŋ = 8.57

3.1.11. Esfuerzo cortante de la sección seleccionada

El esfuerzo máximo cortante es:

.fr = $\frac{V}{d} * tw$

V = 13210 Kg

.d = 95 cm

.tw = 2 cm

.fr = $\frac{13210\ Kg}{95\ cm} * 2\ cm$ = 278.10 Kg

Para el cálculo de esfuerzo máximo permisible se cumple:

$\frac{h}{tw} \leq \frac{3190}{\sqrt{Fy}}$ (Fy en Kg/ cm^2)

$$\frac{89}{2} \leq \frac{3190}{\sqrt{2530}}$$

44.5 ≤ 63.42 Si cumple

Entonces el esfuerzo cortante permisible es:

Fv = 0.4 Fy (Fy en Kg/cm^2)

Fv = 0.4 (2530) = 1012 kg/ cm^2

3.1.12. Deflexión Viga Puente

La deflexión para una viga puente con carga distribuida se puede obtener a través de:

$$\Delta_1 = \frac{5 * w * L^4}{384 * E * I_{xx}}$$

Donde:

W = 5.143 Kg/cm

L = 1200 cm

E = 29000 KSI = 2043000 Kg/cm^2

I_{xx} = 873218.66 cm^4

$$\Delta_1 = \frac{5 * 5.143\ Kg/cm * (1200\ cm)^4}{384 * 2043000 \frac{Kg}{cm^2} * 873218.66 cm^4}$$

$$\Delta_1 = 0.077\ cm$$

Mientras que la deflexión para cargas puntuales

$$\Delta_2 = \frac{Cv * L^3}{48 * E * I_{xx}}$$

Donde

Cv = 15000 Kg

L = 1200 cm

$$\Delta_2 = \frac{15000\ Kg * (1200\ cm)^3}{48 * 2043000 \frac{Kg}{cm^2} * 873218.66 cm^4}$$

$$\Delta_2 = 0.30\ cm$$

$\Delta_{Total} = \Delta_1 + \Delta_2$= 0.077 cm + 0.30 cm = 0.379 cm

Para el diseño de vigas en puentes grúas en el manual de ASD tenemos que Δ= 1/400 del claro

$$\Delta_{Total} = 3\ cm$$

Entonces la deflexión calculada es menor que la permitida

0.379 < 3 cm (SI CUMPLE EL DISEÑO)

3.2.1. Diseño de Testeros

Para este cálculo se debe tener en cuenta las fuerzas que actúan sobre la viga testera, ilustrado en la siguiente grafica

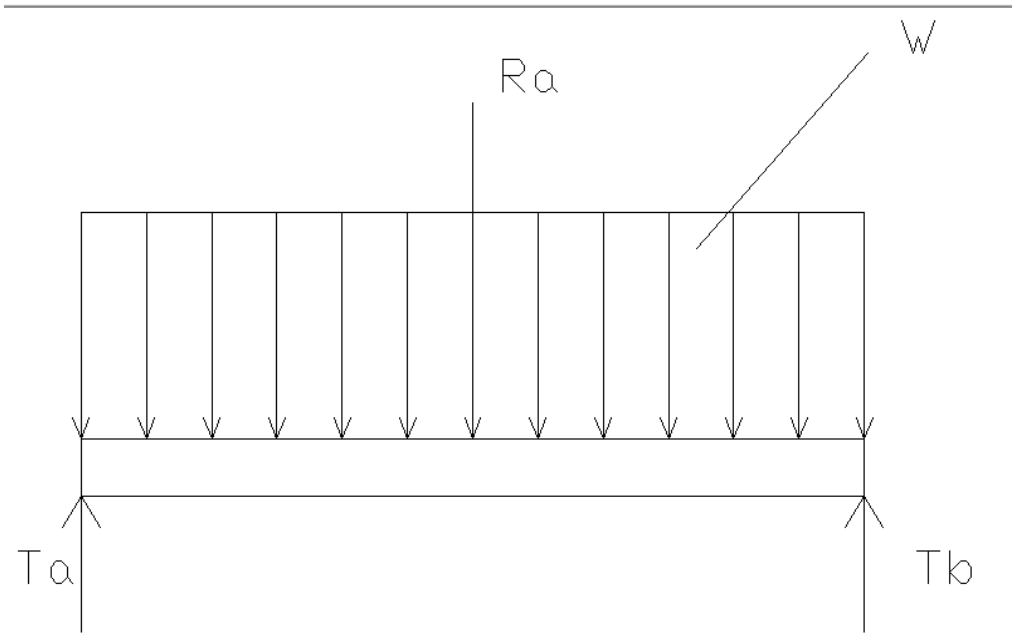


FIGURA 3.6. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE VIGA TESTERA

LT = Longitud del testero

Ra = 13210.5 Kg

Wc = Carga distribuida carro testero

Wc = 0.947 Kg/cm

L_{CT} = 220 cm

$$\epsilon Fy = 0$$

= Ta + Tb = Ra + Wc. Lct

= Ta + Tb = 13210.5 + 0.947 (220)

Ta + Tb = 13418.84

Como Ta = Tb

2 Ta = 13418.84 Kg

Ta = 6709.42 Kg

A continuación el diagrama de corte de la viga

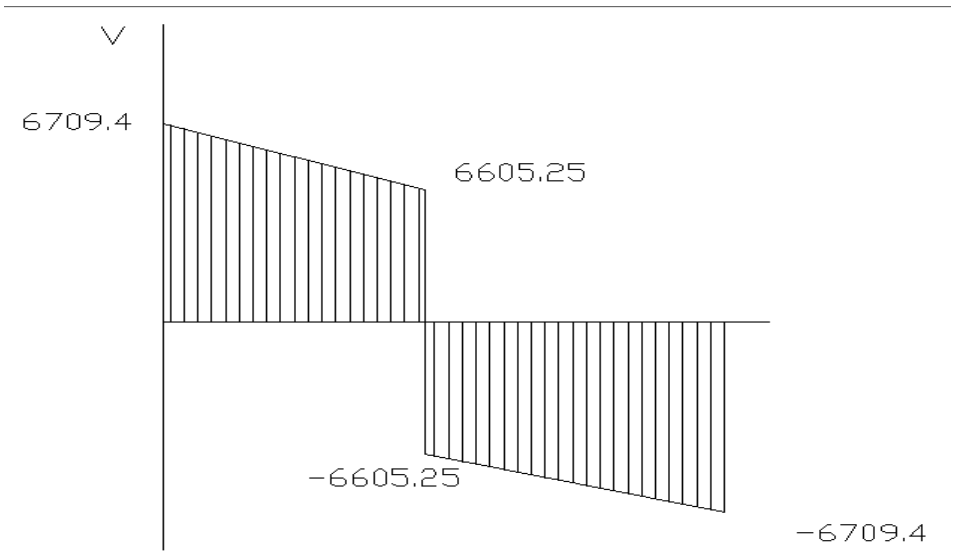


FIGURA 3.7. DIAGRAMA DE CORTE DE LA VIGA

3.2.2. Cálculos de momentos de diseño

Los momentos de diseño debido a cargas puntuales y al peso propio se producen en los puntos cercanos. Se puede asumir que coinciden y por lo tanto:

$M_{Tt} = M_{CT} + M_{WT}$

El momento de la fuerza concentrada en el centro se muestra en la figura.

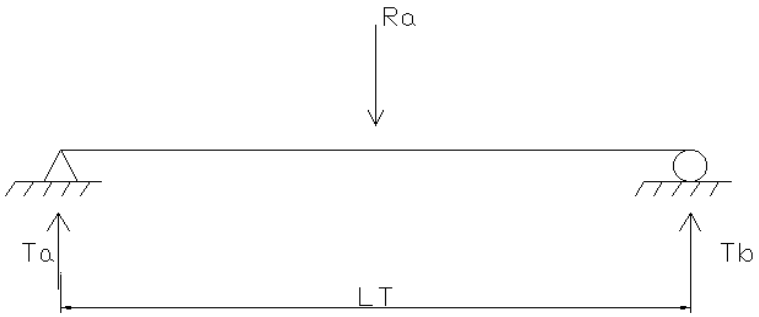


FIGURA 3.8. FUERZA CONCENTRADA PARA EL TESTERO

$M_{CT} = \frac{Ra*L_{CT}}{4} = \frac{13210.5\ Kg*220\ cm}{4}$

M_{CT}= 726577.5 Kg cm

El momento debido al peso propio de la viga es:

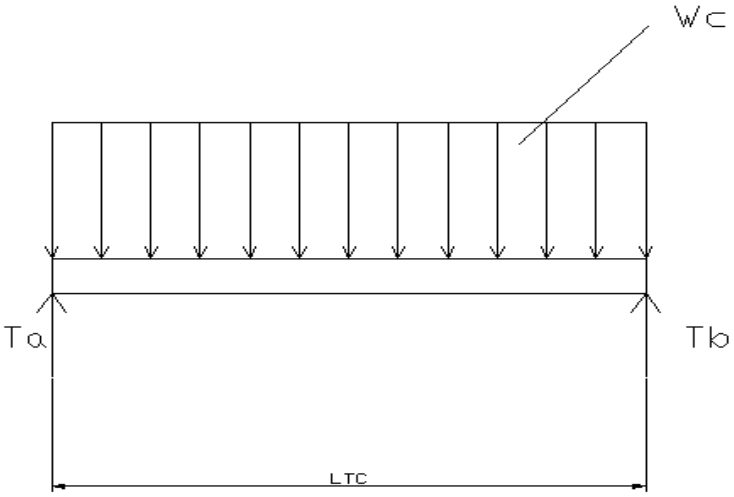


FIGURA 3.9. FUERZA DISTRIBUIDA PARA EL TESTERO

$M_{WT} = \frac{Wt*L_{TC}{}^2}{8} = \frac{0.947\frac{Kg}{cm}*\ 220^2 cm^2}{8}$

M_{WT} = 5729.35 Kg cm.

El momento total es:

$M_{T\ Total} = M_{CT} + M_{WT}$

$M_{T\ Total} = 726577.5 + 5729.35$ Kg cm

$M_{T\ Total} = 732306.85$ Kg cm $= 7323.06$ Kg m

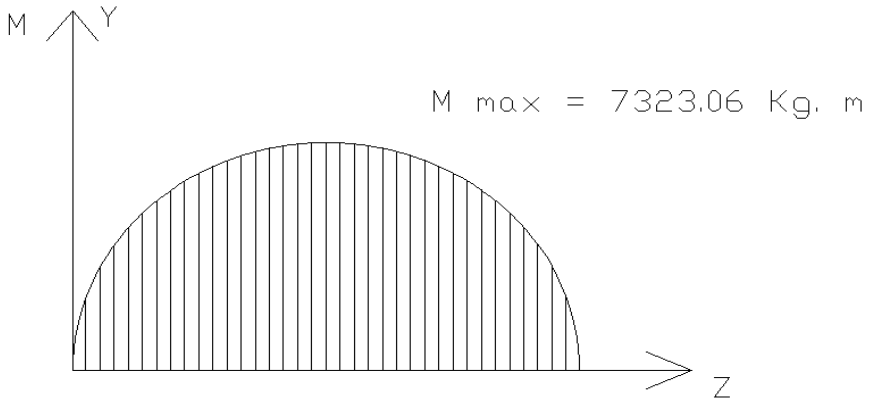


FIGURA 3.10. MOMENTO TOTAL VIGA TESTERA

3.2.3. Selección del perfil

Para el diseño de testeros se ha seleccionado perfiles de acero A-36 UPN 260, los que se cortan según los requerimientos que se tenga, obteniendo una sección rectangular con características tal como se muestra en la figura.

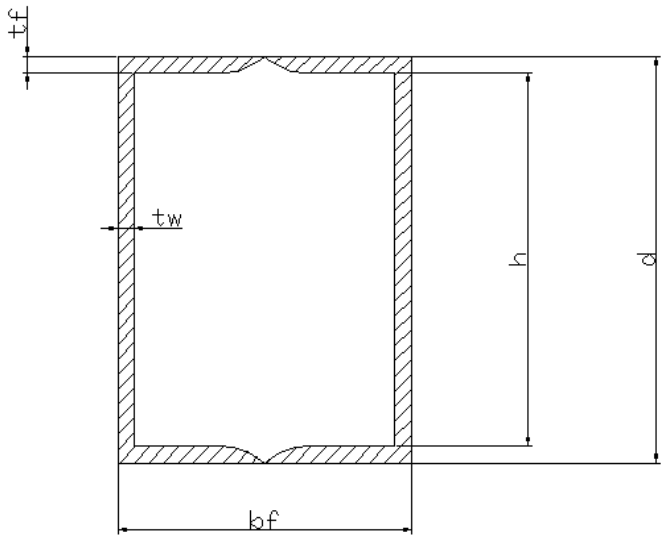


FIGURA 3.11. PERFIL DE TESTEROS

.d = 26 cm

.bf = 18 cm

.tf = 1.8 cm

.tw = 1.25 cm

3.2.4. Área de la viga testera

Af = bf * tf = (18 * 1.8) cm^2 = 32.4 cm^2

Aw = (d- 2tf) tw = (26 – 2*1.8)1.25 cm^2 = 28 cm^2

AT = 2(Af+Aw)

AT = 2(32.4+28) cm^2 = 120.8 cm^2

3.2.5. Peso de la viga

W (Kg/m) = $\left(2\ (bf * tf) + 2\big((d - 2tf)tw\big)\right)$ ϒ acero

W (Kg/m) = $\left(2\ (0.18 * 0.018) + 2\big((0.26 - 2 * 0.018)0.0125\big)\right) 7840$

W (Kg/m) = (0.00648 + 0.0056) 7840

W (Kg/m) = 94.70 Kg/m = 0,947 Kg/cm

Distancia del eje neutro de Inercia.

Considerando que la sección es simétrica, la distancia al eje neutro será:

Zo = 13 cm

3.2.6. Inercia respecto al eje X

$I_{xx}= \frac{bf*tf^3}{12} + 2\left(\frac{tw(d-2tf)^3}{12}\right) + \frac{bf*tf^3}{12} + tf*bf(Zo-\frac{tf}{2})^2 + 2\left((d-2tf)tw*\left(Zo-(\frac{d-2tf}{2})\right)^2\right) + bf*tf(d-Zo-\frac{tf}{2})^2$

$I_{xx}= \frac{18*1.8^3}{12} + 2\left(\frac{1.25(26-2*1.8)^3}{12}\right) + \frac{18*1.8^3}{12} + 1.8*18(13-\frac{1.8}{2})^2 + 2\left((26-2*1.8)1.25*\left(13-(\frac{26-2*1.8}{2})\right)^2\right) + 18*1.8(26-13-\frac{1.8}{2})^2$

$I_{xx} =$ 8.748 + 1170.77 + 8.748 + 4743.68 + 2(22.4)(2.25)+4743.42 cm^4

$I_{xx} =$ 10776.42 cm^4

La sección con respecto al eje X será:

$S_{xx1} = \frac{I_{xx}}{Zo}$

$S_{xx1} = \frac{10776.4cm^4}{13cm} = 828.95\ cm^3$

3.2.7. Inercia respecto al eje Y:

$I_{yy} = 2(\frac{tf*bf^3}{12}) + 2(\frac{(d-2tf)tw^3}{2})$

$I_{yy} = 2(\frac{1.8*18^3}{12}) + 2(\frac{(26-2*1.8)1.25^3}{2})cm^4$

$I_{yy} = 1749.6+93.75\ cm^4$

$I_{yy} = 1793.35\ cm^4$

3.2.8. Verificación de sección compacta

La verificación se realiza con las siguientes ecuaciones:

$\frac{bf}{2\,tf} \leq \frac{425}{\sqrt{Fy}}\ ;\ \frac{18}{2*1.8} \leq \frac{425}{\sqrt{2530}}$

$5 \leq 8.449$

Y

$\frac{d}{tw} \leq \frac{3540}{\sqrt{Fy}}\ ;\ \frac{26}{1.25} \leq \frac{3540}{\sqrt{2530}}$

$20.8 \leq 70.37$

$\therefore\ La\ sección\ es\ compacta$

Entonces no calculamos el pandeo lateral.

3.2.9. Cálculo de esfuerzo flexionante permisible de la sección seleccionada.

$Fb = 0.66\ Fy = 0.66*2530\ Kg/cm^2$

$Fb = 1669.8\ Kg/cm^2$

A continuación calculamos el valor de sección resistente S_{xx2} que se requiere para resistir el momento flexionante

$$S_{xx2}=\frac{M_{T\,Total}}{Fb}=\frac{732306.85\ Kg\ cm}{1669.8\frac{Kg}{cm^2}}$$

S_{xx2}= 438.56 cm^3

3.2.10. Factor de Seguridad

El factor de seguridad para el perfil diseñado será

fb perfil = M_T total / S_{xx1}

.fb perfil = $\frac{732306.85}{828.95}\frac{Kg.cm}{cm^3}$= 883.41$\frac{Kg}{cm^2}$

$$\eta=\frac{Fy}{fb\ perfil}=\frac{2530}{883.41}\frac{\frac{Kg}{cm^2}}{\frac{Kg}{cm^2}}$$

ŋ= 3.0

3.2.11. Esfuerzo cortante de la sección seleccionada

El esfuerzo máximo cortante es:

.fr = $\frac{V}{d} * tw$

.fr = $\frac{6683\ Kg}{26\ cm} * 1.25\ cm$ = 321.29 Kg

Para el cálculo de esfuerzo máximo permisible se cumple:

$\frac{h}{tw} \leq \frac{3190}{\sqrt{Fy}}$ (Fy en Kg/ cm^2)

$$\frac{22.4}{1.25} \leq \frac{3190}{\sqrt{2530}}$$

17.92 ≤ 63.42 Si cumple

3.2.12. Deflexión Viga testera

La deflexión para una viga testera con carga distribuida se puede obtener a través de:

$$\Delta_1 = \frac{5 * w * L^4}{384 * E_x * I_{xx}}$$

Donde:

W = 0.947 Kg/cm

L = 220 cm

E = 29000 KSI = 2043000 Kg/cm^2

I_{xx} = 10776.42 cm^4

Ra= 13210.5 Kg

$$\Delta_1 = \frac{5 * 0.947\ Kg/cm * (220\ cm)^4}{384 * 2043000 \frac{Kg}{cm^2} * 10776.42 cm^4}$$

$$\Delta_1 = 0.0013\ cm$$

Mientras que la deflexión para cargas puntuales

$$\Delta_2 = \frac{Ra * L^3}{48 * E * I_{xx}}$$

$$\Delta_2 = \frac{13210.5\ Kg * (220\ cm)^3}{48 * 2043000 \frac{Kg}{cm^2} * 10776.42 cm^4}$$

$$\Delta_2 = 0.1331\ cm$$

$\Delta_{Total} = \Delta_1 + \Delta_2$= 0.013 cm + 0.1331 cm = 0.1461 cm

Δ= 1/400 del claro, entonces $\Delta_{Total} = 0.55\ cm$

Entonces 0.1461 < 0.55 cm (SI CUMPLE EL DISEÑO)

3.3.1. Diseño de la viga carrilera

3.3.2. Cálculo de fuerzas sobre la viga

Para este cálculo se debe tener en cuenta las fuerzas que actúan sobre la viga carrilera ilustrada como sigue.

ϒ= Peso específico = 7840 Kg/m^3

W* ϒ*V

Dimensiones viga carrilera. (Perfil HEB 300)

.d= 30 cm

.bf= 30 cm

.tf= 1.6 cm

.tw= 1.6 cm

.h= d-2tf = (30-2*1.6) cm = 26.8 cm

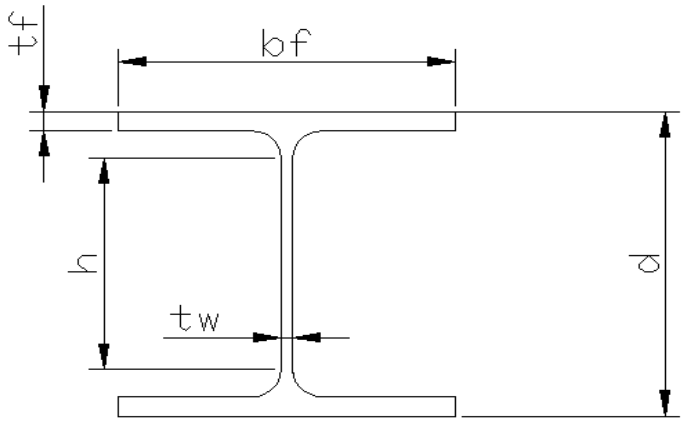


FIGURA 3.12. VIGA CARRILERA

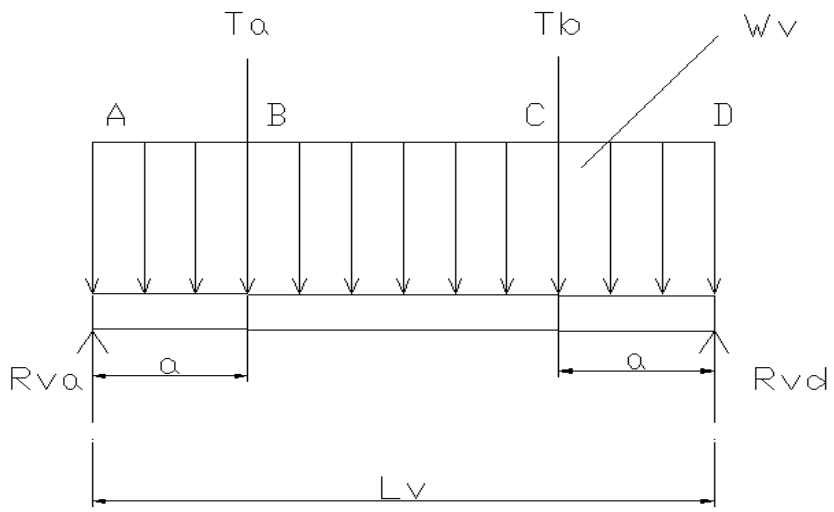


FIGURA 3.13. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA VIGA CARRILERA

Lv = Longitud entre columnas

P= 6709.4 Kg

Lv = 500 cm

3.3.3. Peso de la viga carrilera

Wv (Kg/m) = (2bf*tf+(d-2tf)*tw)ϒ acero

Wv (Kg/m) = (2*0.3*0.016+(0.3-2*0.016)*0.016)7840

Wv (Kg/m) = (0.0096 + 0.00428)7840Kg/m

Wv (Kg/m) = 108.88 Kg/m = 1.08 Kg/cm

$$\epsilon Fy = 0$$

Rva+Rvd-2(6709.4)-Wv*Lv=0

Rva+Rvd-13418.8-1.08*500=0

Rva+Rvd-13418.8-540 = 0

Rva+Rvd- 13958.8 Kg

Rva = Rvd = $\frac{13958}{2} Kg$

Rva = Rvd= 6979.4 Kg

A continuación se muestra el diagrama de esfuerzos cortantes en la viga carrilera.

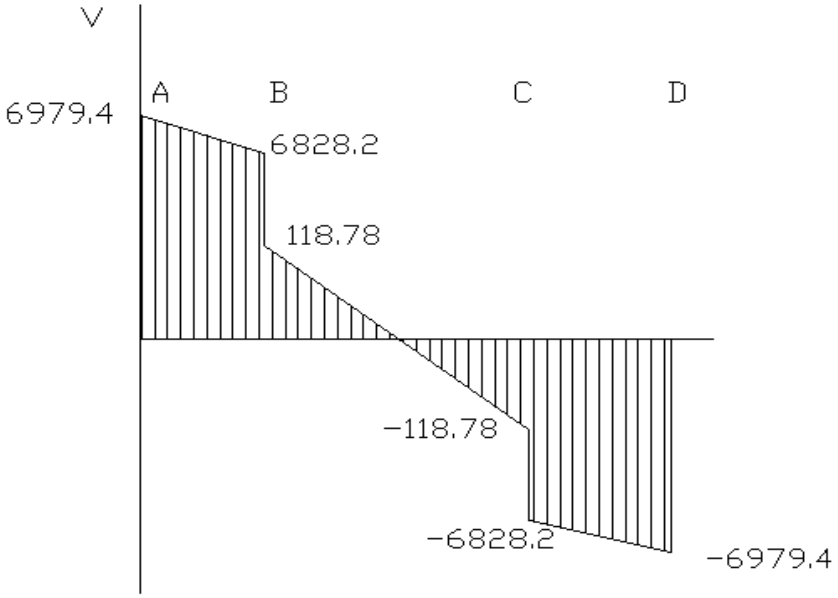


FIGURA 3.14. DIAGRAMA DE CORTE PARA VIGA CARRILERA

En el siguiente diagrama se muestra la carga distribuida en la viga carrilera.

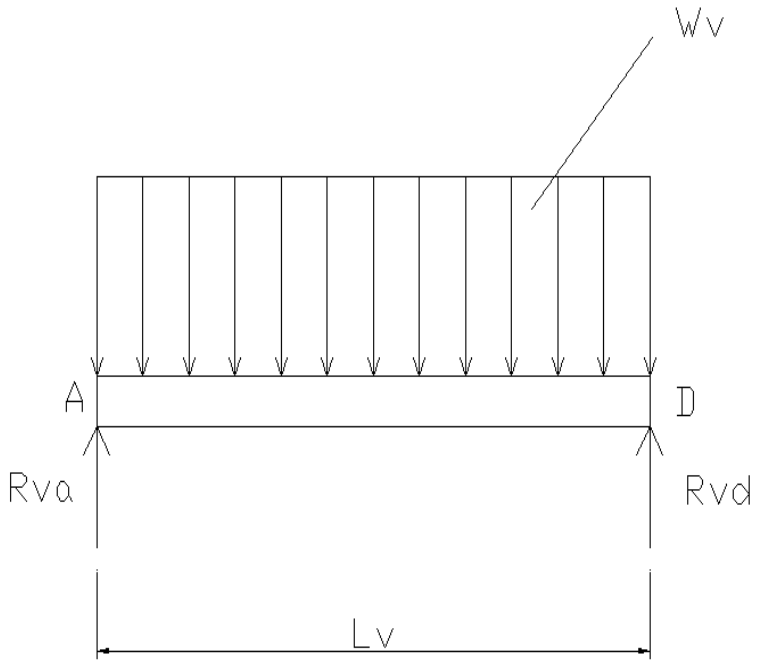


FIGURA 3.15. CARGA DISTRIBUIDA EN VIGA CARRILERA

3.3.4. Momento en la viga carrilera debido al peso propio es:

$M_{CD} = \frac{W*L^2}{8}$

$M_{CD} = \frac{1.08*500^2}{8}$

M_{CD} = 33750 Kg.cm

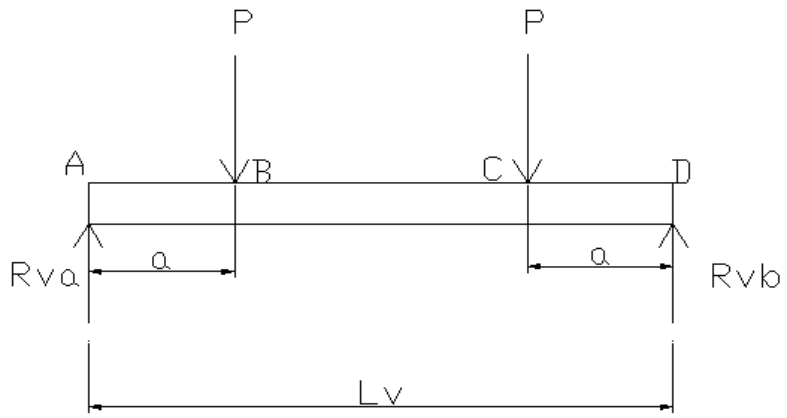


FIGURA 3.16. CARGAS CONCENTRADAS EN FORMA UNIFORME

.a = $\frac{500-220}{2} = 140\ cm$

M_{CC} = P*a = 6709.4Kg*140 cm

M_{CC}= 939316 Kg cm

El momento total es:

M_{Tvc}= M_{CD}+M_{CC}

M_{Tvc}= 33750+939316 Kg cm

M_{Tvc}= 973066 Kg.cm

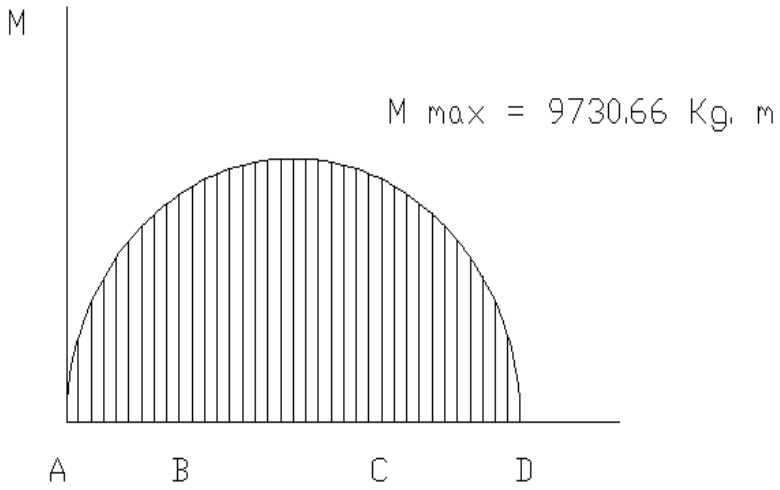


FIGURA 3.17. DIAGRAMA DE MOMENTO TOTAL VIGA CARRILERA

3.3.5. Selección del perfil

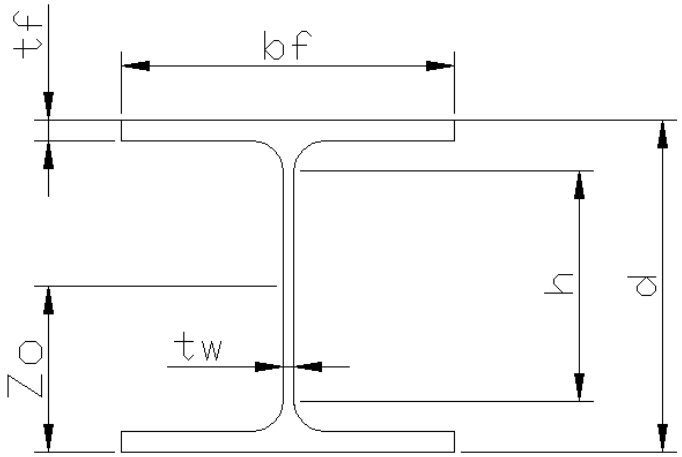


FIGURA 3.18. PERFIL SELECCIONADO

.d = 30 cm

.bf = 30 cm

.tw = 1.6 cm

.tf = 1.6 cm

3.3.6. Área de la viga

Af = bf * tf = (30 * 1.6) cm^2 = 48 cm^2

Aw = (d- 2tf) tw = (30 – 2*1.6)1.6 cm^2 = 42.88 cm^2

AT = 2(Af+Aw)

AT = 2(48+42.88) cm^2 = 138.88 cm^2

Distancia entre eje neutro de inercia

Z_o= 15 cm

3.3.7. Inercia respecto al eje X

$$I_{xx}=\frac{bf*tf^3}{12}+\left(\frac{tw(d-2tf)^3}{12}\right)+\frac{bf*tf^3}{12}+tf*bf(Zo-\frac{tf}{2})^2+\ ((d-2tf)tw*\left(Zo-(\frac{d-2tf}{2}))^2\right)+bf*tf(d-Zo-\frac{tf}{2})^2$$

$$I_{xx}=\frac{30*1.6^3}{12}+\left(\frac{1.6(30-2*1.6)^3}{12}\right)+\frac{30*1.6^3}{12}+1.6*30(15-\frac{1.6}{2})^2+\ ((30-2*1.6)1.6*\left(15-(\frac{30-2*1.6}{2}))^2\right)+30*1.6(30-15-\frac{1.6}{2})^2$$

I_{xx}= 10.24 + 2566.51 + 10.24 + 9678.72 + 109.77 + 9678.72 cm^4

I_{xx}= 22054.2 cm^4

La sección con respecto al eje X será:

$$S_{xx}=\frac{I_{xx}}{Zo}$$

$S_{xx}= \frac{22054.2cm^4}{15cm} = 1470.28\ cm^3$

3.3.8. Inercia respecto al eje Y:

$I_{yy}= 2(\frac{tf*bf^3}{12}) + (\frac{(d-2tf)tw^3}{2})$

$I_{yy}= 2(\frac{1.6*30^3}{12}) + (\frac{(30-2*1.6)1.6^3}{2})cm^4$

$I_{yy}= 7200 + 54.88\ cm^4$

$I_{yy}= 7254.88\ cm^4$

La sección respecto al eje y es:

$S_{yy}= \frac{2I_{yy}}{bf}$

$S_{yy} = \frac{7254.88cm^4}{30\ cm} = 241.83\ cm^3$

3.3.9. Verificación de sección compacta

La verificación se realiza con las siguientes ecuaciones:

$\frac{bf}{2\ tf} \leq \frac{425}{\sqrt{Fy}}$; $\frac{30}{2*1.6} \leq \frac{425}{\sqrt{2530}}$

$9.375 \leq 8.45$

No cumple

Y

$\frac{d}{tw} \leq \frac{3540}{\sqrt{Fy}}$; $\frac{30}{1.6} \leq \frac{3540}{\sqrt{2530}}$

$18.75 \leq 70.37$

$\therefore$ *Como la sección no es compacta se calcula las siguientes especificaciones*

Si Lb= 500 cm

Lb ≤ Lc = $(\frac{1.4*10^6}{\left(\frac{d}{nf}\right)*Fy})$

Lb ≤ Lc = $(\frac{1.4*10^6}{\left(\frac{30}{48}\right)*2530})$

Lc = 885.37 cm

Como Lb ≤ Lc entonces no es necesario revisar el pandeo lateral.

3.3.10. Radio de Giro

El radio de giro de un patin efectivo de compresión es:.

.rt= Radio de Giro

$$rt = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} * I_{yy}}{Af + \frac{Aw}{6}}}$$

$$rt = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} * 7254.88}{48 + \frac{42.88}{6}}}$$

$rt = \sqrt{\frac{3627.44}{54.14}}$= 8.11 cm

3.3.11. Valor de la Esbeltez

Reemplazando el radio de giro se obtiene el valor de la esbeltez que es:

$\frac{L}{rt} = \frac{500}{8.11}$= 61.65

La sección escogida cumple con el rango de esbeltez

3.3.12. Esfuerzo permisible a Flexión

El momento máximo no se encuentra en los extremos y la relación M_1/M_2=1 y Cb=1 por encontrarse en el centro.

Reemplazando estos valores en la ecuación siguiente

$$2694\sqrt{\frac{Cb}{Fy}} \leq \frac{L}{rt} \leq 6025\sqrt{\frac{Cb}{Fy}}$$

53.299≤ $\frac{L}{rt} \leq 119.02$ SI CUMPLE

Entonces el esfuerzo permisible a flexión es:

Fb=$(\frac{2}{3} - \frac{Fy(\frac{L}{rt})^2}{108.88*10^6}Cb)Fy \leq 0.6Fy$

Fb=$(\frac{2}{3} - \frac{2530(61.65)^2}{108.88*10^6}1)2530\ Kg/cm^2$

Fb= (0.578) 2530 Kg/cm^2≤ 0.6 Fy^{ggg}

Fb= 1463.22 Kg/cm^2 ≤ 1518 Kg/cm^3

Entonces el momento máximo de la viga seccionada será:

M_{xx1}= Fb*S_{xx}

M_{xx1}= 1463.22 Kg/cm^2 * 147021 cm^3

M_{xx1}= 2151343.10 Kg.cm.

M_{xx1}>M_{TVC} El perfil seleccionado es satisfactorio.

3.3.13. Factor de Seguridad

El factor de seguridad para el perfil diseñado será

fb perfil = M_{TVC} / S_{xx1}

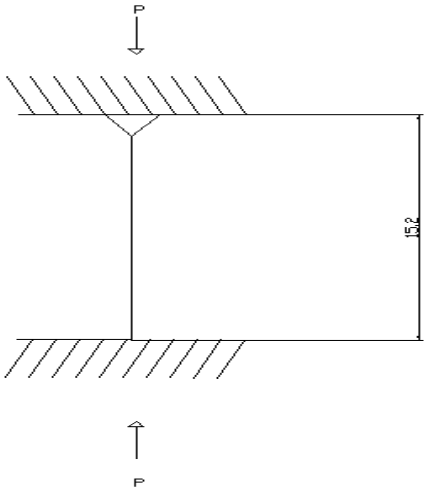
.fb perfil = $\frac{973066}{1470.28}\frac{Kg.cm}{cm^3}$= 661.82$\frac{Kg}{cm^2}$

ŋ= $\frac{Fy}{fb\ perfil}$= $\frac{2530}{661.82}\frac{\frac{Kg}{cm^2}}{\frac{Kg}{cm^2}}$

ŋ= 3.82 (Garantiza el diseño)

3.4. Diseño de la columna

Suponemos un perfil HEB 120



L= 4645mm = 15.2 pies

P= 6979.4 Kg = 15.5 Klb

K= 0.8

KL = 0.8 (15.2 pies) = 12.16 pies

En el manual ASD pg 3.33 se selecciona con KL= 12.16 un perfil que soporta 52 Klb.

En la pg 1.32 del manual ASD

Se obtiene A= 4.68 in^2 ; d= 5.01 in; tw= 0.24 in; bf= 5 in; r= 1.37 in

3.4.1. Esbeltez

$$\frac{KL}{r} = \frac{0.8(15.2)12}{1.37} = 106.5$$

De la tabla C36 pg 3.16 con $\frac{KL}{r}$= 106.5, se obtiene Fa= 12.12 Ksi.

3.4.2. Factor de Seguridad

Se calcula el Fa con el perfil seleccionado

$Fa = \frac{P}{A} = \frac{15.5\ Klb}{4.68\ plg^2}$= 3.31 Ksi

Ɒ= $\frac{12.12}{3.31} = 3.66$

El perfil seleccionado es HEB 120

3.5. Diseño de Placa Base

La columna seleccionada tiene perfil HEB 120 (d=5.01 in, bf= 5 in) y una carga de 15.5 Klb.

La columna estará soportada por una zapata de concreto reforzado de 20*20 cm y con un fc'= 1 Klb/plg^2

20 cm= 7.8 pulg

A_2 (Área del concreto)= 60.8 $pulg^2$

A_1= $\frac{1}{A2}(\frac{P}{0.35\ fc'})^2 = \frac{1}{60.8}(15.5/0.35(1)\ )^2$

A_1= 32.25 plg^2

Δ= 0.5 (0.95(d)-0.80(bf))

Δ= 0.5 (0.95(5)-0.80(5))

Δ= 0.375

N= $\sqrt{A1}$+Δ= $\sqrt{32.25}$+0.375= 6.05 pulg. = 153.7mm

B= $\frac{A1}{N}$= $\frac{32.25}{6.05}$ = 5.33 $pulg$ = 135.3 mm

Se utiliza plancha de 200 * 200 mm, quedando a raz de la zapata de concreto

Fp= 0.35 fc' $\sqrt{\frac{A2}{A1}} \leq 0.7\, fc'$

Fp= 0.35(1)$\sqrt{\frac{60.8}{32.25}}$= 0.48$\frac{Klb}{pulg^2} \leq 0.7(1)$

.n= $\frac{B-0.80bf}{2}$=$\frac{5.33-0.80(5)}{2}$= 0.66pulg

.tp= n$\sqrt{\frac{Fp}{0.25\, Fy}}$= 0.66$\sqrt{\frac{0.48}{0.25(36)}}$= 0.23 pulg.

.tp= 0.23 pulg= 5.8mm (Se usa plancha de 10 mm)

Ɒ= 10/5.8 = 1.72

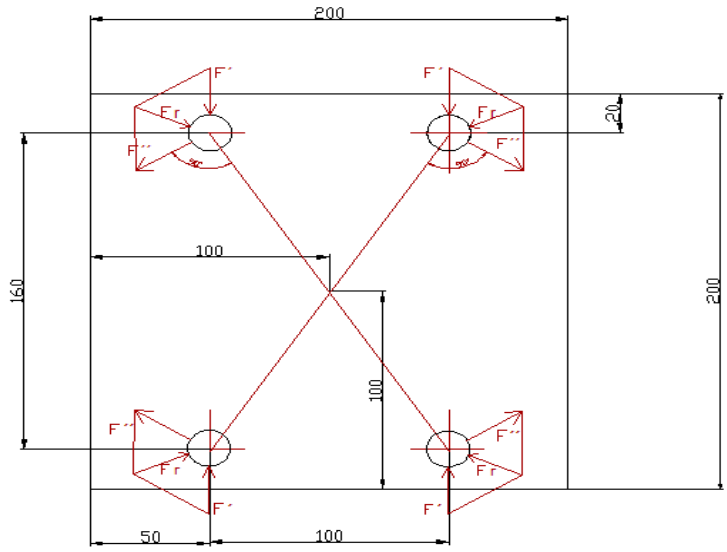


FIGURA 3.19. PLACA BASE

El punto 0, es el centroide del grupo de pernos, se determina por simetría. Si se trazara un diagrama de cuerpo libre de la plancha, la reacción del cortante V pasaría por 0 y las reacciones del momento M serían respecto a 0. Estas reacciones están dadas por:

3.6. Diseño de Pernos

3.6.1. Pernos de Anclaje

V= 6979.4 Kg

1Kgf = 9.8 N

V= 68.4 KN

M= 68.4 KN (0.10m) = 6.8 Nm

La distancia desde el centroide hasta el centro de cada perno que no está en la línea del centroide, está determinada mediante

$$r = \sqrt{(0.08)^2 + (0.05)^2}$$

.r = 0.095 m

.r = 95 mm

La carga cortante primaria por perno corresponde a:

F'= $\frac{V}{n} = \frac{68.4}{4} = 17.1\ KN$

Como las fuerzas cortantes secundarias son iguales

F''= $\frac{Mr}{4r^2} = \frac{M}{4r} = \frac{6800}{4(95)}$= 17.89 KN

Fr = (suma vectorial) = 17.5 KN

La longitud del perno será L > h + 1.5d= 3/8pulg + 1.5(11/16)= 1.40 pulg.

Se escoje perno de 2 pulg.

Entonces se calcula la longitud de la rosca actuante

Lt = 2D + 1/4 pulg. Cuando L ≤ 6 pulg

Lt = 2(11/16) + 1/4 pulg.

Lt = 1.62 pulg o 41.25 mm

El área del esfuerzo cortante es:

$A_s = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \frac{17^2}{4} = 226.98\ mm^2$

El esfuerzo cortante está dado por

$.\tau = \frac{Fr}{As} = \frac{17.5(10)^3}{226.98} = 7.7$ Mpa

Según la tabla el perno de 11/16 o 17mm tiene un esfuerzo cortante permitido hasta 17Mpa.

Ɒ= (17 / 7.7) Mpa = 2.2

El perno cumple con el diseño.

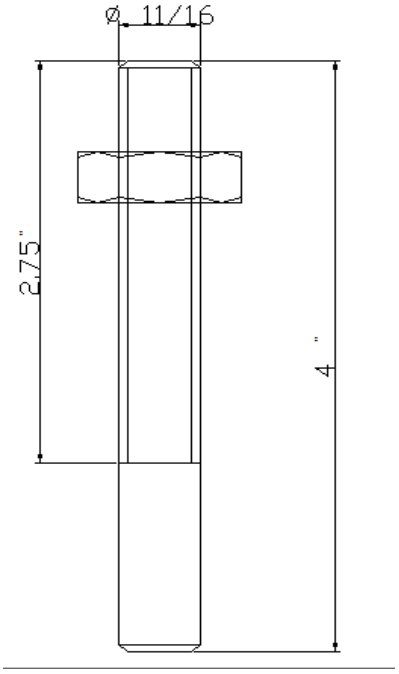


FIGURA 3.20. PERNO DE ANCLAJE

3.6.2. Pernos base superior.

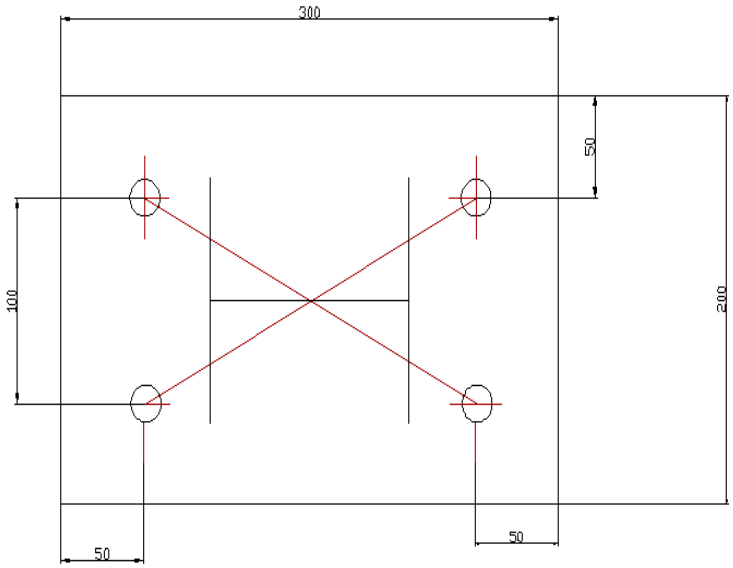


FIGURA 3.21. PLACA SUPERIOR

V= 6979.4 Kg

1Kgf = 9.8 N

V= 68.4 KN

M= 68.4 KN (0.15m) = 10.26 Nm

La distancia desde el centroide hasta el centro de cada perno que no está en la línea del centroide, está determinada mediante

$$r = \sqrt{(0.10)^2 + (0.05)^2}$$

.r = 0.112 m

.r = 112 mm

La carga cortante primaria por perno corresponde a:

F'= $\frac{V}{n} = \frac{10.26}{4} = 2.565\ KN$

Como las fuerzas cortantes secundarias son iguales

F''= $\frac{Mr}{4r^2} = \frac{M}{4r} = \frac{10260}{6(112)}$= 9.16 KN

Fr = (Suma Vectorial) = 5.86 KN

La longitud del perno será 4 ½ pulg o 114 mm, entonces calculamos la longitud de la rosca actuante

Lt = 2D + ¼ pulg.

Lt = 2(7/8) + ¼ pulg.

Lt = 2 pulg o 50 mm

El área del esfuerzo cortante es:

$A_s = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \frac{22^2}{4}$= 380.13 mm^2

El esfuerzo cortante está dado por

.$\tau = \frac{Fr}{As} = \frac{5.86(10)^3}{380.13} =$ 15.41 Mpa

La placa

La placa es más delgada que la base de la viga, entonces el esfuerzo de aplastamiento mayor se debe a la presión del perno contra el alma de la placa. El área de la placa es:

A_b= td = 15(22) = 330 mm^2.

Así el esfuerzo de aplastamiento corresponde a:

.$\sigma = \frac{Fr}{Ab} = \frac{5.86(10)^3}{330}$= 17.75 Mpa

Para pernos de 7/8 o 22mm

σ = 27 Mpa

ŋ= 27/17.75 = 1.52

Entonces se comprueba que el perno seleccionado cumple con el requerimiento del cálculo.

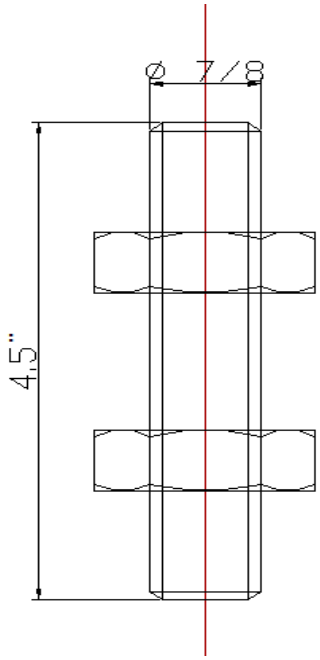


FIGURA 3.22. PERNO SUPERIOR

3.7. Cálculo de Soldadura

Carga estática 15000 Kg o 33000 lbs

Soldadura de filete de 3/8 pulg

Electrodo E 6011

Factor de diseño 3

De la tabla del ANEXO F

S_y = 345 Mpa o 50 Kpsi (Límite elástico)

S_{ut} = 427 Mpa o 62 Kpsi (Resistencia a la tensión)

A = 1.414 hd = 1.414 (0.3) 0.95m = 0.40 m^2

$I_u = d^3/6 = 0.95^3/6 = 0.14\ m^3$

$I = 0.707\ h\ I_u = 0.707\ (0.3m)0.14m^3 = 0.042\ m^4$

Cortante primario

$.\tau' = \frac{15000\ Kg}{2(0.707)0.3m(0.95)m} = 37500\ Kg/m^2$

$.\tau' = 37500\ Kg/m^2$

Cortante secundario

$.\tau'' = \frac{Mr}{I} = \frac{15000\ Kg*6m*0.47m}{0.042\ m4}$

$.\tau'' = 10.07*10^3\ Kg/m^2$

La magnitud del cortante τ es la ecuación

$.\tau = (\tau'^2 + \tau''^2)^{1/2} =$

$.\tau = (37500^2 + (10.07*10^3)^2)^{1/2} =$

$.\tau = 10.07*10^3\ Kg/m^2$

El factor de seguridad con base en una resistencia mínima, está dado por:

$$n = \frac{Ssy}{\tau} = \frac{0.577\ (345 * 10^3)}{10.07 * 10^3}$$

.n = 19.76

Como 19.76 >3 el metal de aporte tiene una resistencia satisfactoria.

Se debe realizar los cordones de forma intercalada con una longitud de 15 cm aproximadamente por cordón.

	VIGA PUENTE	TESTEROS	VIGA CARRILERA
Área de la viga (AT)	656 cm^2	120.8 cm^2	138.88 cm^2
Peso de la viga (W)	5143 Kg/cm	0.947 Kg/cm	1.08 Kg/ cm
Inercia respecto a X (I_{xx})	873218.66 cm^4	10776.42 cm^4	22054.2 cm^4
Inercia respecto a Y (I_{yy})	63212 cm^4	1793.35 cm^4	7254.88 cm^4
Radio de giro (rt)	12.28 cm		8.11 cm
Esbeltez	97.65		61.65
Esfuerzo permisible a flexión (Fb)	1126 Kg/ cm^2	1669.8 Kg/cm^2	1463.22 Kg/cm^2
Momento máximo (M_{xx1})	20699786.04 Kg.cm	726577.5 Kg.cm	2151343.10 Kg cm
Momento Total (M_{TVP})	5425740 Kg.cm	7323.06 Kg.m	973066 Kg.cm
Factor de Seguridad (ŋ)	8.57	3.0	3.82
Esfuerzo cortante (fv)	1012 Kg/cm^2	321.29 Kg/ cm^2	
Deflexión (Δ_1)	0.077 cm	0.0013 cm	
Deflexión (Δ_2)	0.30 cm	0.1331 cm	
Deflexión (Δ_{total})	0.379 cm	0.1461 cm	

TABLA 3.1. TABLA DE RESULTADOS

CAPITULO IV

4. COSTOS

4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

En la tabla 4.1 se muestra los resultados de las dimensiones y materiales a utilizar en la fabricación de este diseño.

	CANTIDAD	DIMENCIONES	OBSERVACIONES
VIGA PUENTE	12 (m)	Bf=50,d=95, tf=3,tw=2,e=10,a=32 (cm)	Fabricada según plano
TESTEROS	2 (m)	.d=26, bf=18,tf=1.8,tw=1.25 (cm)	Fabricada según plano
VIGA CARRILERA	30 (m)	.d=30, bf=30,tf=1.6,tw=1.6 (cm)	Perfil HEB 300*300
COLUMNA	37.28 (m)		Perfil HEB 120*120*4660 8 unidades
PUENTE GRUA	1 Unidad		Polipasto marca Hidrat tipo VST15 H8, 5V1 4/1 T3
PLACA BASE	1 Unidad	6.75*4.8(m)*10mm	Platina de 200*200*15 16 unidades
PERNOS DE ANCLAJE	48 Unidades	11/16 *4 pulg	
PERNOS SUPERIOR	48 Unidades	7/8 *4 ½ Pulg	Perno corrido
TUERCAS	96 Unidades	7/8”	
ARANDELAS	192 Unidades	De 7/8”	

TABLA 4.1. TABLA DE RESULTADOS

A continuación se describe la distribución de material necesario para cada parte del diseño, según los resultados de los cálculos previamente indicados.

Viga Puente:

Para la fabricación de la viga puente es necesario

Parantes de la viga puente

- 12 mts. Plancha de 1800 *20 mm.

Entonces se necesita:

10 Planchas de 2440*1220*20mm

Bases de la viga puente

- 12 mts. Plancha de 1000 * 30 mm

Entonces se necesita:

5 Planchas de 2440*1220*30 mm

Para la fabricación de los testeros es necesario

- 4 mts. Perfil U de 90 mm * 260 mm * 12.5 mm

Entonces se necesita:

1 Perfil U de 90*260*12.5 mm

Para la fabricación de la viga carrilera es necesario

- 30 mts Perfil HEB de 300*300*16mm

Entonces se necesita:

5 Perfil HEB de 300*300*16 mm

Para la fabricación de la columna

- 41 mts Perfil HEB de 120 * 120 * 10mm.

Entonces se necesita:

7 Perfil HEB de 120*120*10 mm

Para la fabricación de la placa base

- 6.75 mts Platina de 200*10 mm

Pernos de anclaje

- 48 unidades de 1/2 *7 pulg

Pernos placa superior

- 48 unidades de 7/8 * 4 ½ Pulg

Tuercas

- 96 unidades de 7/8.

Arandelas

- 192 unidades de 7/8.

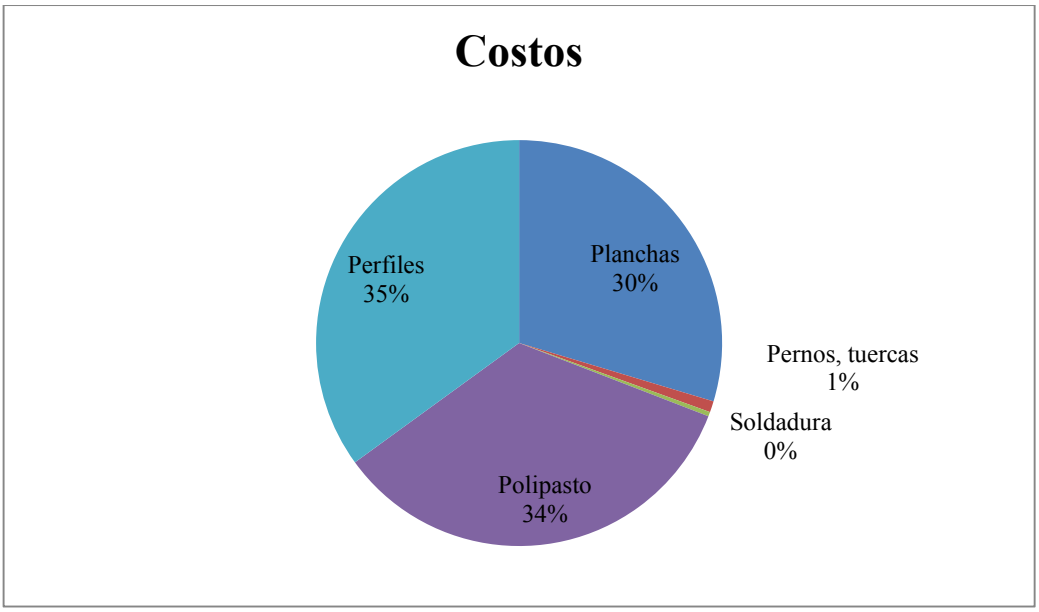
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	MATERIAL
1	Parantes Viga Puente	12	Plancha de 2440*1220*20 mm
2	Bases de la Viga Puente	5	Plancha de 2440*1220*30 mm
3	Testeros	1	Perfil C de 90*260*12.5 mm
4	Viga Carrilera	5	Perfil HEB de 300*300*16 mm
5	Columna	7	Perfil IPN de 250*300*10 mm
6	Bases platina	1.07 (m)	Plancha de 300*15 mm
7	Pernos Hilty	48	Perno de 11/16*4 pulg.

8	Pernos de anclaje	96	Perno de 7/8*4 ½ Pulg.
9	Tuercas	96	De 7/8
10	Arandelas	192	De 7/8

TABLA 4.2. TABLA DE MATERIALES

ITEM	MATERIAL	COSTO
1	Planchas	$ 13050.30
2	Perfiles	$ 15408.52
3	Pernos, tuercas y arandelas	$ 390.16
4	Soldadura	$ 150
5	Poliplasto	$ 15027.94
	Total	$ 44026.92

TABLA 4.3. TABLA DE PRESUPUESTO



CAPITULO V

5. SIMULACION DEL PUENTE GRUA

5.1. INTRODUCCION A SAP 2000

SAP 2000 es un programa de cálculo de estructuras por elementos finitos, para análisis estático y dinámico lineal y no lineal. Esta versión educativa limitada a 30 nodos es una poderosa herramienta para el análisis de este diseño.

La principal característica de SAP2000 es su interfaz gráfica, herramienta potente y amigable. Dispone también de herramientas para visualización en 3D. Sin embargo, esta cualidad implica quizás un menor control y menores posibilidades que otros programas. Se puede afirmar que SAP2000 es un programa muy intuitivo y sencillo, fácil de manejar, pero que no ofrece tantas posibilidades de análisis.

Otra característica propia de SAP2000 que no tienen otros programas de elementos finitos avanzados como ADINA o ABAQUS es la capacidad para diseñar secciones.

Existen tres distribuciones de SAP2000:

- SAP2000: La distribución básica. Como tipo de elementos sólo incluye vigas 2D y 3D, barras articuladas, y láminas.
- SAP2000 Plus: Además de todas las posibilidades de SAP2000, incluye más tipos de elementos, como elementos geométricos planos o sólidos 3D, y posibilidades de realizar análisis de historias temporales.
- SAP2000 Nonlinear: La más avanzada, puede además realizar análisis no lineales, como plasticidad.

SAP2000 Educational, permite realizar algunas de estas posibilidades, pero muy limitado en el número de nodos (30 en la versión 7.0).

Una de las ventajas de SAP2000 es la facilidad con la que se pueden introducir mallas sencillas. Para ello lo mejor es definir un nuevo modelo en el que designaremos el grid de tal modo que todos los nodos de la malla se encuentren en sus intersecciones. Cuando la malla no es tan sencilla, se pueden introducir en formato .DXF, el cual se puede obtener con cualquier programa de diseño asistido por ordenador. También se pueden introducir los datos de los nodos a partir de hojas numéricas, por ejemplo de EXCEL

Una vez establecida la malla, para un análisis sencillo, es necesario definir el tipo de sección, los tipos de carga (permanente, sobrecarga…), las combinaciones de dichas cargas y los materiales. Luego se los asignamos a cada barra o nodo, y damos las condiciones de contorno (muelles, desplazamientos impuestos, empotramientos…). Se ejecuta el modelo y se visualizan todos los datos. Se pueden imprimir ficheros de datos con los resultados, o directamente los gráficos.

Por tanto, se puede concluir:

- SAP2000 Educational es una herramienta adecuada para problemas sencillos, lineales, en los que el modelo se pueda mallar con una discretización con pocos nodos.
- SAP2000 Educational no es adecuado para análisis complejos, mallas complicadas, problemas no lineales o con historias temporales, etc.

5.2. RESULTADOS DE LA SIMULACION EN SAP 2000

En la figura 5.1, se observa una vista en 3D del resultado obtenido en la simulación del Puente Grúa en el programa SAP 2000.

La presentación de este diseño es en el programa Autocad, mediante un vinculo directo entre estos dos programas, con la finalidad de obtener una mejor perspectiva del resultado.

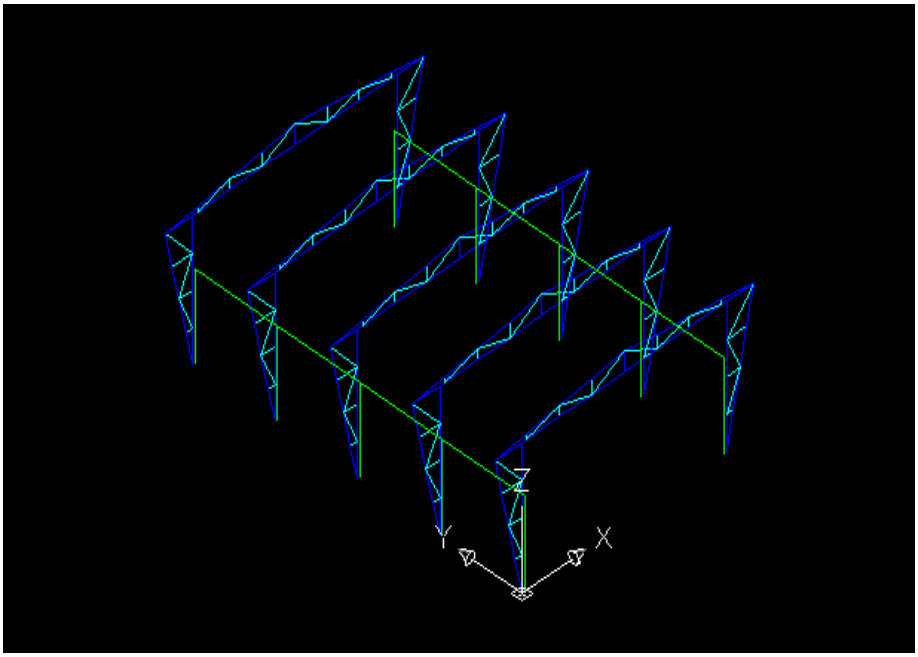


FIGURA 5.1. SIMULACION EN 3D AUTOCAD

En la figura 5.2, se indica el resultado en 3D del diseño en el programa SAP 2000.

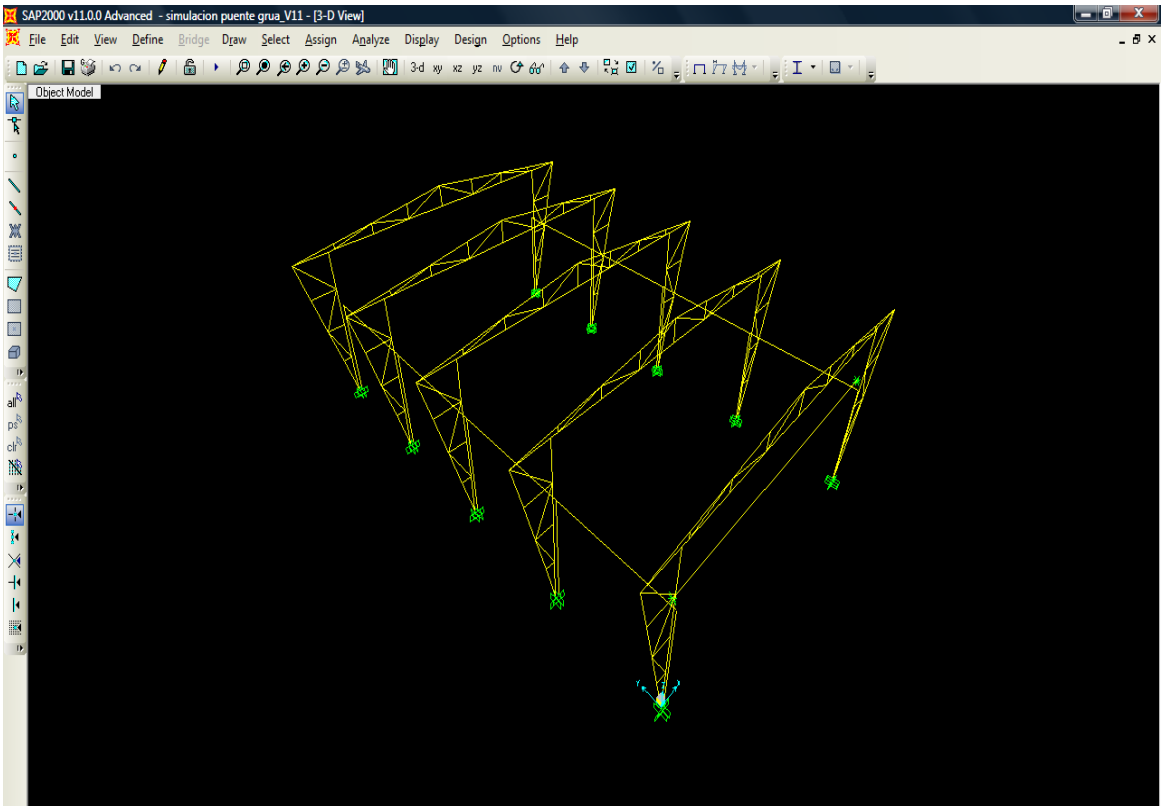


FIGURA 5.2. SIMULACION EN 3D SAP 2000

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- El cálculo ha dado como resultado perfiles estructurales que en el mercado Ecuatoriano no existen y por lo tanto se necesita fabricarlos bajo pedido.
- SAP2000 Educational es un programa adecuado para el análisis y la simulación de este diseño.
- Todos los elementos analizados cumplen con el requerimiento de seguridad, con un factor de seguridad amplio.
- El resultado que da el programa SAP 2000, garantiza la viabilidad del diseño, así como confirma gráficamente los cálculos hechos.
- Se ha logrado diseñar y simular con éxito un puente grúa de 15 Toneladas de capacidad.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda mantener el factor de seguridad utilizado en los cálculos para garantizar la efectividad del diseño.

- Geográficamente el clima en el Oriente Ecuatoriano es húmedo, se recomienda que la estructura del puente grúa tenga un recubrimiento anticorrosivo.

- Se recomienda no utilizar el puente grúa para otros trabajos que excedan la capacidad de diseño.

- Instalar alarmas de funcionamiento

- Se recomienda realizar el mantenimiento en base a la guía que se encuentra en el ANEXO G.

- El manejo y operación del Puente Grúa, debe ser realizada por personal capacitado.

BIBLIOGRAFIA

- ALGUERO, José Miguel, " Pont-Grue Gaunty-crane" , Buenos Aires-Argentina, junio de 2009.

- DENZEL, Washington, "Análisis Estructural", Cap V **,** Valencia- España, primera edición, marzo de 1994.

- R.A Mac Crimmon, "Crane Supporting steel structures", Alberta- Canada, segunda edición, noviembre de 1993.

- HOFMANN Harald y GANSLANDT Rüdiger, "*Cómo planificar el Diseño Estructural",* 1era edición, editorial Bertelsmann International, España.

- UNE, NORMA ESPANOLA 253, Puente Grúa, noviembre 2002

- UNE, NORMA ESPANOLA 58-102-74, Cálculo de la Estructura según su uso.

- MC GRAW- Hill, " Diseño en Ingenieria Mecánica", Sexta edición, Mexico.

- http://www.proguablogs.com (10 de marzo de 2010)

- TELLEZ Eugenio, *Automatización, productividad y calidad*, http://www.watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Calidad%20de%20la%20Energia.pdf, enero 2010

- Mc Corman, " Diseño de Estructuras metálicas", Sexta edición

ANEXOS

ANEXO A : GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

ANEXO B : COTIZACIONES

ANEXO C : PLANOS

ANEXO D: TABLA DE FORMULAS PARA EL CALCULO

ANEXO E: TABLAS DE PERFILES

ANEXO F: TABLA PARA SOLDADURA

ANEXO G: GUIA DE MANTENIMIENTO

ANEXO A

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

Ala:

Parte horizontal de una viga.

Abolladura:

Efecto de abollar, Producir depresión con un golpe.

Alma:

Parte vertical de una viga.

Chapas:

Hoja o lámina de metal

Carro de elevación:

Pieza dotada de un movimiento de traslación horizontal.

Canto:

Llanta de metal de una rueda

Cauce:

Conducto que sigue la viga rail.

Comportamiento Tenso deformacional:

Es la solicitación al intentar deformar, modificar la estructura de mínima energía del material aumentándola, como reacción las moléculas engendran unas fuerzas internas que se equilibran con las externas.

Directriz:

Conjunto de normas o instrucciones generales para la ejecución de alguna cosa.

Discurrir:

Inferir, conjeturar

Encarrilamiento:

Encaminar para que siga el camino que debe la grúa.

Fatiga:

Disminución de la resistencia a la rotura de un material elástico sometido a la acción de tensiones variables inferiores al límite aparente de elasticidad.

Fractura:

Lugar donde se ha producido la rotura de algo sólido.

Gravamen:

Impuesto u obligación económica.

Ménsulas:

Tablero horizontal adosado a una pared.

Montaje:

Acción de montar o armar un objeto

Pilares:

Elemento arquitectónico de soporte para la estructura horizontal de una construcción

Elemento vertical de soporte, más alto que ancho, que sirve para aguantar una estructura arquitectónica

Polipasto:

Conjunto de poleas fijas y móviles allanadas y recorridas por la misma cuerda. Se utiliza para disminuir la fuerza necesaria para elevar pesos ya que esta es igual al peso dividido por el número total de poleas.
Equipos de elevación y movimiento de carga, eléctricos o mecánicos

Platabanda:
Moldura lisa y plana, con más anchura que vuelo.

Rigidizadores:
Cualidad de un cuerpo de resistir dobleces y torceduras.

Tensión:
Estado en el que se encuentra un cuerpo sometido a la acción de fuerzas opuestas.

Testeros:
Macizo de mineral con dos caras descubiertas: una inferior horizontal y otra vertical.
Pared de una habitación.

Trascendente:

Que se eleva por encima de un nivel o de un límite dado.

Viguetas:
Viga corta de acero laminado.

ANEXO B

COTIZACIONES

Page 1 of 1

CONTRIBUYENTE ESPECIAL
Resolución No. 194
RUC:1790155102001
Autorización Nº1107862751 Válido hasta: 31/Ene/2011

Proforma Nº **001-002-0178974**
Fecha: Quito, Miércoles, 06/Abr/2011
Condiciones de Pago: Contado
Cliente: ARCOLANDS
(QUITO)
1791240154001 2261226

castillo HERMANOS

CASTILLO HERMANOS S.A
PRINCIPAL
Panam. Norte Km.5 1/2 #13135
Tel/Fax: 2475-785/6/7 2477-214
Celular: 09 7101-208
SUCURSAL 1
Av. América #1036 y Bolivia
Tel/Fax: 2227-270 2523-064 2520-586
SUCURSAL 2
Av. Maldonado #10145 y Cusubamba
Tel/Fax: 2684-560/1
SUCURSAL 3
Acuña E1-51 y Av. 10 de Agosto
Tel/Fax: 3238-641 3238-643 3238-644
SUCURSAL 4
Panam.Sur Km. 12 1/2 Sector El Beaterio
Tel/Fax: 2965-700 2699-542 2699-706
ventas@castillohermanos.com
Casilla: 1701647. Quito - Ecuador

Cantidad	Código	Artículo	Precio Unitario	TOTAL
48.00	678706	(1) PERNO PARA ANCLAJE EXT. 1/2X6"	0.8000	38.40
1.00	982400	(2) ciento PERNO AC. GR.8 RG 7/8X4"	260.8340	260.83
1.00	704200	(3) ciento TUERCA AC. GR.5 RG 7/8"	59.5000	59.50
2.00	25300	(4) cientos ARANDELA PLANA SAE 7/8"	12.0000	24.00
10.00	138000	(5) KGS ELECTRODO (SUELDA ELECTRICA) AGA 6011-1/8"	5.0000	50.00

Subtotal	Descuento		V. Imponible	I.V.A.		TOTAL US$
432.73	19.6429%	85.00	347.73	12.00%	41.73	**389.46**

PREPARADO POR	ESTA PROFORMA ES VALIDA POR 15 DIAS	ACEPTADO POR

EL PORCENTAJE DE DESCUENTO VARIA DE ACUERDO AL MONTO DE COMPRA Y FORMA DE PAGO

DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

DIPAC MANTA S.A.
R.U.C. 1390060757001
CONTRIBUYENTE ESPECIAL

www.dipacmanta.com

• La mercadería viaja por cuenta y riesgo del comprador.
• Salida la mercadería de nuestros almacenes no se aceptan reclamos.
• Los pagos deben realizarse con cheque cruzado a nombre de DIPAC MANTA S.A.
• Somos contribuyentes especiales favor no retener el IVA.
• Emitir los comprobantes de retención a nombre de DIPAC MANTA S.A.

EAJE GRIA

NUMERO DE OFERTA: 040005312 QUITO NORTE .., 04-04-11
NOMBRE/RAZON SOCIAL: ARCOLANDS CIA. LTDA.
CODIGO DE CLIENTE: 004000000 TELEFONO: 2440913
CODIGO DE DIRECCION: 004016003 AMAZONAS 80-40 Y NACIONES UNID
ESTA COTIZACION ES VALIDA SOLO POR 1 DIA

Pos	Artículo	Descripción	Cantidad	Precio	Total USD.	Und
10	PLC480200	PLANCHA 4x8 20mm	12.00	676.30	8115.60	u
20	PLC480300	PLANCHA 4x8 30mm (1 1/4)"	5.00	975.00	4875.00	u
30	PEEPEU120	PERF. ESPECIAL CANAL U 12.00MM	248.69	1.26	313.34	Kg
40	HEB30012	PERFIL HEB300 X 12 MTS	2.50	2,850.00	7125.00	u
50	IPN30012	PERFIL IPN 300MMX12MTS	3.50	1,406.00	4921.00	u
60	OKILC0150	OKICORTES 15mm	38.52	1.55	59.70	Kg

1 PLACA 1076X3000X25MM
1 U 260X90X12MM8000

ESTE DOCUMENTO NO CONSTITUYE VENTA Y LOS PRECIOS PUEDEN CAMBIARSE SIN PREVIO AVISO

SUbtotal	25409.66
IVa	3049.15
Total USD	28458.82

VENDEDOR: HERRERA AYALA SARA

- ORIGINAL - DESTINATARIO -

ANEXO C

PLANOS

ANEXO D

TABLA DE FORMULAS PARA EL CALCULO

DESCRIPCION	FORMULA	RESULTADO
AREA DE LA VIGA PUENTE	Af = (bf * tf) Aw = (d – 2 ft) * tw AT = 2(Af + Aw)	150 cm^2 178 cm^2 656 cm^2
PESO DE LA VIGA PUENTE	$\frac{w}{L} = \quad .A$ $\frac{w}{L} = \left(2\,(bf * tf) + 2\big((d - 2tf)tw\big)\right)$ $\frac{w}{L} = (0.03 + 0.0351)7840\ Kgf/m$	$514.3\,\frac{Kg}{m}$
INERCIA RESPECTO A X	Zo = 47.5 cm. $I_{xx}=\frac{bf*tf^3}{12} + 2\left(\frac{tw(d-2tf)^3}{12}\right) + \frac{bf*tf^3}{12} + tf * bf(Zo - \frac{tf}{2})^2 + 2\,((d - 2tf)tw * \left(Zo - (\frac{d-2tf}{2}))^2\right) + bf * tf(d - Zo - \frac{tf}{2})^2$	I_{xx}= 873218.66 cm^4
SECCION RESISTENTE $S_{XX}1$ RESPECTO A X	$S_{xx1}= \frac{I_{xx}}{Zo}$	18383.55 cm^3
INERCIA RESPECTO A Y	$I_{yy}= 2(\frac{tf*bf^3}{12}) + 2(\frac{(d-2tf)tw^3}{2})$	I_{yy} = 63212 cm^4

	$S_{yy}=(\frac{2\,I_{yy}}{bf})$	2528.48 cm^3
VERIFICACION DE SECCION COMPACTA EN PATINES	$\frac{bf}{2\,tf} \leq \frac{425}{\sqrt{Fy}}\,;\,\frac{50}{2*3} \leq \frac{425}{\sqrt{2530}}$	$23.75 \leq 70{,}37$
RADIO DE GIRO	$rt = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} * I_{yy}}{Af + \frac{Aw}{6}}}$	12.28 cm
ESBELTEZ	$\frac{L}{rt} = \frac{1200}{12.28}$	97.658
ESFUERZO A FLEXION	$2694\sqrt{\frac{Cb}{Fy}} \leq \frac{L}{rt} \leq 6025\sqrt{\frac{Cb}{Fy}}$ Fy= 2530 Kg/cm^2 y Cb= 1 $Fb=(\frac{2}{3} - \frac{Fy(\frac{L}{rt})^2}{108.88*10^6}Cb)Fy \leq 0.6Fy$	$53.55 \leq \frac{L}{rt} \leq 119.02$ SI CUMPLE Fb= 1126 Kg/cm^2
MOMENTO MAXIMO	M_{xx1}= Fb*S_{xx}	M_{xx1}= 20699786.04 Kg.cm.
MOMENTO ACTUANTE	Cv = 15000 Kg Cs = 4500 Kg Cm= 6921.6 Kg Primero calcularemos la fuerza de frenado del puente grúa t= 4 seg Vo= 20 m/min (con carga) Vo= 32 m/min (sin carga) Vf= Vo+a.t Con carga 0= 20 m/60s + a(45)	a= - 0.083 m/s^2

	Sin carga 0= 32 m/60s + a(45) F= m*a Ra=Rb= 13210.5 Kg Mw=$\frac{W*L^2}{8}$= $\frac{5.143\ Kg/cm*1200^2 cm^2}{8}$ Mc=$\frac{Cv*L}{4}$= $\frac{15000\ Kg*1200\ cm}{4}$ M_{TVP}= Mc+Mw	a= - 0.133 m/s^2 2192.94 N (con carga) 1518.9 N (sin carga) Mw= 925740 Kg.cm Mc= 4500000 Kg.cm M_{TVP}= 5425740 Kg.cm
FACTOR DE SEGURIDAD	fb perfil = M_{TVP} / S_{xx1} ŋ= $\frac{Fy}{fb\ perfil}$	295.14$\frac{Kg}{cm^2}$ ŋ = 8.57
ESFUERZO CORTANTE	.fr = $\frac{V}{d} * tw$	278.10 Kg
DEFLEXION VIGA PUENTE	$\Delta_1 = \frac{5 * w * L^4}{384 * E * I_{xx}}$	$\Delta_1 = 0.077\ cm$
DEFLEXION CARGAS PUNTUALES	$\Delta_2 = \frac{Cv * L^3}{48 * E * I_{xx}}$	$\Delta_2 = 0.30\ cm$
DEFLEXION TOTAL	$\Delta_{Total} = \Delta_1 + \Delta_2$	0.379 cm
DISEÑO TESTEROS	$\epsilon Fy = 0$ Ta + Tb = Ra + Wc. Lct	Como Ta = Tb 2 Ta = 13418.84 Kg Ta = 6709.42 Kg
MOMENTOS	$M_{CT} = \frac{Ra*L_{CT}}{4} = \frac{13210.5\ Kg*220\ cm}{4}$	M_{CT}= 726577.5 Kg cm

	$M_{WT} = \frac{Wt*L_{TC}^2}{8} = \frac{0.947\frac{Kg}{cm}*220^2cm^2}{8}$ $M_{Tt} = M_{CT} + M_{WT}$	M_{WT} = 5729.35 Kg cm. M_{Tt} = 7323.06 Kg m
AREA VIGA TESTERA	Af = bf * tf = (18 * 1.8) cm^2 Aw = (d- 2tf) tw = (26 – 2*1.8)1.25 cm^2 AT = 2(Af+Aw)	32.4 cm^2 28 cm^2 120.8 cm^2
PESO DE LA VIGA TESTERA	W = $\left(2\,(bf*tf) + 2\big((d-2tf)tw\big)\right)$	W = 94.70 Kg/m = 0,947 Kg/cm
INERCIA RESPECTO A X	Zo = 13 cm $I_{xx}= \frac{bf*tf^3}{12} + 2\left(\frac{tw(d-2tf)^3}{12}\right) + \frac{bf*tf^3}{12} + tf*bf(Zo-\frac{tf}{2})^2 + 2\,((d-2tf)tw*\left(Zo-(\frac{d-2tf}{2}))^2\right) + bf*tf(d-Zo-\frac{tf}{2})^2$	I_{xx} = 10776.42 cm^4
SECCION RESISTENTE $S_{XX}1$ RESPECTO A X	$S_{xx1}= \frac{I_{xx}}{Zo}$	828.95 cm^3
INERCIA RESPECTO A Y	$I_{yy}= 2(\frac{tf*bf^3}{12}) + 2(\frac{(d-2tf)tw^3}{2})$	I_{yy} = 1793.35 cm^4
VERIFICACION DE SECCION COMPACTA	$\frac{bf}{2\,tf} \leq \frac{425}{\sqrt{Fy}}$; $\frac{18}{2*1.8} \leq \frac{425}{\sqrt{2530}}$ $\frac{d}{tw} \leq \frac{3540}{\sqrt{Fy}}$; $\frac{26}{1.25} \leq \frac{3540}{\sqrt{2530}}$	$5 \leq 8.449$ $20.8 \leq 70.37$

ESFUERZO FLEXIONANTE	Fb = 0.66 Fy = 0.66*2530 Kg/cm^2	Fb = 1669.8 Kg/cm^2
	$S_{xx2}= \frac{M_{T\,Total}}{Fb}= \frac{732306.85\ Kg\ cm}{1669.8\frac{Kg}{cm^2}}$	S_{xx2}= 438.56 cm^3
FACTOR DE SEGURIDAD	fb perfil = M_T total / S_{xx1} $\eta= \frac{Fy}{fb\ perfil}$	$883.41\frac{Kg}{cm^2}$ η= 3.0
ESFUERZO CORTANTE	fr = $\frac{V}{d} * tw$	321.29 Kg
DEFLEXION VIGA TESTERA	$\Delta_1= \frac{5 * w * L^4}{384 * E_x * I_{xx}}$	$\Delta_1= 0.0013\ cm$
DEFLEXION CARGAS PUNTUALES	$\Delta_2= \frac{Ra * L^3}{48 * E * I_{xx}}$	$\Delta_2= 0.1331\ cm$
DEFLEXION TOTAL	$\Delta_{Total}= \Delta_1 + \Delta_2$	0.1461 cm
DISEÑO VIGA CARRILERA	$\epsilon Fy = 0$ Rva+Rvd-2(6709.4)-Wv*Lv=0	Rva = Rvd = $\frac{13958}{2} Kg$ Rva = Rvd= 6979.4 Kg
PESO VIGA CARRILERA	Wv (Kg/m) = (2bf*tf+(d-2tf)*tw)ϒ acero	Wv = 108.88 Kg/m = 1.08 Kg/cm
MOMENTOS DE LA VIGA CARRILERA	$M_{CD} = \frac{W*L^2}{8}$ a = $\frac{500-220}{2}$ M_{CC} = P*a M_{Tvc}= M_{CD}+M_{CC}	M_{CD} = 33750 Kg.cm $a = 140\ cm$ M_{CC}= 939316 Kg cm M_{Tvc}= 973066 Kg.cm

AREA DE LA VIGA CARRILERA	Af = bf * tf = (30 * 1.6) cm^2 Aw = (d- 2tf) tw = (30 – 2*1.6)1.6 cm^2 AT = 2(Af+Aw)	48 cm^2 42.88 cm^2 138.88 cm^2
INERCIA RESPECTO A X	Z_o= 15 cm $I_{xx}=\frac{bf*tf^3}{12}+\left(\frac{tw(d-2tf)^3}{12}\right)+\frac{bf*tf^3}{12}+tf*bf(Zo-\frac{tf}{2})^2+((d-2tf)tw*\left(Zo-(\frac{d-2tf}{2}))^2\right)+bf*tf(d-Zo-\frac{tf}{2})^2$ $S_{xx}=\frac{I_{xx}}{Zo}$	I_{xx}= 22054.2 cm^4 S_{xx}= 1470.28 cm^3
INERCIA RESPECTO A Y	$I_{yy}= 2(\frac{tf*bf^3}{12})+(\frac{(d-2tf)tw^3}{2})$ $S_{yy}=\frac{2I_{yy}}{bf}$	I_{yy}= 7254.88 cm^4 S_{yy} = 241.83 cm^3
VERIFICACION SECCION COMPACTA	$\frac{bf}{2\,tf}\leq\frac{425}{\sqrt{Fy}}$; $\frac{30}{2*1.6}\leq\frac{425}{\sqrt{2530}}$ $\frac{d}{tw}\leq\frac{3540}{\sqrt{Fy}}$; $\frac{30}{1.6}\leq\frac{3540}{\sqrt{2530}}$ Si Lb= 500 cm Lb ≤ Lc = $(\frac{1.4*10^6}{\left(\frac{d}{nf}\right)*Fy})$ Lb ≤ Lc = $(\frac{1.4*10^6}{\left(\frac{30}{48}\right)*2530})$	9.375 ≤ 8.45 18.75 ≤ 70.37 SECCION NO COMPACTA Lc = 885.37 cm
RADIO DE GIRO	$rt=\sqrt{\frac{\frac{1}{2}*I_{yy}}{Af+\frac{Aw}{6}}}$	$rt=\sqrt{\frac{3627.44}{54.14}}$= 8.11 cm

ESBELTEZ	$\frac{L}{rt} = \frac{500}{8.11}$	61.65
ESFUERZO A FLEXION	$2694\sqrt{\frac{Cb}{Fy}} \leq \frac{L}{rt} \leq 6025\sqrt{\frac{Cb}{Fy}}$ Fb=$(\frac{2}{3} - \frac{Fy(\frac{L}{rt})^2}{108.88*10^6}Cb)Fy \leq 0.6Fy$	$53.299 \leq \frac{L}{rt} \leq 119.02$ SI CUMPLE Fb= 1463.22 Kg/cm^2 $\leq$ 1518 Kg/cm^3
MOMENTO MAXIMO	M_{xx1}= Fb*S_{xx}	M_{xx1}= 2151343.10 Kg.cm. M_{xx1}>M_{TVC} El perfil seleccionado es satisfactorio
FACTOR DE SEGURIDAD	fb perfil = M_{TVC} / S_{xx1} ŋ= $\frac{Fy}{fb\ perfil}$	$661.82\frac{Kg}{cm^2}$ ŋ= 3.82

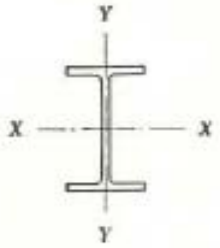
ANEXO E

TABLAS DE PERFILES

TABLA IX. PERFILES I DE ALAS ANCHAS

Propiedades

(Lista resumida) *



Altura nominal pulg.	Altura nominal cm	Peso kg/m	Área de la sección cm²	Altura de la sección cm	Eje X-X I cm⁴	Eje X-X W cm³	Eje X-X k cm	Eje Y-Y I cm⁴	Eje Y-Y W cm³	Eje Y-Y k cm
36	90	446,4	568,83	93,26	844 538	18 109	38 53	50 996	2410	9,47
		386,9	493,93	92,04	717 322	15 585	38,10	42 480	2020	9,27
		357,1	455,48	91,44	654 480	14 315	37,89	38 297	1827	9,16
		252,9	322,45	91,84	435 792	9 489	36,75	12 511	819	6,22
		223,2	284,90	91,03	375 110	8 241	36,29	10 422	684	6,04
33	82,5	357,1	454,96	85,09	565 452	13 291	35,25	36 390	1805	8,94
		297,6	379,28	83,82	459 859	10 972	34,82	28 790	1438	8,71
		226,2	288,45	85,09	339 127	7 970	34,29	10 659	725	6,07
		196,4	250,58	84,20	285 400	6 779	33,75	8 649	591	5,86
30	70	312,5	398,57	77,16	410 918	10 649	32,10	29 464	1535	8,58
		282,7	360,64	76,50	367 360	9 604	31,92	25 997	1361	8,48
		255,9	326,77	75,89	328 467	8 655	31,69	22 896	1202	8,38
		196,4	250,51	76,96	239 477	6 222	30,91	7 700	575	5,53
		172,6	220,19	76,20	204 747	5 373	30,48	6 376	478	5,38
27	67,5	263,4	336,12	69,36	280 064	8 075	28,85	21 598	1207	8,02
		215,7	275,35	68,27	225 359	6 602	28,60	16 936	955	7,84
		169,6	216,32	69,29	169 824	4 902	28,01	6 226	486	5,35
		135,4	172,70	68,17	130 246	3 821	27,45	4 536	357	5,13
24	60	238,1	303,48	62,78	212 706	6 776	26,46	20 503	1145	8,20
		193,4	246,51	61,59	166 887	5 419	26,08	15 616	878	7,95
		148,8	189,87	60,96	124 340	4 078	25,60	8 470	555	6,68
		110,1	140,45	60,62	84 652	2 792	24,56	3 071	270	4,67
21	52,5	211,3	269,41	54,50	141 647	5 197	22,93	16 062	963	7,72
		153,2	195,28	54,07	94 400	3 492	21,99	4 990	432	5,05
		122,0	155,48	52,98	72 940	2 753	21,66	3 729	327	4,90
		101,2	129,16	53,67	61 531	2 292	21,81	2 514	239	4,41
		87,8	111,99	53,11	51 895	1 954	21,51	2 047	196	4,26
18	45	184,5	235,16	47,34	92 698	3 916	19,86	11 733	776	7,06
		169,6	216,19	46,93	84 652	3 606	19,78	10 638	707	7,01
		142,8	182,06	46,12	69 706	3 016	19,55	8 607	576	6,88

TABLA IX. PERFILES I DE ALAS ANCHAS *(continuación)*

Altura nominal pulg.	Altura nominal cm	Peso kg/m	Área de la sección cm²	Altura de la sección cm	Eje X-X I cm⁴	Eje X-X W cm³	Eje X-X k cm	Eje Y-Y I cm⁴	Eje Y-Y W cm³	Eje Y-Y k cm
		126,4	161,09	46,53	59 516	2 558	19,22	4 137	368	5,08
		104,1	132,64	45,72	48 028	2 100	19,02	3 267	293	4,95
		95,2	121,39	45,38	43 529	1 917	18,94	2 926	263	4,90
		81,8	104,45	46,02	37 040	1 609	18,87	1 748	181	4,08
		74,4	94,90	45,72	33 323	1 458	18,74	1 548	162	4,03
16	40	169,6	216,19	42,26	68 369	3 234	17,78	10 597	717	7,01
		142,8	182,06	41,45	56 403	2 721	17,60	8 624	588	6,88
		116,0	147,87	41,45	43 396	2 094	17,11	3 642	334	4,95
		95,2	121,29	40,64	34 705	1 707	16,91	2 847	263	4,85
		74,4	94,83	41,27	27 279	1 322	16,96	1 448	160	3,91
		59,5	75,93	40,64	21 456	1 055	16,81	1 103	124	3,81
14	35	633,9	808,06	47,47	275 140	11 592	18,44	98 209	4632	11,02
		550,6	701,80	45,56	227 020	9 964	17,98	82 663	3950	10,84
		446,4	569,03	43,18	172 714	8 000	17,42	64 349	3133	10,64
		366,0	466,64	41,27	134 396	6 512	16,96	51 054	2521	10,46
		300,6	383,16	39,70	105 672	5 324	16,61	40 778	2038	10,31
		235,1	299,80	38,10	79 108	4 152	16,25	31 009	1569	10,16
		188,9	240,83	37,13	61 464	3 310	15,97	21 960	1176	9,55
		153,2	195,22	36,19	48 524	2 680	15,77	17 469	943	9,44
		125,0	159,41	36,01	38 642	2 145	15,57	9 385	614	7,67
		110,1	140,38	36,04	33 165	1 840	15,36	5 556	434	6,29
		86,3	110,06	35,71	24 886	1 392	15,03	2 651	257	4,90
		71,4	91,03	35,07	20 182	1 150	14,88	2 135	209	4,85
		63,9	81,61	34,74	17 856	1 027	14,78	1 877	185	4,80
		56,5	72,06	35,86	16 037	894	14,90	1 023	110	3,78
		44,6	56,83	35,20	12 054	686	14,55	728	85	3,58
12	30	282,7	360,38	36,52	78 771	4 313	14,78	24 545	1525	8,25
		197,9	252,32	33,73	50 830	2 990	14,19	16 228	1034	8,02
		136,9	174,58	32,05	32 836	2 048	13,71	10 672	691	7,82
		96,7	123,29	30,78	22 201	1 442	13,41	7 267	476	7,67
		95,2	121,48	31,26	21 989	1 406	13,43	4 953	388	6,37
		74,4	94,90	30,96	16 420	1 060	13,15	2 347	229	4,97
		53,5	68,32	31,08	11 687	752	13,08	986	117	3,81
		41,6	53,09	30,48	8 886	583	12,92	728	88	3,70
10	25	202,3	258,25	30,17	38 176	2 530	12,16	12 316	917	6,90
		148,8	189,87	28,24	26 014	1 841	11,70	8 599	653	6,73
		114,5	146,25	27,00	19 030	1 410	11,40	6 384	493	6,60
		89,2	113,93	26,03	14 305	1 099	11,20	4 849	378	6,52
		80,3	102,45	25,70	12 724	989	11,15	4 324	839	6,50
		66,9	85,41	25,70	10 347	804	10,99	2 214	217	5,08
		55,0	70,19	25,09	8 195	653	10,79	1 756	173	5,00
		43,1	55,03	25,95	6 547	504	10,89	632	85,2	3,40
		34,2	43,67	25,40	5 019	394	10,71	470	63,9	3,27
		31,2	39,93	25,14	4 424	352	10,51	403	55,7	3,17
8	20	99,7	127,09	22,86	11 313	989	9,47	3 687	352	5,38

Tabla X. Perfiles de vigas I «American Standards

Propiedades

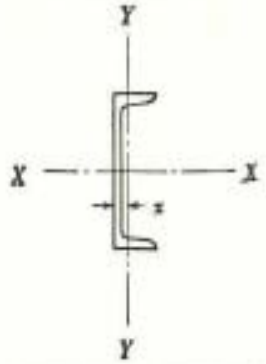
(Lista resumida)

Altura pulg.	Altura cm	Peso kg/m	Area de la sección cm²	Eje X-X I cm⁴	Eje X-X W cm³	Eje X-X k cm	Eje Y-Y I cm⁴	Eje Y-Y W cm³	Eje Y-Y k cm
24	60	178,5	226,64	125 318	4111	23,52	3533	346,7	3,96
		163,6	207,61	119 420	3918	23,97	3354	333,6	4,01
		148,8	188,70	98 721	3239	22,98	2014	220,5	3,27
		133,9	169,67	92 823	3045	23,39	1893	210,7	3,35
		118,9	150,51	86 875	2850	24,07	1785	200,9	3,45
20	50	148,8	188,38	68 607	2701	19,07	2181	236,9	3,40
		133,9	169,41	64 528	2540	19,50	2027	225,5	3,45
		121,1	153,16	61 031	2403	19,96	1906	215,6	3,53
		111,6	141,29	52 582	2070	19,30	1252	155,0	2,97
		104,1	131,74	50 538	1990	19,58	1202	151,7	3,02
		97,3	123,09	48 678	1916	19,88	1161	146,8	3,07
18	45	104,1	131,99	38 189	1670	17,01	1019	128,8	2,76
		96,7	122,45	36 532	1598	17,27	973,9	125,5	2,81
		89,2	112,90	34 871	1526	17,57	928,1	120,6	2,87
		81,4	102,83	33 111	1449	17,95	882,4	117,3	2,92
15	37,5	111,6	140,96	28 603	1502	14,24	1273	161,5	2,99
		104,1	131,48	27 454	1441	14,45	1198	153,3	3,02
		96,7	121,99	26 309	1382	14,68	1132	146,8	3,04
		90,4	114,06	25 348	1331	14,90	1082	143,5	3,07
		74,4	94,12	20 024	1053	14,57	665,9	94,4	2,66
		63,8	80,58	18 389	966	15,11	607,6	87,8	2,74
12	30	81,8	103,48	13 290	872	11,32	720,0	102,5	2,64
		74,4	93,99	12 553	825	11,55	665,9	96,0	2,66
		66,9	84,51	11 825	776	11,83	616,0	91,1	2,69
		60,7	76,38	11 192	735	12,11	574,3	87,8	2,74
		52,0	65,80	9 448	620	11,98	416,2	64,9	2,51
		47,3	59,74	8 982	590	12,26	395,4	63,2	2,56
10	25	59,5	75,41	6 578	518	9,34	391,2	61,6	2,58
		52,0	65,93	6 068	479	9,60	353,7	56,7	2,31
		44,6	56,45	5 556	438	9,93	316,3	53,4	2,36

TABLA XI. PERFILES EN U «AMERICAN STANDARD»

Propiedades

(Lista reducida)



				Eje X-X			Eje Y-Y			
Altura pulg.	Altura cm	Peso kg/m	Área de la sección cm²	I cm⁴	W cm³	k cm	I cm⁴	W cm³	k cm	x cm
18	45	77,23	97,93	25 893	1132	16,25	711,7	86,85	2,69	2,20
		63,54	80,51	24 732	999,6	16,86	624,3	80,29	2,79	2,28
15	37,5	81,84	103,93	17 856	937,3	13,10	503,6	67,18	2,20	2,08
		74,40	94,45	16 707	878,3	13,30	466,1	62,27	2,20	2,03
		50,44	63,87	13 011	683,3	14,27	341,3	52,43	2,31	2,00
12	30	59,52	75,67	8 178	537,4	10,38	274,7	40,96	1,90	1,82
		44,64	56,70	6 709	440,8	10,87	216,4	34,41	1,95	1,60
		37,20	47,22	5 972	391,6	11,25	187,3	31,13	2,00	1,72
		30,80	38,90	5 331	350,6	11,70	162,3	27,85	2,05	1,77
10	25	52,08	66,25	4 794	376,9	8,48	191,4	31,13	1,70	1,75
		22,76	28,83	2 784	219,5	9,82	95,7	19,66	1,82	1,62
9	22,5	37,20	47,29	2 934	257,2	7,87	124,8	22,94	1,62	1,54
		19,94	25,09	1 968	172,0	8,86	74,9	15,89	1,70	1,54
8	20	31,62	40,19	1 981	195,0	7,03	91,5	18,02	1,52	1,49
		17,11	21,67	1 344	132,7	7,87	54,1	12,94	1,60	1,47
7	17,5	29,39	37,35	1 377	154,0	6,07	74,9	15,73	1,42	1,47
		14,58	18,38	878	98,3	6,90	40,7	10,32	1,49	1,39
6	15	23,06	29,29	811	106,5	5,25	54,1	11,96	1,34	1,39
		12,20	15,41	541	70,4	3,40	29,1	8,19	1,37	1,32
5	12,5	17,11	21,67	432	67,1	4,47	34,1	8,84	1,24	1,29
4	10	10,78	13,67	187	37,6	3,73	18,3	5,73	1,16	1,16
3	7,5	8,92	11,29	87	22,9	2,74	12,9	4,42	1,06	1,16

ANEXO F

TABLA PARA SOLDADURA

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento del área unitaria
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

Número de electrodo AWS*	Resistencia de tensión (MPa)	Límite elástico kpsi (MPa)	[illegible]
E60xx	62 (427)	50 (34[illegible])	[illegible]
E70xx	70 (482)	57 (39[illegible])	[illegible]
E80xx	80 (551)	67 (46[illegible])	[illegible]
E90xx	90 (620)	77 (53[illegible])	[illegible]
E100xx	100 (689)	87 (60[illegible])	[illegible]
E120xx	120 (827)	107 (73[illegible])	[illegible]

ANEXO G

GUIA DE MANTENIMIENTO

COMPROBACIONES	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
ESTRUCTURA			
Comprobar uniones de vigas (apriete tornillos, soldaduras, etc.)			●
Inspeccionar los carriles de rodadura (alineación, desgaste, fijación a vigas)			●
TESTEROS (Fig. 5)			
Comprobar la frenada simultánea de los grupos motrices	●		
Comprobar funcionamiento de los motores	●		
Comprobar desgaste de las pestañas de las ruedas		●	
Comprobar que no existen grietas capilares en las zonas de rodadura de las ruedas		●	
Verificar niveles de aceite y estado de grasas en los grupos reductores		●	
Comprobar apriete tornillos y tuercas de fijación de los distintos elementos (motores, reductores, topes, etc.), estado de soldaduras			●
CARRO (Fig. 6)			
Engrase del cable de elevación	●		
Comprobar pérdidas de aceite o grasa	●		
Comprobar estado guía de cables	●		
Comprobrar estado de las ruedas del carro (pestañas, grietas, etc.)		●	
Inspeccionar el cable de elevación y sus amarres.		●	
Engrasar dientes, rodamientos y puntos de fricción		●	
Verificar niveles de aceite o estado de grasas de los reductores de elevación y traslación		●	
Examinar el desgaste de los elementos de freno.		●	
Comprobar colocación, estado y apriete de grapas		●	

COMPROBACIONES	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
Comprobar regulaciones limitador de carga máxima		●	
Comprobar apriete de tornillos y tuercas de fijación de los distintos elementos. Estado de soldaduras			●
GANCHO (Fig. 7)			
Observar giro poleas (engrase a vida)	●		
Comprobar buen estado del gancho de carga...		●	
Engrase rodamiento axial		●	
Engrase poleas (si no tienen engrase a vida)....		●	
INSTALACION ELECTRICA			
Comprobar estado de los aparatos de protección y control automáticos	●		
Comprobar estado mandos y controles manuales	●		
Observar estado de armarios de aparellaje y sus puertas	●		
Comprobar funcionamiento aparellaje	●		
Comprobar estado de las cajas de conexión.....	●		
Comprobar que los frenos se suelten al activar los motores	●		
Comprobar limitadores de fin de carrera de elevación, traslación de carro y traslación de puente.	●		
Revisar estado de los elementos móviles de alimentación eléctrica		●	
Comprobar estado escobillas y colector motores si los llevan		●	
Comprobar la presión de los tomacorrientes.....		●	
Comprobar el estado de los grafitos		●	
Comprobar el estado de las conexiones en general			●
Revisar empalmes y sujección de línea de alimentación			●