

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**" DISEÑO DE UNA PLATAFORMA PARA EL ACCESO DE CAMIONES DE
DESCARGA DE MATERIAL A UNA BARCAZA "**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Ricardo Xavier Jurado Ludeña

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios primeramente ya que sin El nada de esto fuera posible. Agradezco a mis padres por la paciencia y comprensión a lo largo de todos estos años de estudio. A mis abuelos, hermanas, tíos y primos por estar siempre conmigo. Esto es para Uds.

DECLARACIÓN EXPRESA

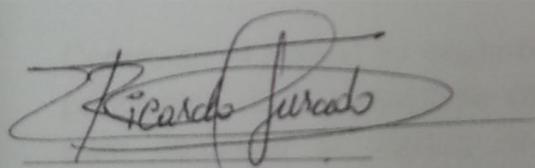
“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Ricardo Xavier Jurado Ludeña

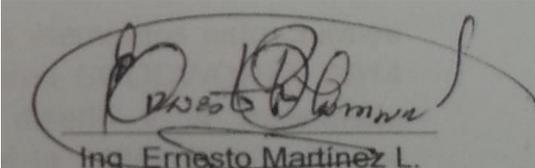
Ing. Ernesto Martínez L.

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Estamos también de acuerdo que el vídeo de la presentación oral es de plena propiedad de la FIMCP.



Ricardo Jurado L.



Ing. Ernesto Martínez L.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como propósito realizar el diseño estructural de una plataforma abatible, accionada por un sistema electro-mecánico, la cual permitirá el acceso de un camión 8x4 de 4 ejes, con capacidad de 40 toneladas de material al granel, desde un muelle hacia el interior de una barcaza.

Primeramente se dio a conocer la situación inicial del problema, con los requerimientos y requisitos que debe cumplir el sistema a diseñar. A partir de esta situación inicial, se plantearon varias alternativas de solución, y ponderando criterios de selección acordes a la función que cumplirá el diseño, se determinó la que mejor respondió a satisfacer la necesidad y que cumplió con el requerimiento solicitado.

Con la selección de la alternativa más adecuada de solución, se parte de un diseño de forma y se plantean las cargas de diseño que actuarían sobre el sistema. Después se analizan y determinan los elementos estructurales constituidos por perfiles de acero al carbono. Los elementos estructurales de la plataforma y su estructura de soporte, han sido seleccionados bajo normas y códigos internacionales que cumplen las casas distribuidoras en el País de estos elementos. Con respecto al sistema de accionamiento de la plataforma se han seleccionado elementos normalizados, que cumplen con las capacidades de carga y dimensiones encontradas teóricamente.

Concluido el diseño se desarrolla la simulación de los elementos estructurales principales de la plataforma con la ayuda del programa SOLIDWORKS 2014 para constatar la validez de funcionamiento del diseño y la resistencia estructural del mismo; aplicando los lineamientos de la AISC. Este software permitió evaluar los resultados de esfuerzo máximo, deflexión máxima y factor de seguridad que se produce en cada estructura, para corroborar el análisis teórico realizado.

Después se realizó un análisis de costos que involucra el proyecto y se adjuntan los respectivos documentos técnicos y planos de conjunto, en donde se especifica la ingeniería de detalle de cada uno de los elementos que formarán parte de la plataforma, estructura de soporte y sistema de accionamiento. Finalmente se establecen las conclusiones y recomendaciones, comparando los objetivos planteados inicialmente y llegando a un resultado final.

Palabras Clave:

Plataforma abatible, estructura de soporte, Sistema de accionamiento, normas, diseño estructural, camión 8x4 de 4 ejes, material al granel, barcaza.

ABSTRACT

The goal of this project is the structural design of a swinging platform, powered by an electro-mechanical system, which will allow the truck access onto a barge, with a capacity of 40 tons of bulk material for discharge on the barge.

The initial problem was first presented along with requirements and requisites to be fulfilled by the system design to discharge material onto the barge. After consideration of this problem, several solutions were proposed, and weighting the various criteria, it was determined which solution best responded to the necessity and met the requirements requested.

Once having chosen the most suitable of the solutions, a conceptual design was begun and the loads of the design that act on the system arise. Then, the structural elements consisting of carbon steel profiles, were analyzed and the proper material was determined. The structural elements of the platform, and its supporting structure, have been selected taking into careful consideration international standards and codes that are met by the distribution houses of these elements in the country. With respect to the drive system of the platform, standard elements have been selected that comply with load capacities and dimensions found theoretically.

Having completed the design, the simulation of the principal structural elements of the platform is developed using the SOLIDWORKS 2014 program to prove the functionality and structural strength of the design; applying the guidelines of the AISC. This software allowed us to evaluate the results of maximum effort, maximum deflection and safety factor that are produced in each structure, to verify the theoretical analysis.

Afterwards an analysis of the costs procured by the project was done and attached are the respective technical documents and assembly drawings, in which can be found the detailed engineering of each of the elements that will form part of the platform, support structure and drive system. Finally, conclusions and recommendations are established by comparing the initial objectives and reaching a final result.

Keywords:

Swinging Platform, support structure, drive system, rules, structural design, truck, bulk material barge.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Generalidades	1
1.1.1 Análisis y definición del Problema	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Marco teórico.....	3
1.3.1 Autoridad Portuaria Nacional.....	3
1.3.2 Terminal Portuario Internacional Puerto Hondo S.A., TPI (Ecuador, 2015).....	4
1.3.3 Definición de Barcaza.....	5
1.3.4 Diseño de Estructuras metálicas (AISC, 2010)	7
1.3.5 Normas de Diseño.....	9
CAPÍTULO 2.....	10
2. Metodología del Diseño	10
2.1 Estudio de Alternativas de solución	10
2.1.1 Alternativa A.- Plataforma metálica fija al muelle del puerto, accionada por un Brazo hidráulico.....	11
2.1.2 Alternativa B.- Plataforma metálica extensible.....	11

2.1.3	Alternativa C.- Diseño de Plataforma Abatible con su estructura de soporte y Sistema de accionamiento mediante Grúas de arrastre, poleas y cables de acero.....	12
2.2	Análisis y selección de alternativas.....	13
2.2.1	Criterios de Selección.....	13
2.2.2	Evaluación del peso específico de cada criterio	14
2.2.3	Matriz de decisión.....	17
2.2.4	Selección de mejor alternativa.....	17
2.3	Análisis y diseño estructural de la mejor alternativa.....	18
2.3.1	Diseño de Forma.....	18
2.3.2	Cargas de Diseño.....	23
2.4	Diseño de elementos estructurales de la Plataforma Abatible y su Estructura de Soporte.....	29
2.4.1	Diseño de los elementos estructurales de Plataforma	29
2.4.2	Diseño de los elementos estructurales de Soporte de la Plataforma Abatible..	39
2.5	Diseño de sistema de accionamiento	43
2.5.1	Selección de Cable de acero.....	44
2.5.2	Grúa de arrastre o carrete	46
2.5.3	Selección de Poleas	49
CAPÍTULO 3.....		50
3.	DISCUSIÓN Y Resultados.....	50
3.1	Resultados de Selección de Mejor alternativa	50
3.2	Discusión y Resultados del Diseño de Plataforma Abatible	50
3.2.1	Resultados del diseño de forma	50
3.3	Resultados de Análisis estructural con Software ®.....	52
3.3.1	Resultados de las cargas de diseño aplicados sobre la estructura	52
3.3.2	Resultados del Análisis estructural para Plataforma Abatible	57
3.3.3	Análisis estructural con software para Estructura de Soporte	68
3.4	Resultados de Análisis del Sistema de accionamiento	78
3.4.1	Grúa de arrastre o carrete (Winche)	78

3.4.2	Cable de acero	79
3.4.3	Resultados de la selección de Poleas	80
3.5	Procedimiento de Construcción, Montaje y Análisis de Costo de Fabricación y Montaje 80	
3.5.1	Proceso de Fabricación.....	81
3.5.2	Proceso de Montaje.....	82
3.5.3	Análisis de Costos	83
CAPÍTULO 4.....		90
4.	Discusión y Conclusiones.....	90
4.1	Conclusiones.....	90
4.2	Recomendaciones.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....		92
5.	Bibliografía	92
APÉNDICES.....		93

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
AISC	American Institute of Steel Construction
INEN	Intituto Ecuatoriano de Normalización
ASSHTO	American Association of state Highway and Transportation
NEC	Norma Ecuatoriana de Construcción
SSPC	Steel Structures Painting Council
AWS	American Welding Society

SIMBOLOGÍA

CV	Carga viva
CCV	Carga camión vacío
CT	Carga a transportar
SC	Sobrecarga
W	Carga aplicada a cada perfil longitudinal
F	Fuerza aplicada a cada viga longitudinal
G	Gravedad, valor constante de 9.8 m/s^2 .
σ_{max}	Esfuerzo máximo aplicado.
M	Momento Flector.
I	Momento de Inercia.
C	Distancia desde la fibra neutra del perfil hasta el extremo.
N	Factor de seguridad
C_p	Carga puntual
Φ_c	Factor de reducción de resistencia
T_n	Resistencia nominal de tensión
T_u	Carga en el miembro
F_y	Esfuerzo de fluencia del elemento
A_g	Sección transversal del elemento estructural.
T_U	Fuerza que se ejerce sobre el elemento CE.
Y	Distancia máxima entre barcaza y muelle.
α	Angulo entre plataforma y muelle ($\alpha \leq 15^\circ$)
X	Distancia de la Plataforma Abatible
Hs	Altura máxima de la estructura de Soporte
As	Ancho de la armadura.
Hp	Altura de la plataforma abatible.
Ds	Distancia entre las armaduras.
Ap	Ancho de la plataforma abatible.
F_{vi}	Fuerza de viento sobre la estructura.
ρ	Densidad del aire
A_F	El área sobre la cual se aplica la presión del viento
C_e	Factor de ráfaga.
C_f	Coefficiente de forma.
V	Fuerza cortante aplicada sobre el eje de abatimiento.
D_{eje}	Diámetro del eje de abatimiento
τ	Esfuerzo Cortante sobre el eje de abatimiento

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1-1. Vista Superior Puerto Privado.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 1-2. Esquema de Barcaza</i>	<i>6</i>
<i>Figura 1-3. Barcaza de carga seca</i>	<i>7</i>
<i>Figura 1-4. Perfiles laminados más comunes (AISC, 2010)</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2-1. Esquema general de Barcaza y Plataforma Abatible</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2-2. A) Posición de plataforma Vertical sobre la Barcaza.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2-3. B) Posición de Carga de la Barcaza</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2-4. Punto crítico Plataforma Abatible-Muelle y Barcaza</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2-5. Triángulo ABC para encontrar la distancia X</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2-6. Esquema general Soporte-Plataforma Abatible-Vista Lateral</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2-7. Esquema general Soporte-Plataforma Abatible-Vista Superior.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2-8. Esquema de reparto de cargas sobre la plataforma Abatible.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 2-9. Esquema de cargas de viento sobre plataforma Abatible</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2-10. Estructura de Soporte.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2-11. Diagrama de Cuerpo libre de Plataforma Abatible</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2-12. Esquema de plataforma Abatible</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2-13. Carga repartida longitudinalmente sobre viga.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2-14. Área efectiva sobre los perfiles transversales.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2-15. Disposición de carga puntual sobre la viga transversal.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2-16. Carga puntual sobre viga Transversal</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2-17. Reacciones sobre apoyos empotrados.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2-18. Esquema general aplicación de carga resultante C_t sobre plataforma en punto más crítico.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2-19. Reacciones sobre los apoyos tipo bisagra y simple.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2-20. Esquema abatimiento entre barcaza y plataforma.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 2-21. Reacciones sobre el apoyo abatible.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2-22. Fuerza cortante V generada sobre el eje</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2-23. Esquema de estructura de Soporte.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 2-24. Reacciones en los apoyos empotrados</i>	<i>41</i>
<i>Figura 2-25. Reacciones en apoyos considerando el apoyo D como Empotrado y el apoyo E como apoyo Simple.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 2-26. Cable de acero 6x36 WS-IWRC (ISO-2408, 2003)</i>	<i>44</i>
<i>Figura 2-27. Factor de Selección de cable, C. (4308-1, 2003)</i>	<i>44</i>

Figura 2-28. Condiciones de servicio de la grúa de arrastre (4308-1, 2003).	45
Figura 2-29. Esquema general, longitud máxima del cable de acero.	47
Figura 2-30. Triangulo entre poleas A y B y el punto de pivote O.	48
<i>Figura 3-1. Esquema general Soporte-Plataforma Abatible-Vista Lateral</i>	<i>52</i>
<i>Figura 3-2. Esquema general Soporte-Plataforma Abatible-Vista Superior.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 3-3. Variación de ángulos alfa y theta durante el movimiento de plataforma abatible</i>	<i>56</i>
<i>Figura 3-4. Diagrama de Corte y de Momento flector</i>	<i>59</i>
<i>Figura 3-5. Tabla de IPE catálogo de Dipac</i>	<i>60</i>
<i>Figura 2-23. Diagrama de Corte y de Momento flector de viga transversal.....</i>	<i>61</i>
Figura 3-7. Modelo estructural de Plataforma Abatible en 3D	63
Figura 3-8. Fuerzas aplicadas sobre el punto A.....	68
Figura 3-9. Fuerzas aplicadas sobre el punto B.....	69
Figura 3-10. Fuerzas aplicadas sobre el punto C.....	70
Figura 3-11. Fuerzas aplicadas sobre el punto D.....	71
Figura 3-12. Fuerzas aplicadas sobre el punto E.....	72
Figura 3-13. Esquema general de estructura de soporte y cargas aplicadas.	74
Figura 3-14. Deformación de Estructura de soporte.....	77
Figura 3-15. Ficha técnica winche eléctrico PWG7700 (Prowinch, 2015).	79
Figura 3-16. Winche eléctrico PWG7700	80
Figura 3-17. Ficha técnica de Polea PWPF300 de Prowinch (Prowinch, 2015).	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Terminales Privados en la Provincia del Guayas (Públicas, 2014).....	4
Tabla 2. <i>Características principales de Barcaza</i>	7
Tabla 3. <i>Tabla ponderativa de Criterios de Selección</i>	15
Tabla 4. <i>Tabla Ponderativa de Criterio de Seguridad</i>	15
Tabla 5. <i>Tabla Ponderativa de Criterio de Bajo Costo</i>	15
Tabla 6. <i>Tabla Ponderativa de Criterio de Bajo Peso</i>	16
Tabla 7. <i>Tabla Ponderativa de Criterio de Funcionalidad</i>	16
Tabla 8. <i>Tabla Ponderativa de Criterio de Mantenimiento</i>	16
Tabla 9. <i>Tabla Ponderativa de Criterio de Vida útil</i>	16
Tabla 10. <i>Tabla de Conclusión para Selección de Mejor Alternativa</i>	17
Tabla 11. <i>Componentes de plataforma abatible</i>	17
Tabla 12. <i>Tipos de Carga que actúan sobre Plataforma Abatible</i>	23
Tabla 13. <i>Características de un camión de 4 ejes (Progress, 2013)</i>	24
Tabla 14. Clasificación del mecanismo de la grúa de arrastre (4308-1, 2003)	46
Tabla 15. Factores de selección para tambores y poleas	47
Tabla 17. Valores de coeficientes de corrección.....	54
Tabla 18. Coeficiente de Forma.....	54
Tabla 19. <i>Resultados de Tensión en el cable</i>	56
Tabla 20. Cargas aplicadas sobre Plataforma abatible	64
Tabla 21. Apoyos aplicados sobre Plataforma Abatible	64
Tabla 22. Plataforma Abatible-Análisis estático-Tensiones1.....	65
Tabla 23. Plataforma Abatible-Análisis estático-Tensiones2.....	66
Tabla 24. Plataforma abatible-Desplazamiento máximo	66
Tabla 25. Plataforma abatible-Factor de seguridad-Vista 1.....	67
Tabla 26. Plataforma abatible-Factor de Seguridad-Vista 2.....	67
Tabla 26. Fuerzas que actúan sobre cada viga de la estructura de Soporte.....	72
Tabla 27. Cargas aplicadas a la estructura de Soporte.....	75
Tabla 28. Tipos de apoyos aplicados sobre la estructura de Soporte	75
Tabla 29. Fuerza de reacción en los apoyos.....	76
Tabla 30. Momentos de reacciones en los apoyos	76
Tabla 31. Tensiones máximas aplicadas a la Estructura de Soporte	76
Tabla 32. Desplazamiento de Estructura de soporte.....	77
Tabla 33. Factor de seguridad aplicado a la Estructura de Soporte.....	78
Tabla 35. Costo de Diseño de Plataforma Abatible.....	84

Tabla 36. Costo Equipos y Herramientas.....	85
Tabla 37. Costo de consumibles.....	85
Tabla 38. Costo de Materiales	86
Tabla 39. Costos de Mano de Obra	87
Tabla 40. Costos de Maquinarias	88
Tabla 41. Costo por Limpieza Superficial.....	88
Tabla 42. Costo de Instalación de Sistema de Accionamiento	89
Tabla 43. Costo total de Diseño, Fabricación y Montaje de Plataforma Abatible.....	89

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Plano de Estructura de Soporte (Apéndice A, numeral 1)

PLANO 2 Plano de Plataforma Abatible (Apéndice A, numeral 2)

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El Ecuador es un país multiétnico y pluricultural, geográficamente está subdividido en tres regiones imponentes que son la costa, sierra y oriente, cada una caracterizada por la diversidad de culturas que poseen y por la actividad comercial que realizan.

Este proyecto centrará su atención en la región costa, específicamente en un puerto privado ubicado en la provincia del Guayas, donde se genera la actividad comercial de exportación de materiales al granel mediante el uso de barcazas. Se dará una alternativa de solución para realizar la carga o descarga de este tipo de material, haciendo ingresar a la barcaza camiones que realicen esta labor.

1.1.1 **Análisis y definición del Problema**

En un puerto privado, ubicado en la ciudad de Guayaquil, se plantea realizar la exportación de material al granel mediante el uso de una barcaza. Al puerto privado llega material al granel cargado en camiones, los cuales descargan este material en los patios y bodegas de almacenamiento del puerto.

El puerto cuenta con un patio para almacenamiento de 80000 Ton de material al granel y además cuenta con una bodega de despacho de 30000 Ton de material y se ha propuesto realizar la exportación de este material en un flujo de 30000 Ton al mes. Para realizar la exportación el puerto cuenta con una barcaza que tiene una capacidad de desplazamiento de material de 7960 Toneladas.

Para explicar el proceso que se lleva a cabo al momento de realizar la operación de carga de este material sobre la barcaza, se define la situación inicial, que es la situación actual en la que se desarrolla dicho procedimiento, y los inconvenientes generados con el mismo.

También se define la situación final, que representa la manera en que este proyecto de diseño pretende brindar, a esta situación inicial, una solución factible, suprimiendo los inconvenientes que se generan actualmente con el proceso de exportación de este puerto.

Situación Inicial

Según la capacidad mencionada de la barcaza, ésta necesitará realizar mínimo 4 viajes al mes para completar la meta de exportación propuesta por el puerto. El tiempo de demora de la barcaza para realizar cada viaje dependerá de su destino de exportación.

Para esta propuesta el material será transportado a una costa de Perú que se encuentra a 200 millas náuticas del puerto privado en mención. La barcaza viajando a una velocidad promedio de 8 millas/hr, demorará aproximadamente 4 días en realizar un viaje.

De esta manera, para completar la meta propuesta de 30000 Ton al mes, la barcaza deberá viajar 16 días al mes, quedando 14 días para realizar la carga de material entre cada parada de la barcaza.

Para realizar la carga de material, se ha visto la necesidad de generar una unión física entre el muelle y la barcaza, que permita el ingreso de los camiones, lo cual fue considerado por la Dirección General del puerto privado, consiguiendo el alquiler de una plataforma, fabricada artesanalmente, que se acopla a la proa de la barcaza en un extremo y el extremo opuesto se asiente sobre el muelle, formando una rampa de acceso para los camiones.

La plataforma artesanal se la alquila al momento en que la barcaza arriba a muelle, y es montada y desmontada con ayuda de una grúa. De acuerdo al proceso anteriormente descrito, se han generado los siguientes inconvenientes:

- El tiempo máximo de carga de la barcaza debe ser de máximo 4 días entre cada parada, para que pueda completar su cuota mensual propuesta. Debido al alquiler de la grúa y de la plataforma artesanal este tiempo suele extenderse haciendo que la exportación no alcance a cumplir su meta.
- Se generan gastos de alquiler de la grúa que pueden llegar a ser muy altos debido al radio de giro que se presente para llegar hasta el punto de sujeción de la plataforma.
- Estos gastos de alquiler han generado que el precio de viaje por tonelada métrica transportado aumente, provocando que este precio no sea competitivo en el mercado.

Situación Final

Para suprimir los problemas acotados en la situación inicial, se pretende dar como solución el diseño de una Plataforma abatible, que irá fija a la proa de la barcaza, sostenida por una estructura de soporte y accionada mediante winches eléctricos. El abatimiento de la plataforma permitirá que la misma pueda estar en dos posiciones; a) Vertical y anclada a la barcaza por su estructura de soporte, y b) Formando una rampa de acceso entre el muelle y la barcaza para el acceso de camiones.

Con este diseño se considera mejorar los siguientes puntos:

- Se pretende reducir el tiempo espera de la barcaza en muelle, ya que se eliminarían los tiempos por disponibilidad de la plataforma artesanal desmontable o de grúa, permitiendo a la barcaza cumplir con la meta propuesta.

- Se eliminarían los gastos por alquiler de plataforma artesanal desmontable y grúa al contar la barcaza con una plataforma propia y con su propio mecanismo de ascenso y descenso a muelle.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Realizar el diseño estructural de una plataforma abatible, que vaya fija a una barcaza mediante una estructura, y el diseño del accionamiento de la misma una vez que la barcaza arribe a muelle, permitiendo el acceso de un camión con 40 toneladas de material.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Encontrar la mejor solución de diseño de Plataforma a realizar.
- Seleccionar elementos normalizados que integren el diseño a realizar.
- Utilizar materiales que se encuentren en el medio local para el diseño de los elementos del sistema de carga de material.
- Realizar el diseño del mecanismo de accionamiento de la plataforma.
- Proporcionar los planos finales de diseño.
- Realizar un análisis de costos de fabricación y montaje, según el diseño elaborado.

1.3 Marco teórico

En este punto se realizará la definición de diferentes elementos que conforman el presente proyecto para una mejor comprensión del mismo. Se realiza una definición primero global, sobre los sistemas portuarios a nivel nacional, dando una definición desde un macro hasta definiciones puntuales del proceso en el que se va a intervenir con el presente proyecto.

1.3.1 Autoridad Portuaria Nacional

El movimiento fluvial en la ciudad de Guayaquil se define por la actividad que se realice en cada uno de sus puertos, ya sean estos, Puertos Comerciales del Estado o Entidades Portuarias, Terminales Portuarios Habilitados (terminales privados) y Puertos Especiales (Superintendencias).

Entre los Puertos Comerciales del Estado o Entidades Portuarias, tenemos las administradas por:

- ✓ Autoridad Portuaria de Esmeraldas (APE),

- ✓ Autoridad Portuaria de Manta (APM),
- ✓ Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), y
- ✓ Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar (APPB),

Puertos Privados

En la provincia del Guayas existen aproximadamente 12 puertos privados, definidos por los productos que operan. La tabla 1 muestra los terminales privados habilitados que han tenido operación y movimiento de carga en el año 2013, según la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y fluvial.

Tabla 1. Terminales Privados en la Provincia del Guayas (Públicas, 2014)

<u>TERMINALES PORTUARIOS HABILITADOS</u>	<u>PRODUCTOS A OPERAR</u>
INDUSTRIAL MOLINERA	BOBINAS DE PAPEL, FERTILIZANTES UREA Y RESINA PLASTICA; CARGA DE BANANO Y OTRAS FRUTAS TROPICALES
NIRSA	RECEPCIÓN DE ATÚN Y PESCA
SALICA DEL ECUADOR	RECEPCIÓN DE ATÚN CONGELADO
ECUABULK	DESCARGA DE GRANELES SOLIDOS Y LIQUIDOS. GRASA-CEBO-SODA CAUSTICA-ACEITE DE SOYA-DODECILBENCENO
ECUAGRAN	CARGA Y DESCARGA GRANELES SOLIDOS, EMBARQUE CARGA GRANELES EN SACOS
VOPAK ECUADOR	CARGA/DESCARGA GRANELES SOLIDOS Y LIQUIDOS - HIDROCARBUROS
LUBRIANSA	RECEPCION DE ACEITE BASE LUBRICANTE
FERTISA	CARGA GENERAL, CONTENEDORES, GRANELES SOLIDOS (FERTILIZANTES, GRANOS, CHATARRA, ARCILLA, CARBON, YESO Y CLINKER) GRANELES LIQUIDOS (ACEITE AGRICOLA)
TRINIPUERTO	FERTILIZANTES Y AZUCAR. GRANELES SOLIDOS Y GRANELES LIQUIDOS
BANANAPUERTO	CONTENEDORES CONVENCIONALES Y REFRIGERADOS; CARGA PELIGROSA IMDG LIMITADO A LOS CONTENDORES SIN SER ABIERTOS; CONTENEDORES SERAN DESCONSOLIDADOS EN UNA BODEGA EN SECTOR VALLADO Y ALEJADO DE OTRAS BODEGAS. DISTRIBUCION DE ACUERDO A NORMAS DEL CODIGO IMDG. HIERRO EN DISTINTAS PRESENTACIONES EXCLUSIVAMENTE EN PATIO DE 1300 M2 JUNTO A BODEGA DE BOBINAS. VEHICULOS EN BODEGA "D" DE 370 M2
FERTIGRAN	CONTRUIR Y OPERAR UN TERMINAL INTERNACIONAL PARA MANEJO DE CONTENEDORES, CARGA GENERAL EN SUS DIFERENTES PRESENTACIONES (PESCADO CONGELADO, BANANO, SACOS, BIGBAGS, MADERA, FARDOS PALETIZADOS, ROLLOS DE ALAMBRE, ACERO) Y CARGA AL GRANEL SÓLICOS Y LÍQUIDOS.
TPI TERMINAL PORTUARIO PUERTO HONDO	GRANELES SÓLIDOS (SAL, YESO, CLINKER, CARBÓN).

El presente proyecto está definido hacia un puerto privado en particular que realiza la exportación de material al granel sólido por medio de barcazas.

1.3.2 Terminal Portuario Internacional Puerto Hondo S.A., TPI (Ecuador, 2015)

Este terminal de operaciones inicia sus operaciones en el año 2005. Cuenta con las siguientes instalaciones e infraestructura:

- Canales de acceso: Estero Mongón
- Área: 32.740 m2.

- Bodegas: (Almacén temporal) de 30.000 toneladas
- Patios: Para almacenar carga hasta 80.000 toneladas
- Tipo de Carga/especialización: gránulos sólidos (sal, yeso, clinker, carbón)
- Muelles: 77 m.
- Eslora: 140 m.
- Profundidad Muelles: En bajamar 6 metros y pleamar 10 metros.
- No. Atracaderos: 2

La figura 1-1 muestra una vista superior del puerto privado en mención, donde se puede apreciar el patio para almacenaje de material sólido y el estero Mongón que es su canal de acceso.



Figura 1-1. Vista Superior Puerto Privado

Como se determinó anteriormente, este puerto cuenta con una barcaza para realizar la exportación de este material al granel.

1.3.3 Definición de Barcaza

Una barcaza es un artefacto naval, de fondo plano, que se emplea para el transporte fluvial o transporte marítimo de mercancías y pasajeros entre buques, o entre barco y tierra. Su fondo plano facilita su varada en playas de arena, sin requerir de muelles o embarcaderos para su carga o descarga.

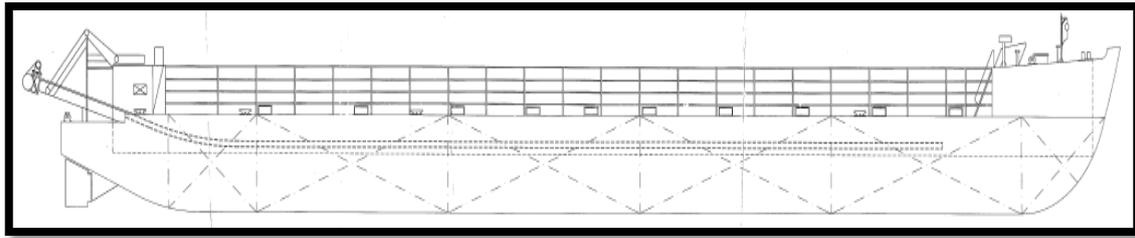


Figura 1-2. Esquema de Barcaza

Una barcaza tiene las siguientes dimensiones principales:

- Eslora.- Es la medida del buque tomada a su largo, desde la proa hasta la popa.
- Manga.- Es la anchura del buque.
- Puntal.- Es la máxima dimensión vertical medida en el centro del buque (mitad de la eslora), desde la parte superior de la línea de cubierta hasta la cara inferior del casco.

Estas dimensiones mencionadas difieren de acuerdo al material que transporta la barcaza, su capacidad de transporte y la funcionalidad que tengan.

De acuerdo a la funcionalidad de las barcazas se pueden destacar las siguientes:

- ✓ Barcaza de carga líquida
- ✓ Barcaza de carga seca
- ✓ Barcazas de perforación
- ✓ Barcaza Grúa
- ✓ Barcaza de elevación
- ✓ Barcaza tanque
- ✓ Barcaza oceánica

Para efectos de este proyecto, se definirá la barcaza sobre la cual se desarrollará la plataforma abatible, correspondiente a las barcazas de carga seca.

Barcaza de carga seca

Es una embarcación a remolque que transporta carga seca, como carbón, acero acabado o sus ingredientes, grano, arena o grava, y materiales similares. Tienen un casco externo, un vacío interno que constituye su reserva de flotabilidad y una caja interna de carga. La figura 1-3 nos muestra una barcaza realizando el transporte de carga al granel.



Figura 1-3. Barcaza de carga seca

Este tipo de barcazas, requieren que el muelle donde realice su arribo, tenga algún tipo de sistema de descarga directa sobre la misma. La tabla 2 muestra las características principales de la barcaza que realiza la exportación al granel a la cual se le realizará el diseño del sistema de carga de la misma.

Tabla 2. Características principales de Barcaza

Características Principales de Barcaza		
Descripción	Un	Cantidad
Esloza Total	m	99,51
Manga Total	m	20,42
Puntal	m	6,09
Desplazamiento máximo	Tn	7960
Volumen del casco	m3	11004
Area de flotación	m2	1890,68

1.3.4 Diseño de Estructuras metálicas (AISC, 2010)

Una estructura se puede definir como un conjunto de elementos que pueden soportar los efectos de la fuerza que actúen sobre el mismo, permaneciendo sin alteraciones apreciables en forma y tamaño durante su vida útil.

Una estructura debe cumplir las siguientes características:

- ✓ Debe ser rígida, es decir que el sistema no se deforme al momento de aplicar fuerzas sobre el mismo.
- ✓ Debe ser estable, su estructura debe ser sólida, constante y firme; esto anulará el posible volcamiento de la estructura.

- ✓ Debe ser resistente, es decir cada uno de los elementos que formen el sistema estructural tengan la capacidad de soportar la fuerza a la que serán sometidos sin llegar a la rotura o deformación permanente.

Secciones estructurales (AISC, 2010)

En el diseño de estructuras metálicas se pueden utilizar perfiles laminados en caliente y los perfiles armados o soldados. Los perfiles laminados más conocidos son los perfiles de estándar americanos descritos en el manual de diseño del instituto americano de construcción de acero AISC.

Secciones Laminadas Estándar (AISC, 2010)

La industria de la construcción ha estandarizado ciertos elementos de acero con formas y propiedades conocidas para facilitar a calculistas, productores y constructores relacionarse con un lenguaje en común.

En la figura 1-4 se puede apreciar los perfiles laminados más comunes, en donde los perfiles que aparecen con doble trazo pueden ser laminados en caliente o armados.

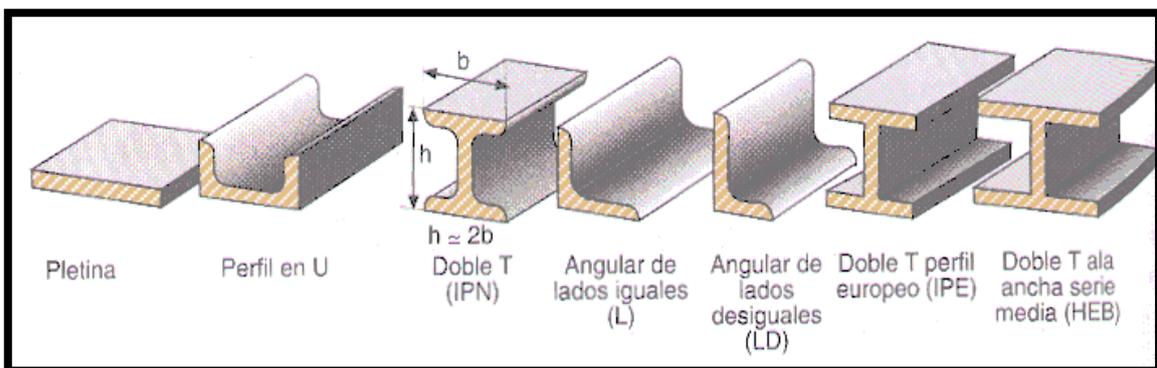


Figura 1-4. Perfiles laminados más comunes (AISC, 2010)

Perfiles Tipo I (AISC, 2010)

Este tipo de perfiles se pueden obtener laminados en caliente, los que se obtienen al calentar la materia prima, denominada palanquilla, calentándola hasta su punto de fusión y haciéndola pasar por rodillos y carriles hasta formar el tipo de perfil deseado.

También se los pueden obtener mediante el armado y soldado de láminas, formando el perfil deseado por el diseñador. Las secciones tipo I a su vez se pueden clasificar en secciones de patín ancho W, perfiles S y perfiles HP. Todos estos tipos de perfiles tienen dos ejes de simetría.

Perfiles Armados (AISC, 2010)

Los perfiles armados se obtienen uniendo entre sí dos o más perfiles o placas, para que actúen como un miembro estructural único. Estos perfiles son necesarios cuando se requieren secciones de dimensiones diferentes a las secciones laminadas o por los requerimientos del diseño o de las conexiones que van a realizar.

1.3.5 Normas de Diseño

Los códigos de diseño estructural son documentos que brindan requerimientos que deben cumplir los diferentes elementos de una estructura para asegurar que éstos, bajo la acción de diferentes estados de carga, no sufran ni colapsen de la estructura que conforman.

Para la ejecución del presente proyecto de tesis, se utilizarán los siguientes códigos y normas:

- ✓ NTE INEN 1 623 y 2 215, Norma Técnica Ecuatoriana.
- ✓ NEC-11, Norma ecuatoriana de la Construcción.
- ✓ CPE INEN 05, Código Ecuatoriano de la Construcción.
- ✓ CPE INEN 03, Código de Dibujo Técnico-Mecánico.
- ✓ CPE INEN 4308-1, Grúas y accesorios de izaje.
- ✓ AISC; American Institute of Steel Construction.
- ✓ CPE INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización RTE INEN 037:2009 Diseño, Fabricación y Montaje de Estructuras de Acero.
- ✓ AWS D1.1: Structural Welding Code-Steel 2006, American Welding Society.
- ✓ SSPC; Sociedad de Recubrimientos Protectores (Steel Structures Painting Council).
- ✓ ASTM: American Section of the International Association for Testing Materials.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

El presente capítulo define el problema, especificando las variables de entrada y de salida así como las limitaciones de ambas. Se detallan las alternativas solución y sus restricciones, y se establecen las funciones que cumplirá el diseño a ejecutar. Una vez escogida la mejor solución, se realiza el diseño detallado de la misma, con sus especificaciones de fabricación.

2.1 Estudio de Alternativas de solución

Para generar este estudio, se definen los requerimientos que debe cumplir el diseño, los cuales son los siguientes:

- ✓ Permitir el acceso de un camión con 40 toneladas de carga, desde un muelle hacia el interior de una barcaza.
- ✓ Debe tener un sistema de accionamiento que permita a la plataforma colocarse en su posición de carga y descarga.
- ✓ Debe permitir que la barcaza cumpla con su meta propuesta sin inconvenientes. Es decir el tiempo de carga debe ser corto.

Para cumplir con estos requerimientos, el diseño tendrá las siguientes restricciones:

- ✓ Restricciones físicas, la distancia entre el muelle y la barcaza será fundamental para definir la longitud de la plataforma. Además del ancho.
- ✓ Restricción de peso, no deberá ser una plataforma muy pesada ya que esto aumentaría su costo de fabricación.
- ✓ Funcionalidad de su sistema de accionamiento, el sistema debe permitir que la plataforma esté en dos posiciones, 1) Fija sobre uno de los dos puntos, ya sea la barcaza o el muelle y; 2) Formando una rampa entre el muelle y la barcaza.

Definidos los requerimientos y las restricciones a las cuales estará regido el diseño a implementar, se generan las siguientes 3 alternativas de solución, haciendo mención de sus principales ventajas y desventajas

2.1.1 Alternativa A.- Plataforma metálica fija al muelle del puerto, accionada por un Brazo hidráulico

Esta alternativa de solución plantea diseñar una plataforma metálica fija al muelle que servirá como rampa de acceso para el ingreso de un camión cargado de material y realice la descarga de forma directa en el interior de la barcaza.

La Plataforma tendrá dos posiciones de movimiento, estará fija y vertical sobre el muelle y al momento en que arribe la barcaza, será accionada por pistones hidráulicos que realizarán el descenso de la plataforma hasta que su extremo opuesto tope con la barcaza.

A continuación se detallan las ventajas y desventajas de esta solución:

VENTAJAS:

- El diseño es eficaz. Permite que un camión ingrese a la barcaza y descargue directamente.
- Es un sistema de carga de material muy simple, no contiene muchos elementos que lo conforman.
- Su montaje es simple.
- No afecta la capacidad de carga de la barcaza.

DESVENTAJAS:

- El dimensionamiento de los pistones podría ser muy elevado debido al peso de la plataforma metálica.
- Deberá realizarse una estructura metálica de soporte para que la plataforma quede totalmente vertical sobre el muelle.
- El costo del sistema de accionamiento puede ser elevado.
- Su mantenimiento es costoso.
- Su funcionamiento es limitado, pues solo podrá realizarse en base a las dimensiones de la barcaza mencionada.
- Se requiere de un control para los elementos hidráulicos.
- Se requiere realizar un estudio al muelle que soportará el peso de la plataforma.
- Este diseño solo puede ser utilizado para este muelle.

2.1.2 Alternativa B.- Plataforma metálica extensible

Esta alternativa de solución plantea realizar el diseño de una plataforma que vaya fija a la barcaza, completamente horizontal y que al momento de llegar a muelle, se accione por medio de pistones. Estos pistones elevarán la plataforma hasta el porcentaje de pendiente requerida para el acceso vehicular y se extenderá por medio de un sistema de accionamiento y una estructura guía hasta que el extremo opuesto de la plataforma toque con el muelle.

VENTAJAS:

- El peso de la plataforma será controlado por el diseño.
- La plataforma puede ser utilizada en otro muelle.
- La fabricación de la plataforma no representa mayor complejidad.
- No afecta la capacidad de carga de la barcaza.

DESVENTAJAS:

- El diseño del sistema de accionamiento es complejo.
- El mantenimiento del sistema de accionamiento es costoso.
- Se requiere de un control para los elementos hidráulicos.
- Deberá realizarse una estructura metálica de guía para la extensión de la plataforma.
- Podría presentar inconvenientes por posibles descarrilamientos en la estructura guía.
- La inversión es alta por todos los elementos que posee.
- Tendrá solo un rango de inclinación, limitando su funcionamiento.

2.1.3 Alternativa C.- Diseño de Plataforma Abatible con su estructura de soporte y Sistema de accionamiento mediante Grúas de arrastre, poleas y cables de acero.

Esta alternativa de solución plantea el diseño de una plataforma abatible anclada sobre la barcaza de manera vertical y accionada mediante grúas de arrastre que provocarán su abatimiento hasta que su eje opuesto toque con el muelle.

La figura 2-1 nos muestra un esquema general de la barcaza con la plataforma abatible considerada en esta alternativa de solución, la cual irá acoplada a la proa de la misma.

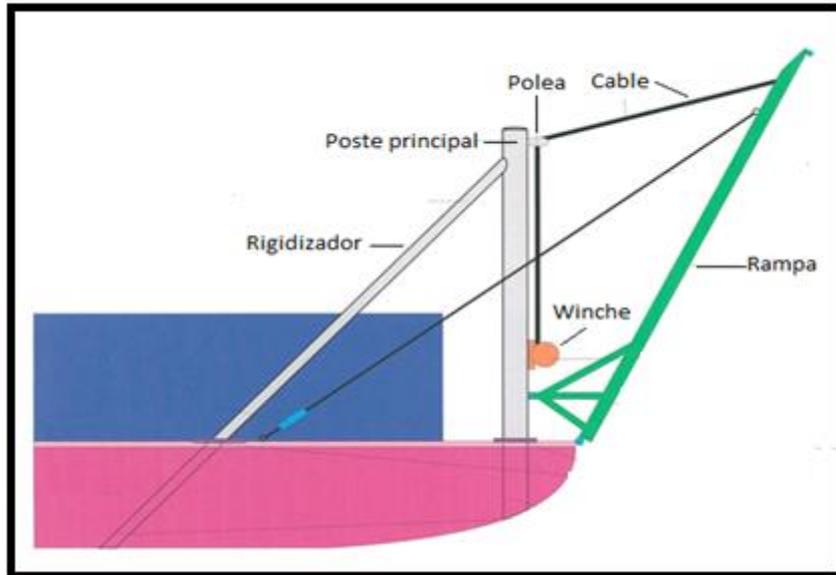


Figura 2-1. Esquema general de Barcaza y Plataforma Abatible

VENTAJAS:

- Su diseño es funcional y práctico. Cumple con la función requerida.
- El peso global del diseño será controlado para que no sea costoso.
- El mantenimiento del sistema es más simple que el resto de alternativas.
- Al tener la plataforma anclada sobre la barcaza, esta misma puede ser utilizada en otro muelle.
- La operación del sistema de accionamiento es más sencillo.

DESVENTAJAS:

- Para realizar el diseño de la estructura de soporte se deberá considerar la carga por efecto del viento, ya que la plataforma estará completamente vertical sobre la barcaza cuando ésta se encuentre en ruta.
- La barcaza deberá contar con un generador de energía eléctrica propio para poder realizar la conexión de las grúas de arrastre.

2.2 Análisis y selección de alternativas

La selección de la alternativa de solución se la realiza mediante el método de ponderaciones (Riba, 2006). Para esto se escogerán los criterios de selección más importantes de acuerdo a la factibilidad del proyecto, para poder evaluar las alternativas apropiadamente.

2.2.1 Criterios de Selección

Los criterios de selección primordiales para determinar la mejor alternativa de solución, que se toman en cuenta, son los siguientes:

- Seguridad
- Costo
- Peso
- Funcionalidad
- Mantenimiento
- Vida útil

Estos criterios serán evaluados designándoles un peso específico a cada uno según su incidencia sobre las alternativas de solución.

2.2.2 Evaluación del peso específico de cada criterio

Para evaluar cada una de las alternativas se le designará un orden de importancia a cada uno de los criterios mencionados anteriormente.

Seguridad=Costo>Peso>Funcionalidad>Mantenimiento>Vida útil

La seguridad, el costo y el peso serán los criterios más importantes a evaluar ya que de estos dependerá la factibilidad del proyecto. Luego se priorizará la funcionalidad del sistema de accionamiento, así como el mantenimiento del mismo y la vida útil de cada una de las alternativas de solución.

Sustentando la prioridad del diseño, son estables las siguientes valoraciones indicadas a continuación:

Criterio a>Criterio b	Valor = 1
Criterio a=Criterio b	Valor=0.5
Criterio a<Criterio b	Valor=0

Estas valoraciones colocadas a los criterios sirven para colocar un valor al momento de realizar la matriz de decisión por cada alternativa. La tabla 3, se pondera las prioridades del diseño para su evaluación.

Tabla 3. Tabla ponderativa de Criterios de Selección

Criterio a \ Criterio b	Seguridad	Costo	Peso	Funcionalidad	Mantenimiento	Vida Útil	$\sum +1$	Ponderación
Seguridad	1	0,5	1	1	1	1	5,5	0,26
Costo	0,5	1	1	1	1	1	5,5	0,26
Peso	0	0	1	1	1	1	4	0,19
Funcionalidad	0	0	0	1	1	1	3	0,1
Mantenimiento	0	0	0	0	1	1	2	0,1
Vida Útil	0	0	0	0	0	1	1	0,05
				\sum			21	1

En las siguientes tablas se evaluará cada criterio en relación a las alternativas anteriormente mencionadas.

Tabla 4. Tabla Ponderativa de Criterio de Seguridad

Alternativas	A	B	C	$\sum +1$	Ponderación
A	1	0,5	0,5	2	0,29
B	0,5	1	1	3	0,43
C	0,5	0,5	1	2	0,29
	\sum			7	1

Tabla 5. Tabla Ponderativa de Criterio de Bajo Costo

Alternativas	A	B	C	$\sum +1$	Ponderación
A	1	1	0	2	0,33
B	0	1	0	1	0,17
C	1	1	1	3	0,50
	\sum			6	1

Tabla 6. Tabla Ponderativa de Criterio de Bajo Peso

Alternativas	A	B	C	$\sum +1$	Ponderacion
A	1	0	0	1	0,33
B	0	1	0	1	0,17
C	1	1	1	3	0,50
	Σ			6	1

Tabla 7. Tabla Ponderativa de Criterio de Funcionalidad

Alternativas	A	B	C	$\sum +1$	Ponderacion
A	1	0	0	1	0,17
B	1	1	0	2	0,33
C	1	1	1	3	0,50
	Σ			6	1

Tabla 8. Tabla Ponderativa de Criterio de Mantenimiento

Alternativas	A	B	C	$\sum +1$	Ponderacion
A	1	0	0	1	0,33
B	0	1	0	1	0,17
C	1	1	1	3	0,50
	Σ			6	1

Tabla 9. Tabla Ponderativa de Criterio de Vida útil

Alternativas	A	B	C	$\sum +1$	Ponderacion
A	1	0,5	0,5	2	0,29
B	0,5	1	0,5	2	0,29
C	1	1	1	3	0,43
	Σ			7	1

2.2.3 Matriz de decisión

Ponderado cada criterio de acuerdo a las 3 alternativas, se define la selección de la mejor alternativa mediante una matriz de decisión realizando la multiplicación entre la ponderación de cada criterio, y la ponderación de cada alternativa según el criterio.

Tabla 10. Tabla de Conclusión para Selección de Mejor Alternativa

Criterios Alternativas	Seguridad	Bajo Costo	Peso	Funcionalidad	Mantenimiento	Vida útil	Σ	Prioridad
Peso de Criterio	0,26xA	0.26xA	0.19xA	0.1xA	0.1xA	0.05xA		
Alternativa A	0,0873	0,0873	0,0476	0,048	0,032	0,0136	0,32	2
Alternativa B	0,0873	0,0437	0,0952	0,024	0,016	0,0136	0,28	3
Alternativa C	0,0873	0,131	0,0476	0,071	0,048	0,0204	0,41	1

2.2.4 Selección de mejor alternativa

Según la matriz de decisión, los resultados nos muestran que la mejor alternativa es la de diseñar una plataforma abatible fija a la barcaza, sostenida por una estructura de soporte y accionada por grúas de arrastre. A continuación, se describen los componentes que conformarán la plataforma abatible a diseñar en la tabla 11.

Tabla 11. Componentes de plataforma abatible

PLATAFORMA ABATIBLE	
Componentes	Descripción
Plataforma	Plataforma metálica en plancha antideslizante de acero A-36, con perfiles tipo H.
Abatimiento	Sobre orejas normadas para capacidad de carga determinada, de acero A-36 con ejes de pivoteo. Con pines de seguridad y sistema de engrasado manual.
Capacidad máxima de Carga	50000 Kg - 110000 Lbs
Estructura de Soporte	Estructura de soporte formada con perfiles tipo H.
Sistema de Accionamiento	Accionamiento se realizará mediante winches eléctricos ubicados en la estructura de soporte.
Accesorios de Accionamiento	Poleas Fijas, 4 unidades. 2 ubicadas en la plataforma abatible y 2 ubicadas en la estructura de soporte.
	Cable de acero, utilizado para realizar el levantamiento y descenso de la plataforma abatible.

2.3 Análisis y diseño estructural de la mejor alternativa

El diseño de la plataforma abatible será dividido en etapas, las cuales se realizarán bajo un proceso creativo, desarrollando todo el conjunto solicitado, satisfaciendo todas las restricciones y condiciones de servicio requeridas. A continuación se detallan los pasos que se seguirán para realizar el diseño:

1. Diseño de Forma.- Donde se detalla un análisis geométrico preliminar de todo el sistema y su estructuración.
2. Cargas de Diseño.- Se identifican las cargas que influyen en el sistema, como las cargas de cada elemento estructural.
3. Análisis estructural de la plataforma con software.- Se aplicarán fundamentos teóricos para determinar la respuesta del sistema a las acciones de los esfuerzos por cargas. Se simularán los elementos principales y se analizarán las posibles deformaciones, identificando puntos críticos del sistema.
4. Diseño de Elementos complementarios.- Se realizará el diseño de los elementos que realizan el accionamiento del sistema así como sus accesorios complementarios, seleccionando elementos estandarizados según los parámetros de diseño.

2.3.1 Diseño de Forma

En este punto se plantea realizar un bosquejo de la estructura, tanto para la plataforma abatible, como para el soporte de la misma; para obtener los mejores aciertos en la selección y optimización de materiales y establecer las dimensiones preliminares de ambas estructuras.

Análisis geométrico de estructura de Plataforma Abatible

Para el análisis geométrico de la alternativa seleccionada, se pretende situar la plataforma en dos posiciones:

- A. Vertical sobre la Barcaza y anclada a su estructura de soporte (Ver fig. 2-2).
- B. Posición de Carga de la Barcaza con borde posterior de la plataforma en el muelle. (Ver fig. 2-3)

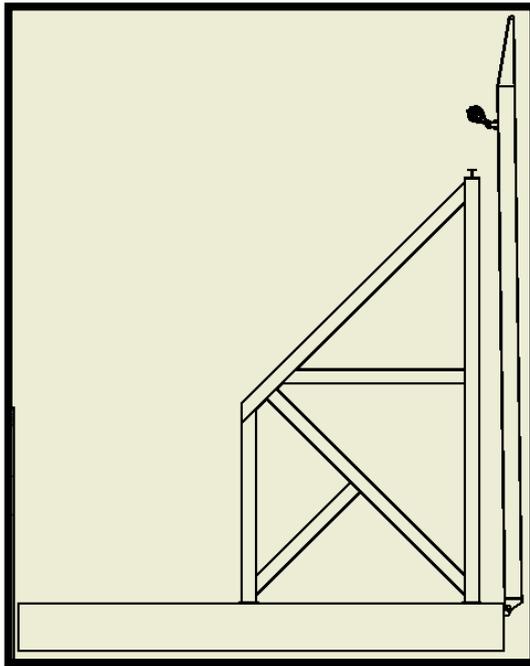


Figura 2-2. A) Posición de plataforma Vertical sobre la Barcaza

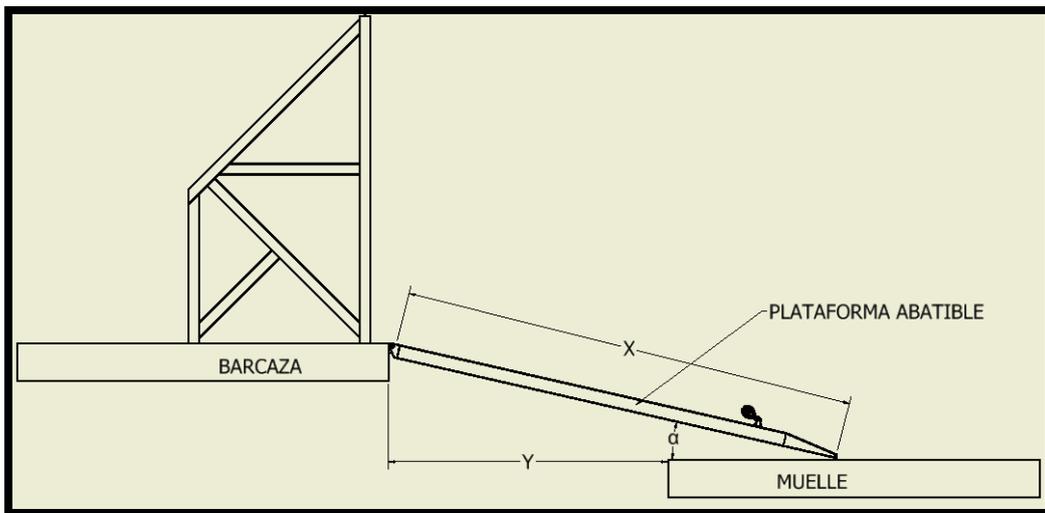


Figura 2-3. B) Posición de Carga de la Barcaza

La longitud total de la plataforma, denominada con la variable X , estará determinada por el ángulo que forme la plataforma con respecto al muelle (ángulo α) y la distancia entre la proa de la barcaza y el muelle, denominada con la variable Y .

Para encontrar la longitud de la plataforma abatible, se realiza el análisis en el punto más crítico que es al momento en el que el borde de la plataforma que se asienta sobre el muelle se ubique en el punto A, como se puede apreciar en la fig. 2-4.

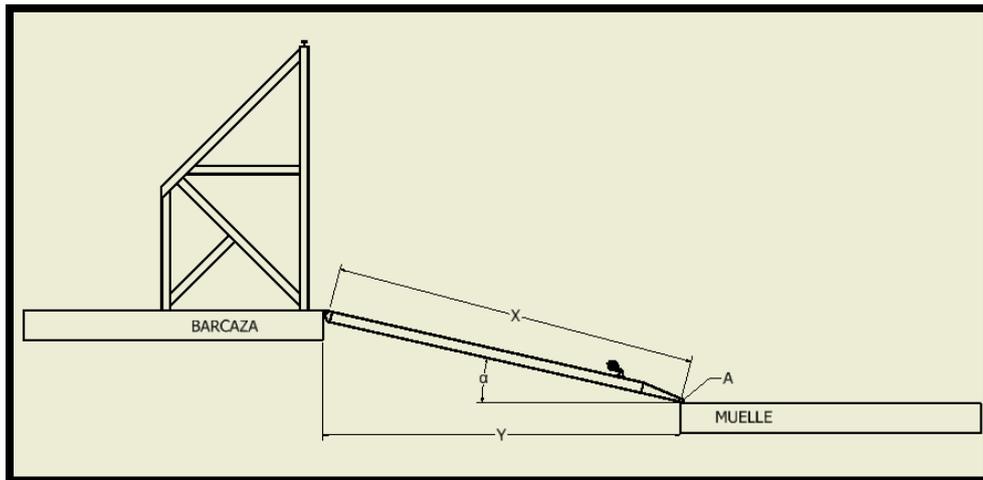


Figura 2-4. Punto crítico Plataforma Abatible-Muelle y Barcaza

De esta manera se encontrará la mínima longitud que deberá tener la plataforma, con el triángulo ABC que se forma en este punto, como se puede apreciar en la figura 2-5.

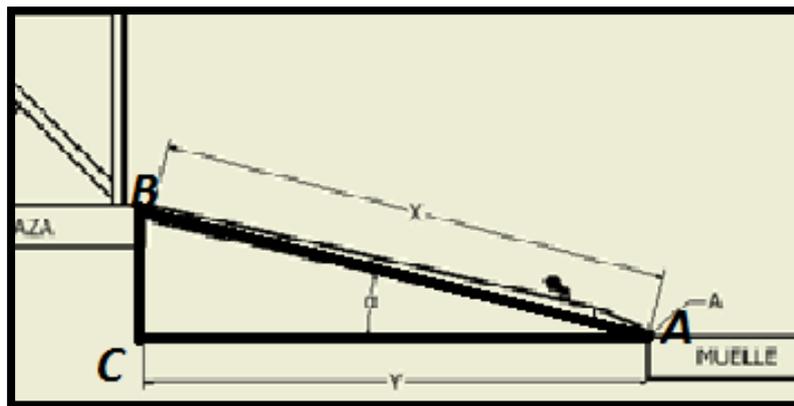


Figura 2-5. Triángulo ABC para encontrar la distancia X

Se ha propuesto establecer el coseno del ángulo α en el triángulo ABC, como se indica a continuación:

$$\text{Cos}(\alpha) = \frac{Y}{X} \quad \text{Ecuación 1}$$

Despejando x tenemos:

$$X = \frac{Y}{\text{Cos}(\alpha)}$$

Donde:

Y; distancia máxima entre barcaza y muelle.

α ; ángulo entre plataforma y muelle.

X; Distancia de la Plataforma Abatible.

El ancho de la plataforma abatible, irá sujeto al requerimiento de que un camión de 4 ejes 8x4, pueda acceder sin inconvenientes. El ancho de este tipo de camiones ya está determinado, y tiene un valor de 2.5 metros (Progress, 2013).

Por lo tanto las dimensiones preliminares de la plataforma serían:

Largo > 10,31 m

Ancho > 2,5 m

Geometría de estructura de Soporte de Plataforma Abatible

La estructura de soporte de la plataforma abatible estará ubicada sobre la cubierta de la barcaza, en la proa. El análisis geométrico de la estructura de soporte estará sujeto a la función que tendrá esta estructura, de permitir el abatimiento de la plataforma y; servir de soporte para que la plataforma quede en posición vertical sobre la barcaza.

Para este análisis geométrico se encontrarán las tres dimensiones principales de la estructura de soporte, las que son, la altura de estructura, el ancho de la estructura y la profundidad o distancia entre armaduras. La figura 2-6 Y 2-7 nos muestra un esquema general de la estructura de soporte, con sus dimensiones principales, como se denominan a continuación:

- Hs, es la altura máxima de la estructura,
- As, es el ancho de la armadura,
- Hp, es la altura de la plataforma abatible (ya determinada),
- Ds, es la distancia entre las armaduras,
- Ap, es el ancho de la plataforma abatible. (ya determinada).

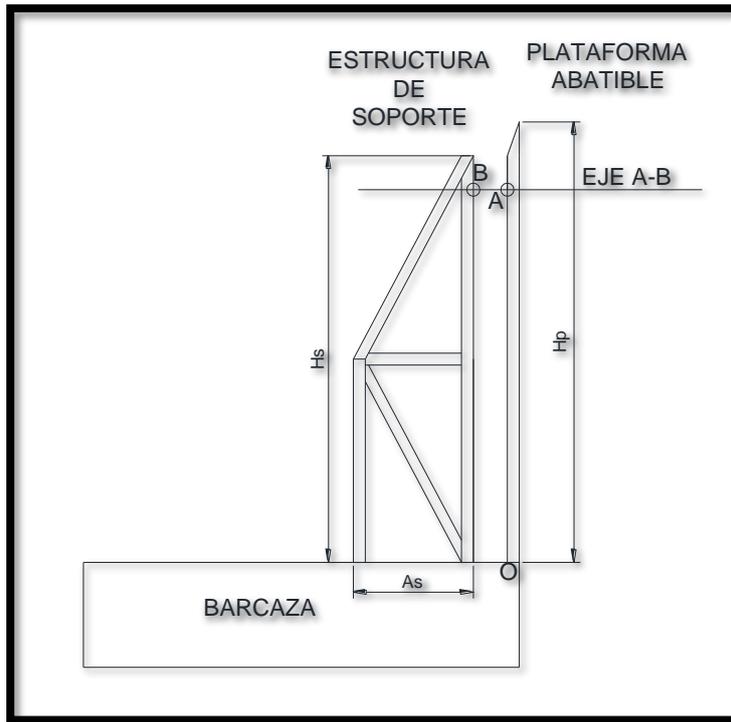


Figura 2-6. Esquema general Soporte-Plataforma Abatible-Vista Lateral

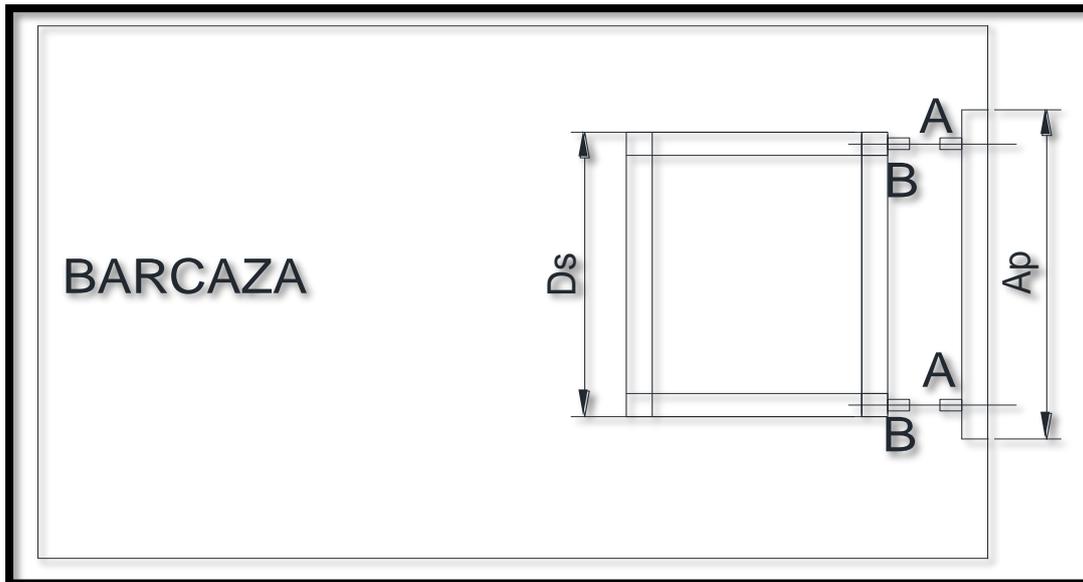


Figura 2-7. Esquema general Soporte-Plataforma Abatible-Vista Superior

De esta manera, para realizar el análisis de la altura de la estructura tomaremos el punto inicial de la plataforma abatible, justo antes de empezar a descender. Como se puede apreciar en la figura 2-6, los puntos A y B, son los puntos donde irán ubicadas las poleas para realizar el ascenso y descenso de la plataforma abatible. En ambos puntos las poleas serán fijas a la estructura.

2.3.2 Cargas de Diseño

La metodología de cálculo de cargas de diseño se dividirá en dos partes, cálculo de cargas de diseño para la plataforma abatible y cálculo de cargas de diseño para la estructura de soporte para elevación de la rampa.

El análisis de cargas en este proyecto se centra en determinar de manera precisa el valor de las cargas que soportarán ambas estructuras en su vida útil, o las combinaciones más desfavorables que se podrían dar en su uso.

Cargas de diseño de Plataforma Abatible

Primero se considerará los tipos de carga con mayor importancia que actuarían sobre la Plataforma Abatible. La tabla 12 nos muestra los tipos de cargas considerados para este punto.

Tabla 12. Tipos de Carga que actúan sobre Plataforma Abatible

Tipos de carga
Carga Muerta
Carga Viva

Para determinar el reparto de estas cargas mencionadas, se establece que el camión de 4 ejes se encuentre en posición de carga sobre la plataforma, como se observa en la figura 2-8.

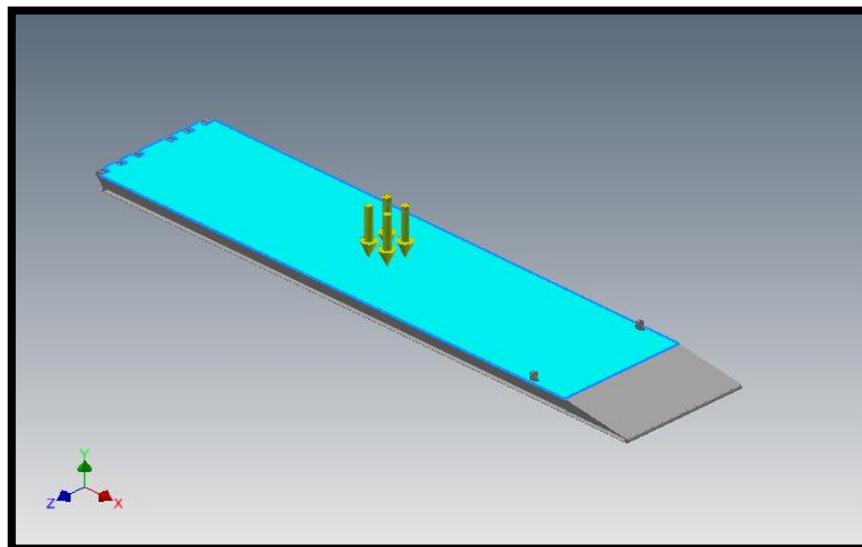


Figura 2-8. Esquema de reparto de cargas sobre la plataforma Abatible

Carga Muerta

La carga muerta, estará representada por el peso propio de la plataforma abatible y todos los elementos unidos a la misma. El valor de este peso será analizado posteriormente y estarán acorde a los perfiles que constituyan la estructura sus longitudes y los pesos de los elementos complementarios.

Carga Viva

Para determinar la carga viva, es necesario encontrar el peso promedio del camión de 4 ejes vacío. La tabla 13 muestra las características principales de este camión, donde se puede observar su peso en vacío.

Tabla 13. Características de un camión de 4 ejes (Progress, 2013)

Peso	17500 kg
Potencia	440 cv
Alto	3.1 metros
Ancho	2.50 metros
Largo	9.1 metros
Capacidad de Carga	40 TN

Por tanto, la carga viva se asume como la resultante entre el peso del camión de 4 ejes vacío, más la capacidad de carga del mismo y más una sobrecarga. La sobrecarga es del 10% de carga y es considerada para evitar que la estructura falle por sobrecargas eventuales.

De este análisis se desarrolla la siguiente ecuación:

$$CV = CCV + CT + SC$$

Ecuación 2

Donde:

CV = CARGA VIVA
CCV = CARGA CAMION VACIO
CT = CARGA A TRANSPORTAR
SC = SOBRECARGA

Cargas de diseño de Estructura de Soporte

De igual manera, se considerarán las cargas principales que actuarán sobre la estructura de soporte. La estructura de soporte se plantea como dos armaduras ubicadas colineales a los ejes longitudinales de la plataforma, separadas entre sí por el ancho que tenga la plataforma abatible. Las columnas irán empotradas a la estructura de la barcaza y las cargas aplicadas a la estructura serán por carga muerta, carga de viento y cargas externas.

Carga Muerta

La carga muerta, estará representada por el peso propio de la Estructura de soporte. El valor de este peso será analizado posteriormente y estará acorde a los perfiles que constituyan la estructura.

Cargas de Viento

La carga de viento, estará representada por la presión que ejercerá el viento en la posición inicial de la plataforma abatible, que es cuando se encuentre completamente vertical sobre la proa de la barcaza. La plataforma irá anclada a la estructura de soporte, como se muestra en la figura 2-9; esta presión del viento se transmitirá sobre toda la superficie de la plataforma hacia la estructura de soporte.



Figura 2-9. Esquema de cargas de viento sobre plataforma Abatible

Esta fuerza del viento depende de las siguientes propiedades:

- Densidad y Velocidad del viento
- Ángulo de incidencia
- Forma y rigidez de la estructura
- Rugosidad de la superficie

- Altura de la edificación

Esta fuerza de viento se desarrolla conforme a la norma ecuatoriana NEC-11 la cual dice que la velocidad de diseño para estructuras de hasta 10 metros de altura será la adecuada a la velocidad máxima para la zona de ubicación de la estructura, pero no será menor a 21m/s (75km/hr).

Para encontrar la carga de viento, se utiliza la siguiente ecuación, la cual determina las cargas de diseño de viento para edificios abiertos u otras estructuras (NEC-SE-CG Vivienda, 2011):

$$F_{vi} = \frac{1}{2} \rho V_c^2 C_e C_f A_f \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- F_{vi} , es la fuerza de viento sobre la estructura, expresada en N (Newton)
- ρ = Densidad del aire, igual a 1,225 kg/m³, a temperatura y presión atmosférica a nivel del mar.
- A_f = El área sobre la cual se aplica la presión del viento. El área de la plataforma es de 57,6 m².
- C_e = factor de ráfaga, el cual para estructuras rígidas es de 0,85.
- C_f = coeficiente de forma, según la tabla 15, tendrá un valor de 0,80.

Encontrada esta fuerza de viento aplicada sobre la estructura, se verifica que este arrastre que ejerce el viento, al tener la plataforma totalmente vertical sobre la cubierta de la barcaza, no interfiera en la capacidad de movimiento de la barcaza (motor de la barcaza).

Para esto, la capacidad del motor se ha diseñado para que pueda vencer una sobrecapacidad del 15% de la fuerza de arrastre que genera el agua a la velocidad máxima que alcanza la barcaza. La fuerza de arrastre del agua se representa con la siguiente ecuación:

$$F_{Ra} = \frac{1}{2} \rho V_c^2 S C_x \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- F_{Ra} , es la fuerza de resistencia ejercida por el agua, expresada en N (Newton)
- ρ = Densidad del agua, igual a 1000 kg/m³.
- S = El área sobre la cual se aplica la presión del agua.
- C_x = Coeficiente de forma.

De esta manera se debe cumplir que la fuerza ejercida por el viento no sobrepase en un 15% la capacidad de resistencia a la que está diseñada el motor de movimiento de la barcaza.

Carga Viva

Además de las cargas muertas y de viento, se incluye en el presente análisis la fuerza que ejerce el cable sobre la polea fija a la estructura de soporte para realizar el levantamiento de la plataforma.

La figura 2-12, detalla un esquema de la estructura de soporte y la fuerza de tensión que se aplicará en las horquillas de sujeción, donde estarán alojadas las poleas por donde se pasará el cable de acero que elevará la plataforma abatible.

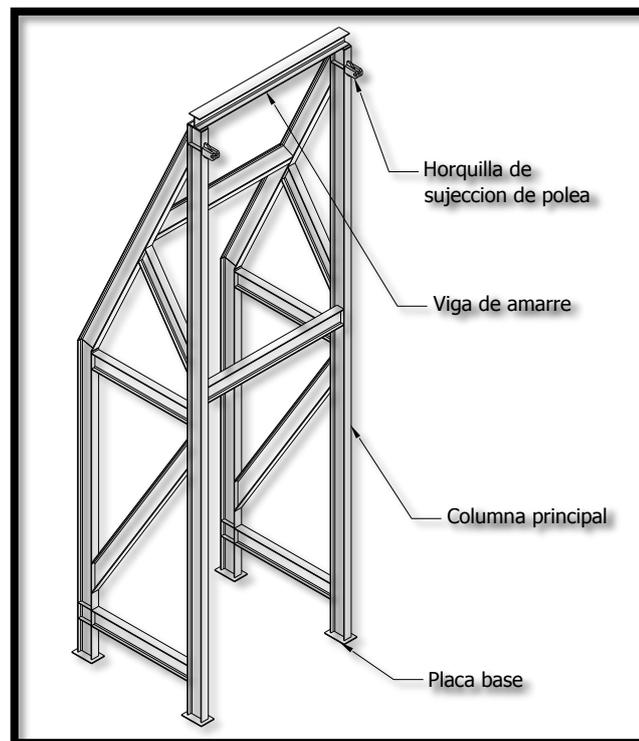


Figura 2-10. Estructura de Soporte

De esta manera, la carga externa aplicada a la estructura de soporte, será la tensión en el cable para realizar el levantamiento de la plataforma abatible.

En la figura 2-13, se muestra el diagrama de cuerpo libre de la plataforma abatible, donde se observa que existen tres fuerzas que actúan sobre ésta, los cuales son el peso W de la plataforma, la tensión del cable T que eleva la plataforma y la reacción R del apoyo giratorio.

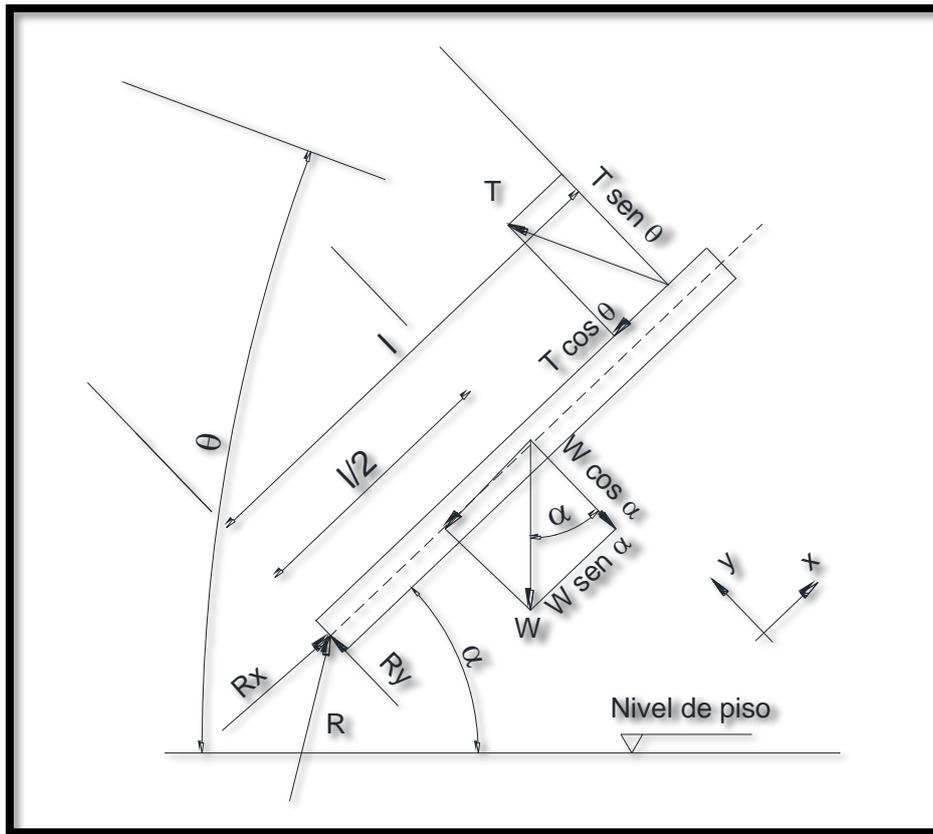


Figura 2-11. Diagrama de Cuerpo libre de Plataforma Abatible

Se descompone cada uno de estos vectores en sus componentes paralelos y perpendiculares al eje longitudinal de la plataforma.

El ángulo alfa (α), es el ángulo que se forma entre la rampa y la horizontal, mientras que el ángulo theta (θ) es el ángulo que forma el cable con la plataforma.

El ángulo alfa variará desde -15° a 90° , que son la posición de carga y de reposo de la plataforma abatible, respectivamente. Para hallar la tensión del cable se aplica el principio de equilibrio de momentos en el punto donde actúa la reacción R.

$$\begin{aligned} \sum M_x &= 0 \\ \sum M_x &= W \cos \alpha * l / 2 - T \text{sen} \theta * l \\ 0 &= W \cos \alpha * l / 2 - T \text{sen} \theta * l \end{aligned}$$

Despejando T se obtiene:

$$T = \frac{W \cos \alpha}{2 * \text{sen} \theta}$$

Al emplear 2 cables para elevar la rampa, esta tensión debe dividirse para 2, por lo que la fuerza será:

$$T = \frac{W \cos \alpha}{4 * \text{sen} \theta}$$

Ecuación 5

Con esta ecuación se encontrará el valor de la tensión aplicada sobre cada armadura de la estructura de soporte.

2.4 Diseño de elementos estructurales de la Plataforma Abatible y su Estructura de Soporte

El diseño de las estructuras consiste en realizar los cálculos necesarios para determinar el tipo de perfiles que conformarán ambas estructuras, en base a las cargas que resistirán las mismas.

El material estructural utilizado para el proyecto, es el acero estructural A-36, por sus características de alta resistencia por unidad de peso y la facilidad que este brinda para este trabajo en la construcción metálica.

Sus propiedades son las siguientes:

Esfuerzo de Fluencia: $S_y = 15300 \text{ kg/cm}^2 = 250 \text{ MPa}$

Esfuerzo último a la tracción: $S_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 = 400 \text{ Mpa}$

2.4.1 Diseño de los elementos estructurales de Plataforma

La plataforma estará formada por 3 perfiles longitudinales de tipo I que serán los que resistirán el mayor esfuerzo, en dirección transversal estarán compuestas por vigas I de menor tamaño a excepción de la viga en el centro que será de igual tamaño de viga que las longitudinales. El esquema de la plataforma abatible se lo puede ver en la figura 2-12, donde se pueden reconocer los perfiles longitudinales y transversales.

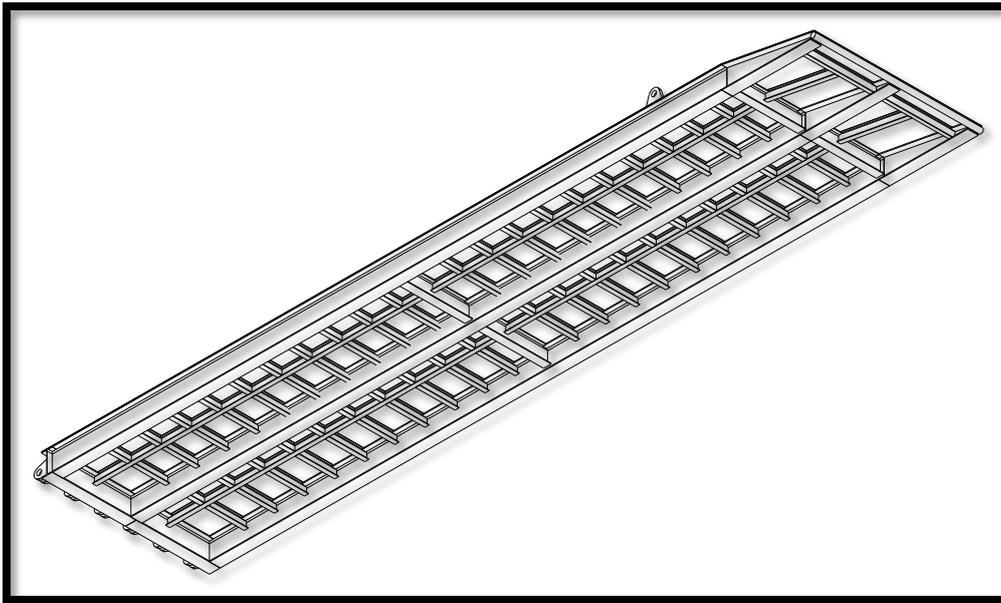


Figura 2-12. Esquema de plataforma Abatible

Dimensionamiento de perfiles Longitudinales

Para efectos del pre-dimensionamiento de las vigas, se tomará el valor de la carga viva (CV) aplicada sobre la plataforma. Esta carga actuará en el punto más crítico, que es cuando la plataforma se encuentra totalmente horizontal. Este valor se lo dividirá para el número de vigas longitudinales a colocar sobre la plataforma.

De esta manera tenemos lo siguiente:

$$W = \frac{CV}{m} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- W, Es la carga aplicada a cada perfil longitudinal
- CV, Es la Carga Viva.
- m, Es el número de perfiles longitudinales

Este peso generará una fuerza sobre cada viga según lo siguiente:

$$F = W * g \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

F = Fuerza aplicada a cada viga longitudinal
W = Peso (carga viva) aplicada sobre cada viga longitudinal

$g =$ Gravedad, valor constante de 9.8 m/s^2 .

Para el análisis de cada viga longitudinal se asume que la carga aplicada se distribuye a lo largo de la longitud de la viga. La figura 2-16 nos muestra una de las vigas longitudinales sobre la cual se le aplica una carga repartida sobre toda su longitud, w_1 . Esta carga será el cociente entre la fuerza F que se aplica sobre cada viga y su longitud.

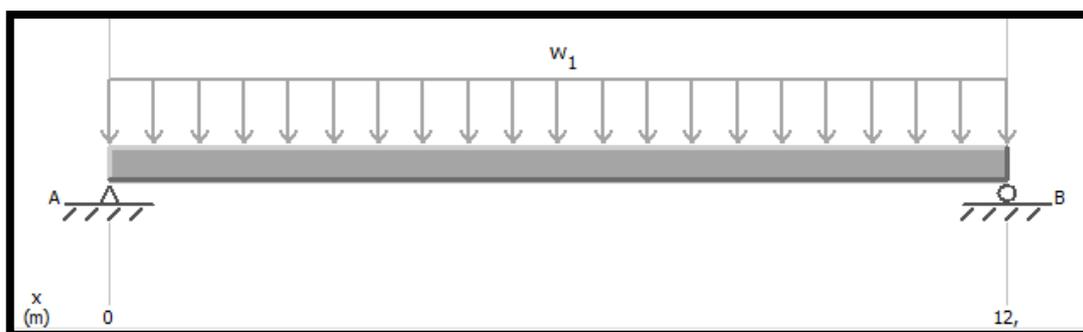


Figura 2-13. Carga repartida longitudinalmente sobre viga

Partiendo de la figura 2-13, encontraremos el esfuerzo cortante y el momento flector de la viga a lo largo de toda su longitud.

Primero encontraremos las reacciones en los apoyos. Aplicando $\sum M_A = 0$, se tiene:

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_A = F * l / 2 - R_B * l$$

Ecuación 8

Dónde:

$F =$ Fuerza aplicada a la viga longitudinal.

$L =$ Longitud de la viga.

$R_B =$ Reacción en el apoyo B.

Con las reacciones en la viga y la carga repartida aplicada a la misma se procede a encontrar el Momento máximo aplicado a la viga para realizar su pre-diseño.

Para otorgar una mayor facilidad en la fabricación, los perfiles serán de sección transversal uniforme; por lo que se podrá calcular las tensiones por las fórmulas deducidas para una viga de sección constante.

En el caso de flexión pura (Mirolubov, 1985), se aplica la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{I/C}$$

Ecuación 9

Dónde:

- σ_{max} , es el esfuerzo máximo aplicado sobre la viga.
- M, es el Momento Flector obtenido de la gráfica.
- I, es el momento de Inercia del perfil a escoger.
- C, es la distancia desde la fibra neutra del perfil hasta el extremo.

Tenemos que Z, el módulo de sección elástico de la sección transversal, está representado por el cociente I/C, dejando la fórmula 9 de la siguiente manera:

$$Z = \frac{M}{\sigma_{max}}$$

Ecuación 10

Según las especificaciones de la AISC, el esfuerzo admisible (σ_{max}), para suspensiones de piso y plataformas es:

$$(\sigma_{max}) = 0,75(\sigma_{A-36})$$

Ecuación 11

Dimensionamiento de perfiles transversales

Los perfiles transversales son elementos que estarán formados por perfiles tipo I, los cuales irán empotrados a los perfiles longitudinales con la finalidad de transmitir la carga directamente hacia los mismos y brindar un apoyo firme para la superficie de la plataforma.

Se realizará el pre dimensionamiento de los perfiles transversales considerando que sobre los mismos se aplica una carga puntual representada por la llanta del camión. La figura 2-14 muestra cómo actúa el área de contacto entre las llantas y la plataforma, definida como un área efectiva. Debido a la dimensión de las llantas y a la separación de los perfiles transversales, se determina que por lo menos un perfil transversal está en el área efectiva.

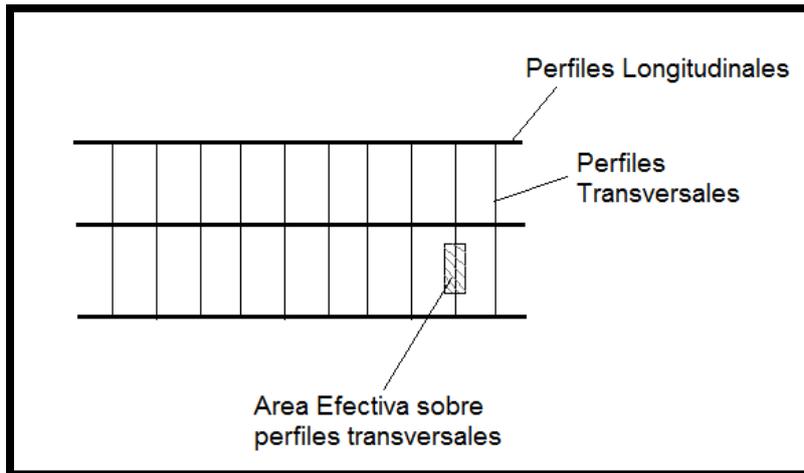


Figura 2-14. Área efectiva sobre los perfiles transversales.

Para efectos de pre-dimensionamiento de las vigas, se tomará el valor de la carga viva aplicada sobre la plataforma y se lo dividirá para el número de llantas ubicadas sobre el eje trasero del camión 8x4, determinando la carga puntual aplicada sobre la plataforma. Se utilizará la carga viva multiplicada por un factor de aplicación que sería, la cantidad de carga aplicada a esta parte del camión la cual por norma, corresponde a un 65% (ASSHTO, 2012).

$$C_p = \frac{C_v * \%A_p}{N_{ll}}$$

Ecuación 12

Esta carga puntual será soportada por cada viga transversal al momento del paso del camión con la carga de material. La figura 2-15 muestra el posicionamiento de esta carga puntual sobre la plataforma.

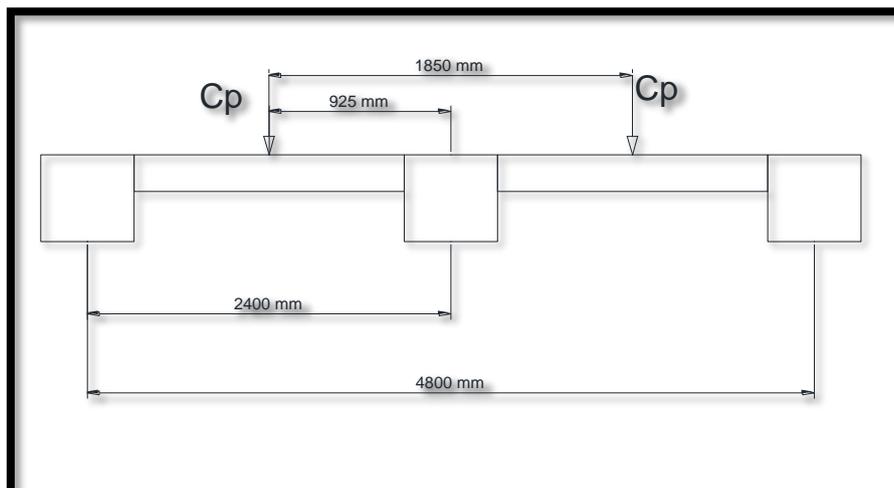


Figura 2-15. Disposición de carga puntual sobre la viga transversal

Se realizara el análisis de la carga puntual asumiendo que la carga puntual se soporta justo en el centro de la viga transversal, que será el punto donde ocurrirá la deflexión máxima de la viga.

La figura 2-21 muestra la carga puntual y los tipos de apoyos colocados a los extremos de la misma. Partiendo de esta figura, encontraremos el esfuerzo cortante y el momento flector de la viga a lo largo de los 2.4 metros de longitud.

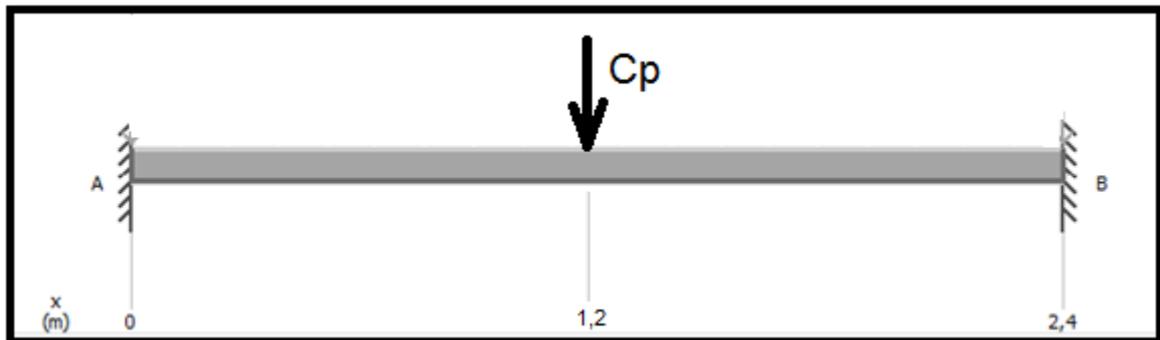


Figura 2-16. Carga puntual sobre viga Transversal

Al tratarse de una viga doblemente empotrada, las reacciones en los apoyos A y B, serán los que se muestran en la figura 2-22.

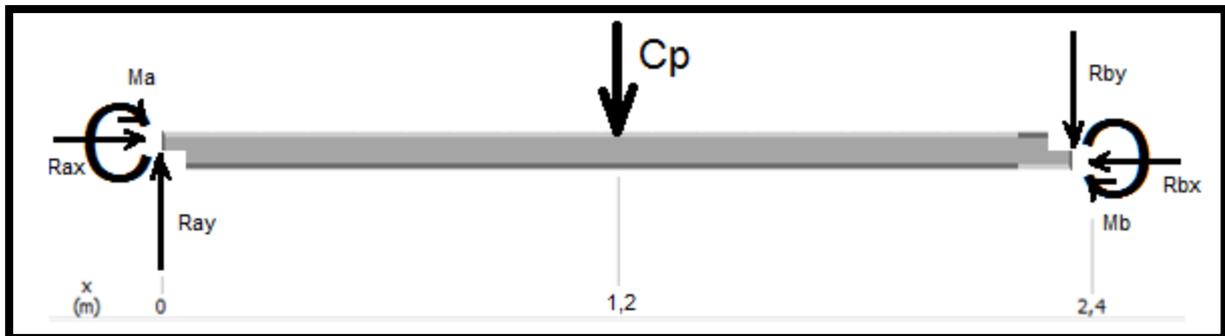


Figura 2-17. Reacciones sobre apoyos empotrados.

Primero se encontraran los momentos que se ejercen en los empotramientos, en los puntos A y B. Estos momentos para viga doblemente empotrada, son iguales en magnitud pero de direcciones opuestas. Este momento tiene la siguiente formula:

$$M = \frac{1}{12} * (Cp) * (L) \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

- Cp, corresponde a la carga promedio aplicada sobre la viga.
- L, longitud total de la viga.

Para encontrar las reacciones verticales aplicadas sobre los apoyos, se aplican las ecuaciones de equilibrio $\sum F_Y = 0 \uparrow +$, teniendo:

$$R_{AY} + R_{BY} = C_p \quad \text{Ecuación 14}$$

Aplicando $\sum M_A = 0$, se tiene:

$$\sum M_A = 0 \quad \uparrow +$$

$$M_B - M_A + R_{BY} * 2,4 = C_p * 1,2 \quad \text{Ecuación 15}$$

Con las reacciones y el momento en los apoyos se realizará el diagrama del cortante y el momento flector aplicado sobre la viga transversal.

Para el pre-dimensionamiento de estos perfiles se utilizará el mismo método aplicado para los perfiles longitudinales, el método de flexión pura (Miroliubov, 1985). De esta manera nos quedaría la sección Z_t del perfil de la siguiente manera:

$$Z_t = \frac{M_{pt}}{\sigma_{max}} \quad \text{Ecuación 16}$$

Diseño de Ejes para abatimiento de plataforma

Los ejes de abatimiento estarán sometidos a la fricción entre su superficie y la superficie de las orejas de sujeción. Debido a esta fricción el material a utilizar deberá ser más fuerte, es decir, su límite a la fluencia debe ser mayor. Por lo tanto, para los ejes se utilizara material de transmisión lo que es equivalente al acero AISI-SAE 1018, bajo la norma ASTM A 108, el cual tiene las siguientes propiedades:

Esfuerzo de Fluencia: $S_y = 53700 \text{ PSI} = 370 \text{ MPa}$

Esfuerzo último a la tracción: $S_u = 4100 \text{ PSI} = 440 \text{ Mpa}$

Para dimensionar el eje del abatimiento, tomaremos la carga viva aplicada sobre la plataforma y el peso propio de la misma, representada por una carga resultante C_t aplicada sobre la plataforma abatible, como se muestra en la figura 2-18.

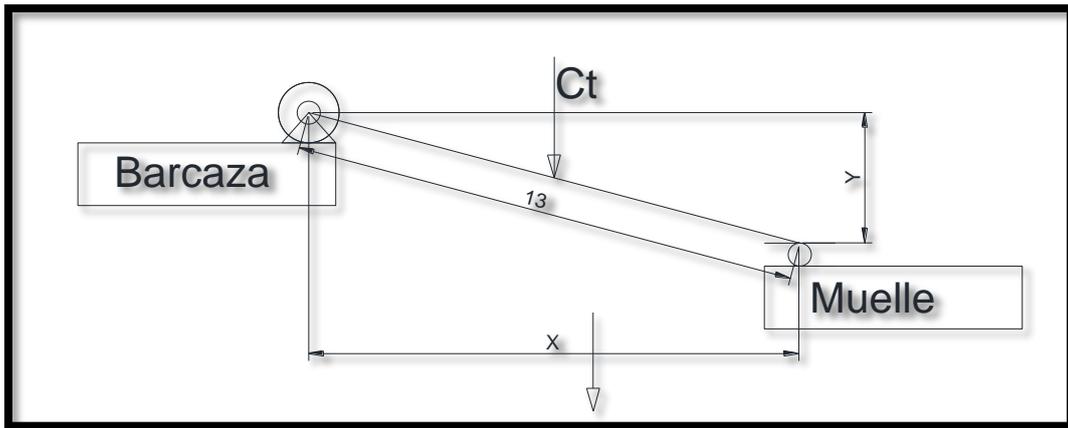


Figura 2-18. Esquema general aplicación de carga resultante C_t sobre plataforma en punto más crítico.

El apoyo sobre la barcaza se considera tipo bisagra y el apoyo sobre el muelle será un apoyo simple. Partiendo de la figura 2-19 se calculará las reacciones en los apoyos, asumiendo que son fuerzas puntuales, con la fuerza que se aplique sobre el apoyo tipo bisagra se procederá a encontrar el cortante en base al esfuerzo cortante promedio.

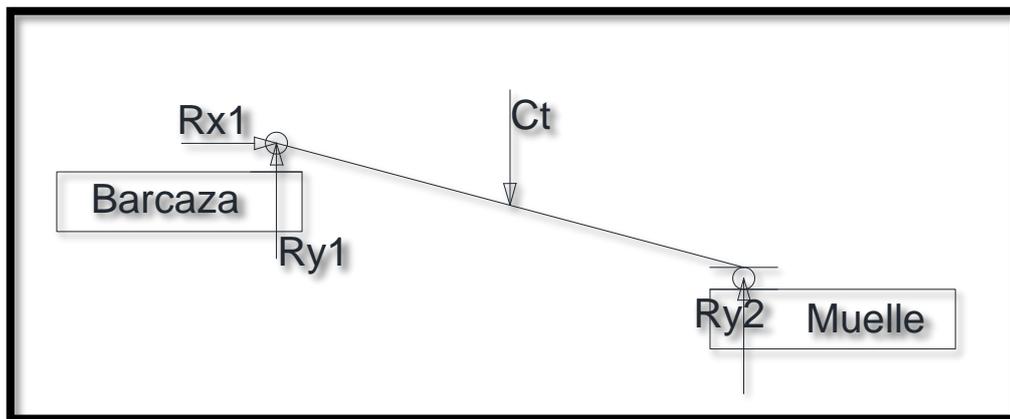


Figura 2-19. Reacciones sobre los apoyos tipo bisagra y simple.

Aplicando las ecuaciones de equilibrio tenemos lo siguiente:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow +$$

$$R_{y1} + R_{y2} = C_t$$

$$R_{y1} + R_{y2} = 715 \text{ KN}$$

Ecuación 17

$$\sum M_1 = 0 \cup +$$

$$R_{y2} * X = C_t * \frac{X}{2}$$

$$R_{y2} = \frac{C_t}{2}$$

Ecuación 18

Para encontrar la reacción en el eje X en el apoyo ubicado sobre la barcaza, se realiza momento en el punto 2:

$$\sum M_2 = 0 \cup +$$

$$C_t * \frac{X}{2} = R_{x1} * Y$$

$$R_{x1} = \frac{C_t}{2} \left(\frac{X}{Y} \right)$$

Ecuación 19

Una vez encontradas las reacciones en el eje X y Y del apoyo tipo bisagra, encontraremos la fuerza resultante, F_R , para con esta fuerza poder hallar el esfuerzo cortante que se genera sobre el eje.

Utilizando Pitágoras se determina la resultante F_R , con sus componentes R_{x1} y R_{y1} .

$$F_R = \sqrt{R_{x1}^2 + R_{y1}^2}$$

Ecuación 20

Para realizar el pre-dimensionamiento se tomará el eje de abatimiento como si fuera uno solo a lo largo del ancho de la plataforma abatible. La figura 2-20 muestra un esquema.

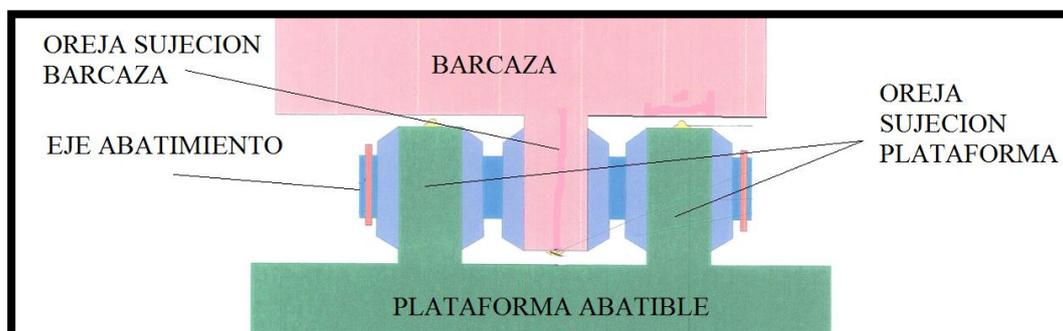


Figura 2-20. Esquema abatimiento entre barcaza y plataforma.

La figura 2-21 muestra como trabaja la fuerza resultante F_r sobre los apoyos de la plataforma y la fuerza R_b considerada como la reacción bisagra.

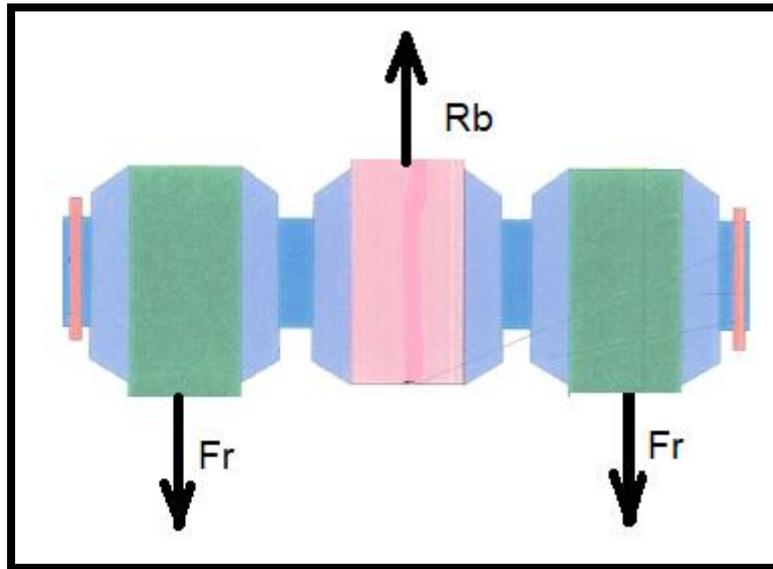


Figura 2-21. Reacciones sobre el apoyo abatible.

Realizando una sumatoria de fuerzas sobre el eje Y, tenemos que $R_b = 2 F_r$. Para evaluar el esfuerzo cortante al que estará sometido el eje, se realiza un corte entre los apoyos de la plataforma y el apoyo de la barcaza, como indica la figura 2-22.

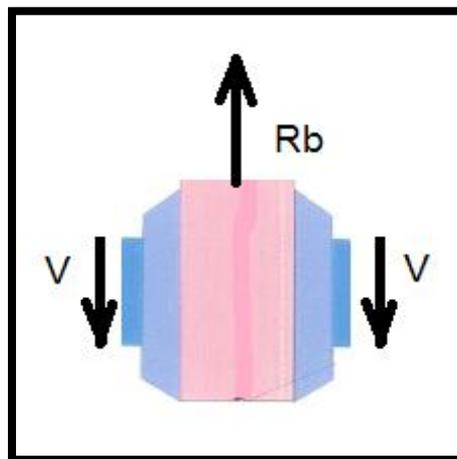


Figura 2-22. Fuerza cortante V generada sobre el eje

El esfuerzo cortante promedio, a diferencia del de tensión o compresión el producido por fuerzas que actúan paralelamente al plano que los soporta. En este caso la fuerza que actúa paralela al plano del eje es V . Realizando una sumatoria de fuerza en el eje Y, tenemos que $R_b = 2V$.

De esta manera $V = F_r$. La ecuación que se utiliza para el esfuerzo cortante aplicado sobre un área determinada es la siguiente:

$$\tau = \frac{V}{A_{eje}} \quad \text{Ecuación 21}$$

Siendo V el cortante aplicado sobre el eje y A_{eje} el área paralela a la aplicación de la carga V .

$$\tau = \frac{F_r}{\pi \cdot \frac{D_{eje}^2}{4}}$$

$$D_{eje} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_r}{\tau \cdot \pi}} \quad \text{Ecuación 22}$$

Según las especificaciones de la AISC, el esfuerzo cortante admisible (τ_{max}), para elementos sometidos a corte es:

$$(\tau_{max}) = 0,25(\sigma_{Y1018}) \quad \text{Ecuación 23}$$

Despejando τ_{max} de la ecuación 23 y reemplazando este valor en la ecuación 22, el diámetro del eje nos quedara de la siguiente manera:

$$D_{eje} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_r}{0,25 \cdot \sigma_{Y1018} \cdot \pi}} \quad \text{Ecuación 24}$$

2.4.2 Diseño de los elementos estructurales de Soporte de la Plataforma Abatible

La estructura soporte de la plataforma abatible tiene la función de elevar y descender la rampa hacia el muelle. Según el diseño de forma mencionado anteriormente y el análisis geométrico realizado, la estructura de soporte serán dos armaduras idénticas, con un ancho de 3 metros y con una altura de 12 metros, separadas una con la otra por 4,15 metros.

Sobre esta estructura se aplicarán tres tipos de carga, la carga muerta, la carga externa, correspondiente a la fuerza de tensión que se ejerce para realizar el abatimiento de la plataforma y; la carga del viento.

Para realizar el diseño de la estructura, se considera realizarlo en base a la carga externa aplicada al mismo, ya que la carga muerta es aún desconocida, y la carga de viento y la

externa tienen una gran diferencia en cuanto a su magnitud, siendo la carga externa aproximadamente 9 veces más grande que la carga aplicada por el viento.

Dimensionamiento del perfil de Estructura de Soporte

De esta manera, se desarrolla el dimensionamiento de los perfiles de las armaduras, considerando la fuerza de tensión F_t aplicada a la misma. La figura 2-23 nos muestra la carga externa aplicada sobre la estructura de soporte.

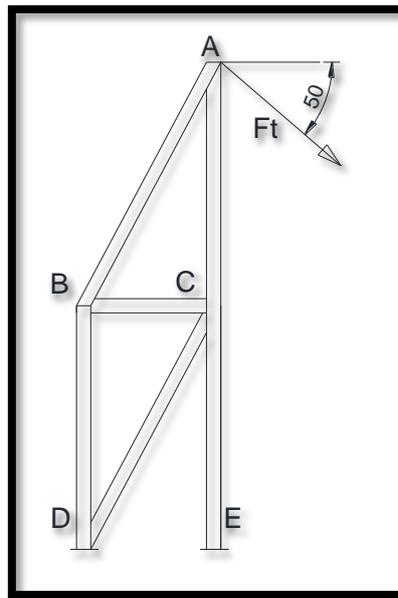


Figura 2-23. Esquema de estructura de Soporte.

La fuerza F_t , es la fuerza ejercida por la tensión del cable para elevar o descender la plataforma (Carga externa). Se evaluará esta fuerza en el punto más crítico, que sería cuando ésta forme un ángulo de 50° con respecto a la horizontal. La tensión máxima en el cable en este punto, es de 52030,94 N.

Para este análisis estructural, encontraremos las fuerzas que actúan sobre cada miembro de la estructura, por el método de nodos (Miroliubov, 1985), para encontrar sobre que elemento se ejerce la máxima tensión o compresión y en base a este elemento, seleccionar el perfil de la armadura.

Primero encontraremos las reacciones que se generan en los apoyos de la armadura, en los puntos D y E, como se observa en la figura 2-23. Como ambos apoyos son empotrados, la figura 2-24 muestra las reacciones que aparecen sobre este tipo de apoyos.

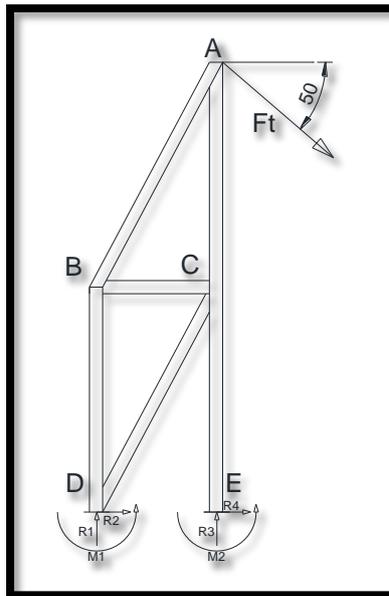


Figura 2-24. Reacciones en los apoyos empotrados de la estructura de soporte.

Para poder modelar un diseño de esta armadura, se asumirá que uno de los apoyos no actuará como apoyo empotrado, sino como un apoyo simple. Esto se realiza debido a que la cantidad de reacciones que se generan en los apoyos empotrados (variables) supera a la cantidad de ecuaciones que podríamos obtener, quedándonos un sistema indeterminado.

Aclarado esto, la fig. 2-25 nos muestra un esquema de como quedarían las reacciones, considerando el apoyo en el punto E como un apoyo simple.

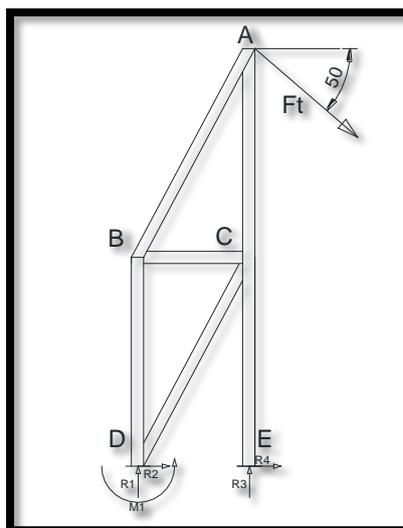


Figura 2-25. Reacciones en apoyos considerando el apoyo D como Empotrado y el apoyo E como apoyo Simple.

Dimensionamiento y selección de perfil de la armadura

El análisis del diseño estará sujeto a cuál será la menor sección transversal del perfil de la armadura para que cumpla con la condición de esfuerzo máximo de fluencia. Para esto se utilizará el método LRFD (NEC-11 CAP.5, 2011), el cual es un diseño por factores de carga y resistencia. Este criterio de diseño nos dice que la resistencia de diseño de cada componente estructural es mayor o igual que la resistencia requerida; y corresponde a la siguiente igualdad:

$$T_u \leq \phi_c T_n \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

- ϕ_c : Factor de reducción de resistencia a la compresión
- T_n : Resistencia nominal de compresión
- T_u : Carga requerida en el miembro

Se realizará el diseño sobre el elemento de la armadura que soporte la mayor carga. La resistencia requerida a carga axial en viga-columna no debe exceder a $0,5(F_y)$ (AISC, 2010, págs. F-320), donde F_y es la resistencia a la fluencia en el miembro y corresponde a:

$$F_y = (\sigma_y)A_g \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

- A_g , es el área mínima que debe tener este elemento para que no sufra fractura.
- σ_y , es el esfuerzo de fluencia del acero A-36.

El factor de reducción de resistencia para elementos sometidos a compresión corresponde a 0,9 (AISC, 2010, págs. F-46).

Reemplazando la ecuación 25 en la ecuación 24 y despejando el área A_g , tendremos lo siguiente:

$$A_g = \frac{(0,9)T_n}{(0,5)F_y} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde T_n corresponde a la carga máxima de compresión aplicada sobre el miembro estructural.

De esta manera se encontrará el área mínima del perfil y con el catálogo de IPAC se seleccionará el perfil adecuado.

Al tratarse de una armadura de gran altura, es importante revisar la esbeltez del perfil a escoger. Por norma la esbeltez del perfil debe ser menor a 200, encontrándose la esbeltez en la siguiente fórmula (NEC-11 CAP.5, 2011):

$$e = \frac{Hs}{r} \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

- Hs, es la altura del elemento CE.
- r, es el radio de giro del elemento.

El radio de giro (r) dependerá de la inercia del elemento y el área del mismo. El radio de giro se encuentra con la siguiente fórmula (NEC-11 CAP.5, 2011):

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_{sec}}} \quad \text{Ecuación 29}$$

Donde:

- I, es la inercia del perfil a escoger.
- A_{sec}, es el área de la sección del perfil a escoger.

Para escoger el perfil correcto se debe cumplir que $e < 200$.

2.5 Diseño de sistema de accionamiento

Para el sistema de accionamiento de la plataforma abatible se diseñará un sistema mecánico de elevación con grúas de arrastre (winches eléctricos) que por medio de poleas y cables de acero, elevarán la plataforma abatible.

Los elementos a diseñar son los siguientes:

- ✓ Capacidad del winche eléctrico para elevar la rampa,
- ✓ Selección de diámetro del cable de acero,
- ✓ Selección de diámetro de las poleas,

Todos estos elementos se desarrollarán en base a la norma INEN 4308-1 que trata sobre los temas de grúas y aparatos de elevación, selección de cables y de poleas.

2.5.1 Selección de Cable de acero

El diámetro mínimo de cable a utilizar se encontrará de acuerdo a la norma ISO 4308-1, la cual emplea la siguiente fórmula (4308-1, 2003):

$$d_{min} = C \cdot \sqrt{S} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

- C, corresponde al factor de selección del cable
- S, es la tensión máxima en el cable, encontrada en literales anteriores como $F_{max} = 52030 \text{ N}$.

La figura 2-26 presenta la tabla del tipo de cable a seleccionar el cual corresponde a un Warrington–Seale steel-cored de 1770 [N/mm] grado de tensión para cables de acero.

Nazivni promjer / Nominal Diameter		Tolerancija tolerance	Vanjski promjer žice / External diameter of wire	Težina užeta kg/m / Weight of rope kg/m		Rač. prekidna sila kN / Calculation strength kN			Min. prekidna sila kN / Min. tensil strength kN				
mm	%		Tekstilna jezgra Textile core	Čelična jezgra Steel core	1770 N/mm ²	1960 N/mm ²	2160 N/mm ²	1770 N/mm ²	1960 N/mm ²	2160 N/mm ²	1770 N/mm ²	1960 N/mm ²	2160 N/mm ²
48		2,70	8,76	9,64	1601,00	1773,00	1954,00	1345,00	1489,00	1641,00			

Figura 2-26. Cable de acero 6x36 WS-IWRC (ISO-2408, 2003)

El valor del factor de selección del cable C, se lo escogerá de la figura 2-27 y estará sujeto a la clasificación de su uso de mecanismo.

Classification of mechanism	Z _p value	C value
M1	3,15	0,071
M2	3,35	0,073
M3	3,55	0,075
M4	4,0	0,080
M5	4,5	0,085
M6	5,6	0,094
M7	7,1	0,106
M8	9,0	0,120

Figura 2-27. Factor de Selección de cable, C. (4308-1, 2003)

La clasificación del tipo de trabajo que efectuara la grúa de arrastre estará conforme a la norma ISO 4301-1, la cual evalúa el tipo de carga a trabajar y el tiempo medio de funcionamiento por día.

La figura 2-28, nos muestra los 4 tipos de condiciones de servicio a las que se puede someter estos equipos.

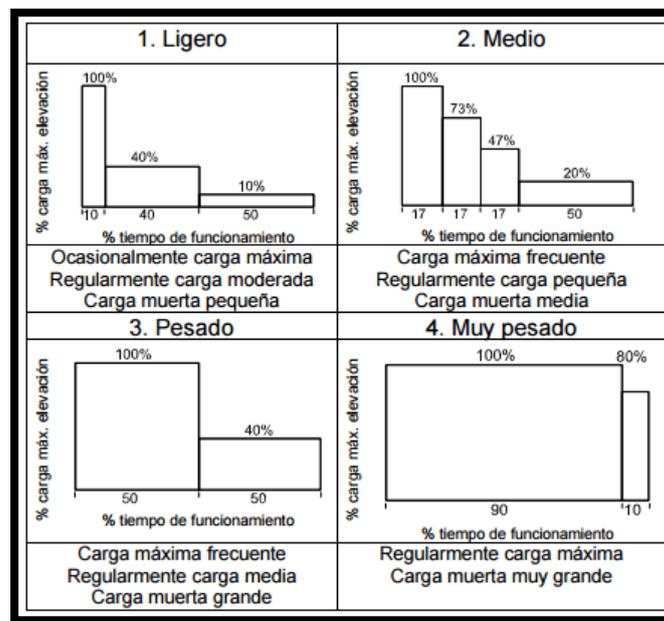


Figura 2-28. Condiciones de servicio de la grúa de arrastre (4308-1, 2003).

El tiempo medio de trabajo (t) se calcula con la siguiente formula (4308-1, 2003):

$$t = \frac{2.H.N.T}{V.60} \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

- H = Altura media de elevación [30m]
- N = Numero de ciclos por hora [1ciclo/h]. Un ciclo consiste en un movimiento de elevación y otro de descenso
- T = Tiempo de trabajo [1/4h]
- V = velocidad de elevación [2m/min]

Reemplazando los valores conocidos tenemos que el tiempo medio de trabajo será de 0,125 hr/día.

Con este valor iremos a la tabla 15 para según el tiempo de trabajo promedio y las condiciones de trabajo a las que estará sometida la grúa, se defina el tipo de mecanismo.

Tabla 14. Clasificación del mecanismo de la grúa de arrastre (4308-1, 2003)

Espectro de carga	Tiempo medio de funcionamiento UNE/ISO/FEM (horas por día)					
	0.5	1	2	4	8	16
Ligero			M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m
Medio		M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m
Pesado	M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m	
Muy pesado	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m		

Según la tabla 15, la grúa de arrastre realizará un trabajo tipo M3. Con este valor, iremos a la figura 2-31 para determinar que el valor C a utilizar es de 0,075. Reemplazando el valor de C en la ecuación 37, tenemos que el diámetro mínimo de cable es de $d_{\min} = 17,11$ mm.

El diámetro nominal seleccionado debe estar entre este diámetro mínimo calculado y 1,25 veces el mismo (4308-1, 2003).

$$17,11 < d < 21,38 \text{ mm}$$

2.5.2 Grúa de arrastre o carrete

Diámetro mínimo del Tambor (D_T)

El diámetro mínimo de tambor se lo encuentra con la siguiente ecuación (4308-1, 2003):

$$D_T \geq h_1 \cdot D_{\text{cable}} \quad \text{Ecuación 32}$$

De esta manera, tomando el valor $h_1 = 14$ de la tabla 16, el diámetro de tambor mínimo $D_T \geq 239,54$ mm.

Tabla 15. Factores de selección para tambores y poleas

Classification of mechanism	Drums h_1	Sheaves h_2
M1	11,2	12,5
M2	12,5	14,0
M3	14,0	16,0
M4	16,0	18,0
M5	18,0	20,0
M6	20,0	22,4
M7	22,4	25,0
M8	25,0	28,0

Largo del Tambor (LT)

Para determinar el largo del tambor, primero se va a calcular la longitud total de cable que se enrollará en el mismo. La figura 2-29 nos muestra el esquema en el que el cable desarrollara su longitud máxima, definiéndose como la suma entre la distancia desde la grúa carrete hasta el punto de la polea B, más la distancia entre la polea A y B en dicha posición.

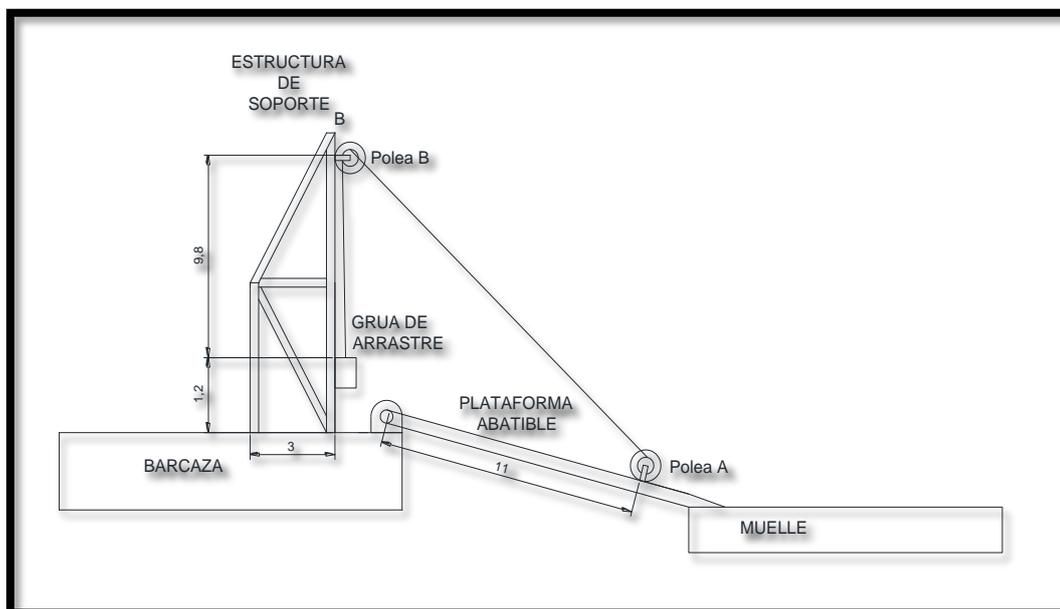


Figura 2-29. Esquema general, longitud máxima del cable de acero.

De esta manera, definiremos la Longitud mínima del cable, L_c , de la siguiente manera:

$$L_c \geq L_1 + L_2$$

Ecuación 33

Donde:

- L_1 , es la distancia entre la grúa de arrastre y la polea B, equivalente a 9,8 metros.
- L_2 , es la distancia entre las poleas A y B, en ese punto.

La distancia L_2 se la encuentra con la figura 2-30, que nos muestra el triángulo que se forma entre la polea B, la polea A y el punto O que es el pivote de la plataforma.

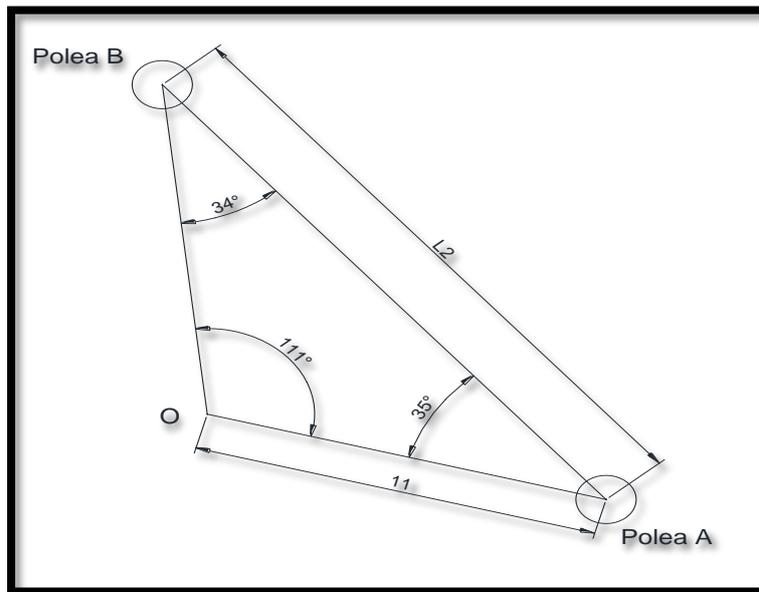


Figura 2-30. Triángulo entre poleas A y B y el punto de pivote O.

Para encontrar la Longitud L_2 , desarrollaremos la ley del seno en el triángulo de la figura 2-30, la cual queda de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Sen}(111^\circ)}{L_2} = \frac{\text{Sen}(34^\circ)}{11} \quad \text{Ecuación 34}$$

Despejando los valores de la ecuación nos queda que L_2 es igual a 18,4 metros. De esta manera la longitud mínima que deberá tener el cable es $L_c \geq 28,2$ metros.

De esta manera la longitud del tambor dependerá de la grúa de arrastre que seleccionemos, el cable que se va a utilizar y el peso que levanta o arrastra.

Potencia y Selección de Grúa de arrastre

Para encontrar la potencia que va a requerir la grúa de arrastre para realizar la función de elevar o descender la rampa, se utiliza la siguiente formula:

$$Pot = F_T \cdot V$$

Ecuación 35

Donde:

- F_T , será igual a la fuerza de tensión máxima que deberá realizar el winche para elevar o descender la plataforma (52,03 KN).
- V , es la velocidad lineal de desenrollamiento de cable, que será en promedio 15 m/min.

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación 42, tendremos que la potencia es igual a 12,5 KW.

2.5.3 Selección de Poleas

El sistema de accionamiento utilizara 4 poleas fijas, dos irán ubicadas sobre la estructura de soporte y las otras dos serán colocadas sobre la plataforma abatible.

Para esto el diámetro de la polea, D_p , debe corresponder a la siguiente función (4308-1, 2003):

$$D_p \geq h_2 \cdot D_{\text{cable}}$$

Ecuación 36

Donde h_2 se lo obtiene de la tabla 16, teniendo un valor de 16 y el diámetro del cable mínimo 17,11 mm. Reemplazando estos valores tenemos que el diámetro de polea debe ser mayor o igual a 273,76 mm.

CAPÍTULO 3

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

3.1 Resultados de Selección de Mejor alternativa

Según el método de ponderaciones realizado en el Capítulo 2, se llegó a que la mejor alternativa a diseñar era la C, en base a los criterios y ponderaciones colocados. A continuación se detalla una explicación de cada criterio y ponderación colocada según las alternativas:

- En seguridad, la alternativa B, plantea realizar una estructura guía para la extensión de la plataforma desde la proa de la barcaza hasta el muelle. Esta estructura guía también servirá como un reforzamiento para la plataforma, haciéndola más segura que las otras alternativas.
- En el criterio de Bajo Costo, la alternativa C es la de mayor ponderación, pues su diseño más simple conllevará a una considerable disminución de costos en comparación con las alternativas A y B.
- En el criterio de Bajo Peso, la alternativa C es la de mayor ponderación. A pesar de que las tres alternativas tendrán el mismo diseño en cuanto a la estructura metálica de la plataforma, el diseño de la estructura de soporte y así como el peso de los elementos de accionamiento de las alternativas A y B, superan en cantidad a la alternativa C.
- En el criterio de funcionalidad, la alternativa C es la de mayor ponderación. Esto se debe a que además de que este diseño podrá ser usado en un muelle diferente para esta alternativa, el rango del ángulo que forma la plataforma con el nivel de la cubierta, cubre más valores que los de la alternativa A y B.
- En el criterio de mantenimiento, la alternativa C es la de mayor ponderación, ya que el mantenimiento del sistema de accionamiento para esta alternativa es más simple y menos costoso con respecto a las demás alternativas.
- La vida útil para cada alternativa dependerá de los materiales a utilizar y del mantenimiento que se aplique a los sistemas de accionamiento de cada alternativa. La alternativa C es la que mayor vida útil podría generar ya que el mantenimiento de su sistema de accionamiento es más sencillo.

3.2 Discusión y Resultados del Diseño de Plataforma Abatible

3.2.1 Resultados del diseño de forma

Resultados de Análisis geométrico para Plataforma Abatible

Por norma, se conoce que el ángulo de entrada α , debe oscilar entre un rango de 15° a 20° , en especial para vehículos de carga pesada (ASSHTO, 2012). La distancia Y varía

normalmente entre 6 y 10 metros, dependiendo del nivel de la marea en el muelle (Romoleroux, 2014). De la ecuación-1 colocada en el capítulo 3, encontramos el valor de X. Los valores Y y α , son los valores más críticos que podrían tomar estas variables. Reemplazando la ecuación para los valores críticos, se obtiene:

$$X = \frac{10}{\cos(15)}$$

Obtenemos que la longitud mínima que debe tener la plataforma, en el punto más crítico, es de 10,31 metros.

Se define entonces las dimensiones a considerar para realizar la plataforma de la siguiente manera:

- Largo de Plataforma, parte rectangular: 12 metros
- Largo de Plataforma, tipo cuña: 1 metro
- Ancho de Plataforma: 4,8 metros

Para el ancho de la plataforma, se está dejando un margen de 1,15 metros de lado y lado, por norma para un acceso vehicular (ASSHTO, 2012).

Resultados de Análisis geométrico para Estructura de Soporte

Como ya se determinó, la longitud de la plataforma abatible será de 13 metros. Partiendo de la figura 2-6, la ubicación de la polea fija en el punto A, será a 11 metros desde el punto O, punto de pivote de la plataforma abatible. La ubicación de esta polea estará lo más alejada del punto de pivote, para que el radio del momento sea mayor, disminuyendo la fuerza necesaria para realizar el ascenso o descenso de la plataforma.

El punto B, es el punto donde irá ubicada la polea fija a la estructura de soporte. Será ubicado a la misma altura del punto A y ambos coincidirán sobre el eje A-B.

La distancia entre armaduras, D_s , estará restringida por la distancia entre las poleas fijas A, ubicadas sobre la plataforma abatible. La figura 2-8, nos muestra una vista superior del esquema de la estructura de soporte y plataforma abatible, cuando está en su posición inicial. Con el ancho de la plataforma determinado y colocando las poleas fijas A, 50 cm dentro de la plataforma, se determina que la distancia D_s , será de 4.15 metros.

El ancho de la armadura, A_s , será de 3 metros.

De esta manera, las figuras 3-1 y 3-2, nos muestran los esquemas generales, en sus vistas principales y con sus dimensiones preliminares.

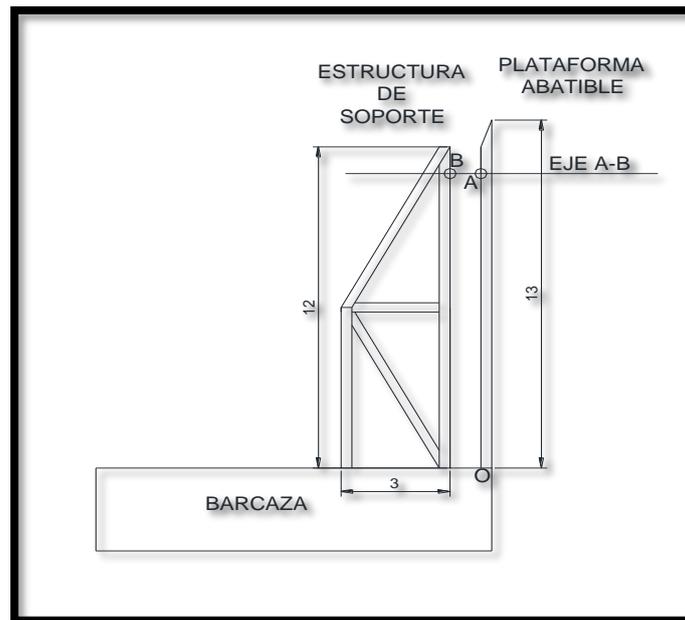


Figura 3-1. Esquema general Soporte-Plataforma Abatible-Vista Lateral

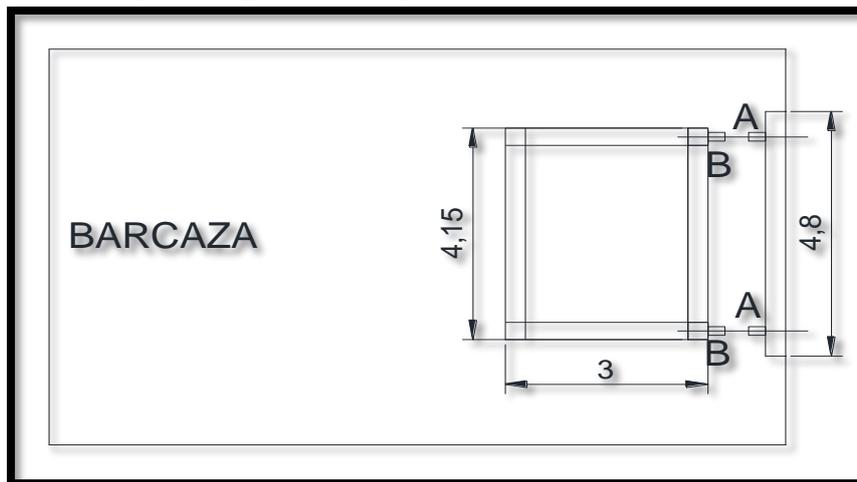


Figura 3-2. Esquema general Soporte-Plataforma Abatible-Vista Superior

- Altura de armadura, Hs: 11 metros
- Ancho de armadura, As: 3 metros
- Distancia entre armaduras, Ds: 4,15 metros

3.3 Resultados de Análisis estructural con Software ®

3.3.1 Resultados de las cargas de diseño aplicados sobre la estructura

Cargas de Diseño sobre Plataforma abatible

- **Carga Muerta**

No se consideró la carga muerta debido a que no se tiene el peso definido de la plataforma abatible.

- **Carga Viva (CV)**

De la ecuación 3 se reemplaza el valor de camión vacío obtenido en la tabla 13 y la carga y sobrecarga a la cual estará sometido el camión tenemos el siguiente resultado de carga viva:

$$CV = 17500 + 40000 + 4000$$

$$CV = 61500 \text{ Kg}$$

Cargas de Diseño sobre Estructura de Soporte

- **Carga Muerta**

No se consideró la carga muerta debido a que no se tiene el peso definido de la estructura de soporte.

- **Carga de viento (NEC-SE-CG Vivienda, 2011)**

Por norma la velocidad instantánea para calcular la carga del viento será de 21 m/s. Esta velocidad instantánea será multiplicada por un coeficiente de corrección que depende de la altura de la estructura y de las características topográficas.

La tabla 17 nos muestra los valores de los coeficientes según las características topográficas y la altura de la estructura.

Tabla 16. Valores de coeficientes de corrección

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

En este caso las características topográficas serán de categoría A, ya que la estructura no se encuentra en un entorno con obstrucciones. De esta manera la velocidad corregida, $V_c = V \cdot F_c$, donde V es la velocidad del aire mínima para realizar el diseño estructural y F_c , es el factor de corrección. Reemplazando los valores se tiene que la velocidad $V_c = 21$ m/s.

Tabla 17. Coeficiente de Forma.

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

Reemplazando estos valores en la ecuación-3, se tiene lo siguiente:

$$F_{vi} = \frac{1}{2}(1,225)(21)^2(0,85)(0,80)(57,6)$$

$$F_{vi} = 10579,77 \text{ N}$$

$$F_{vi} = 10,58 \text{ KN.}$$

Se evalúa que esta fuerza de Resistencia del viento no afecte la capacidad del motor de la barcaza.

$$F_{Ra} = \frac{1}{2}\rho V_C^2 S C_X$$

$$F_{Ra} = \frac{1}{2}1000 \left(8 \cdot \frac{1852}{3600}\right)^2 (22,4)(3)(1)$$

$$F_{Ra} = 138,28 \text{ KN}$$

La fuerza del viento F_{vi} , representará un aumento del 7,65% en el diseño de la capacidad del motor que se realiza en base a la fuerza de resistencia del agua. Como se explicó, el motor se diseña con una sobrecapacidad del 15%, dejando sin efecto la colocación de la plataforma en posición vertical sobre la barcaza.

- **Carga Externa**

La tensión de los cables dependerá del peso de la plataforma y de los ángulos alfa y theta. La figura 3-3 nos muestra la variación de los ángulos alfa y theta, hallados gráficamente.

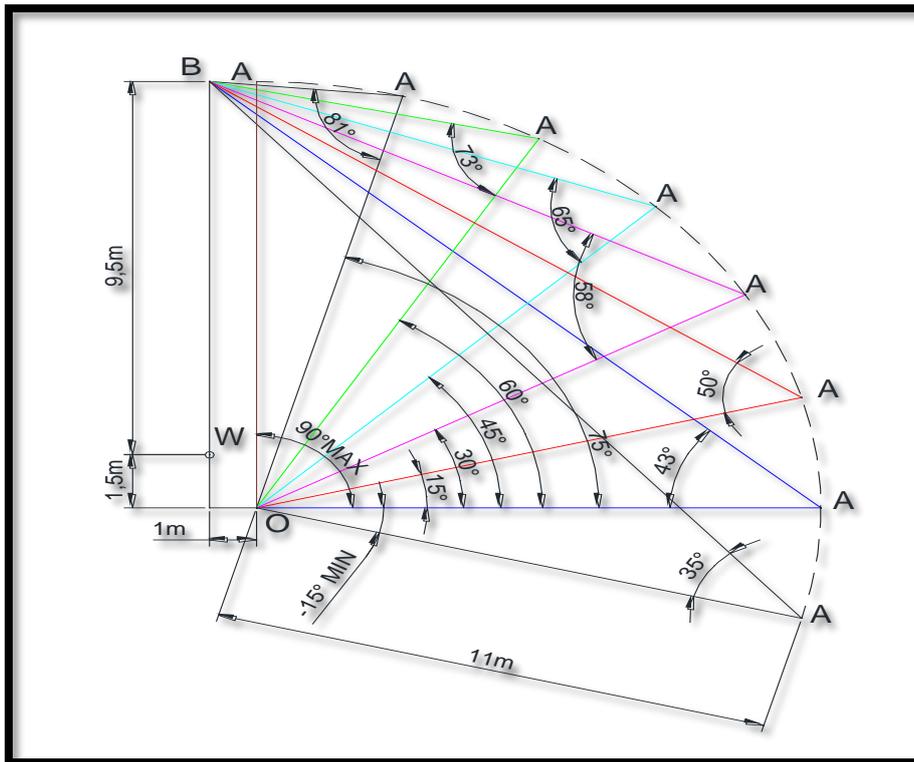


Figura 3-3. Variación de ángulos alfa y theta durante el movimiento de plataforma abatible

El punto O representa el punto donde pivotea la plataforma, el punto A es el punto de unión entre la plataforma y el cable, el punto W es el lugar donde irá ubicado el winche eléctrico y el punto B donde se ubica la polea fija que va sobre la estructura de soporte.

Reemplazando en la ecuación-4 los valores de Alfa, theta y el peso estimado de la plataforma W, encontraremos la tensión T en el cable.

Tabla 18. Resultados de Tensión en el cable

Alfa (°)	Theta (°)	Tension(N)	Tension(Kgf)
75	81	7360,18	751,04
60	73	14685,50	1498,52
45	65	21914,19	2236,14
30	58	28683,13	2926,85
15	50	35416,56	3613,93
0	43	41184,45	4202,49
-15	35	47300,85	4826,62

La tensión que se desarrolla en el cable se calcula tomando como peso de la plataforma 11464.40 Kg, la tensión mínima en el cable se produce cuando la rampa se encuentra vertical sobre la barcaza, es decir cuando el ángulo alfa tiene 90°, y la tensión máxima

se desarrolla cuando la rampa está asentada sobre el muelle, es decir cuando el ángulo alfa es de -15° .

Según la tabla 19 la carga máxima será de 47300,85 N. Esta será la carga a utilizar para realizar el diseño de la estructura, sin embargo a esta carga, se le adicionará el 10% de su valor como una sobrecarga, para cubrir cualquier mal movimiento de la plataforma al momento de estar realizando el ascenso o descenso de la misma.

De esta manera la carga externa o fuerza de tensión máxima quedaría de la siguiente manera:

$$F_{\text{tmax}} = F_t + 10\%F_t$$

$$F_{\text{tmax}} = 47300,85 + 10\%(47300,85)$$

$$F_{\text{tmax}} = 52030,94 \text{ N.}$$

3.3.2 Resultados del Análisis estructural para Plataforma Abatible

Se presentan los resultados de los cálculos realizados en el capítulo 2 para el pre-dimensionamiento y selección de perfiles de la plataforma abatible.

- **Resultados del Pre-diseño de las vigas longitudinales de la Plataforma Abatible**

El peso aplicado sobre cada viga longitudinal:

$$W = \frac{61500 \text{ Kg}}{3}$$

$$W = 20500 \text{ Kg}$$

Reemplazando los valores de la ecuación-6 tenemos la fuerza que se genera sobre cada viga:

$$F = 20500 * 9.8$$

$$F = 200900 \text{ N}$$

Para hallar W_1 , dividimos esta Fuerza para la longitud de la viga dándonos como resultado 16,74 KN/m. Este valor, representa la carga distribuida a lo largo de la longitud de la viga.

En la viga de la figura-16 se procede a encontrar las reacciones en los apoyos según la ecuación-7.

Despejando R_B de la ecuación se tiene:

$$0 = F * l / 2 - R_B * l$$

$$R_B * l = F * l / 2$$

$$R_B = F / 2$$

$$R_B = 200900 / 2$$

$$R_B = 100450N$$

Aplicando las ecuaciones de equilibrio sobre el eje Y, se tiene lo siguiente:

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_A = F - R_B$$

$$R_A = F - F / 2$$

$$R_A = F / 2 = R_B$$

Con el resultado de las reacciones en los apoyos y la carga repartida sobre la viga, se procede a realizar el diagrama de corte y el diagrama del momento flector de la viga, que se representa en la figura 3-4.

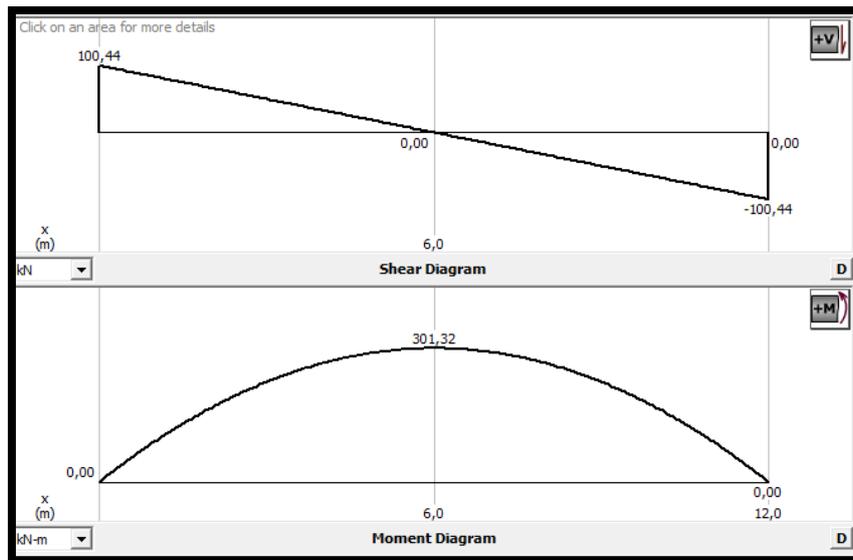


Figura 3-4. Diagrama de Corte y de Momento flector

Con el momento flector M de 301320 KN-mm, obtenido del gráfico, se utilizará la ecuación del esfuerzo máximo para encontrar el módulo de sección Z .

El material para la fabricación, es el acero estructural ASTM A36, cuyo esfuerzo de fluencia es $\sigma_{A-36} = 250$ [MPA]. Utilizando un factor de seguridad $N = 1,33$ se obtiene el esfuerzo máximo que puede soportar la viga.

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_{A-36}}{N}$$

$$\sigma_{max} = \frac{250 \text{ [MPA]}}{1.33}$$

$$\sigma_{max} = 188 \text{ [MPA]}$$

Con el valor del Momento flector (M) y el valor del Esfuerzo máximo aplicado (σ_{max}), despejando Z de la ecuación 9 se tiene lo siguiente:

$$Z = \frac{M}{\sigma_{max}}$$

$$Z = \frac{301320 \text{ [KN - mm]}}{0.188 \left[\frac{\text{KN}}{\text{mm}^2} \right]}$$

$$Z = 16.03 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

Llevando este valor de Z a cm^3 , se obtiene un valor de 1602.77 cm^3 . Se selecciona el perfil IPE 500 (MANTA, 2015) para los perfiles longitudinales, por medio de los catálogos de materiales, cuyas propiedades se muestran en la siguiente figura:

DENOMINACION	DIMENSIONES					SECCION	PESOS	TIPOS					
	h	s	g	t	R			cm ²	kg/mt	lx	ly	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm					cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³
IPE 80	80	46	3.80	5.20	5	7.64	6.00	80	8.49	20.00	3.69		
IPE 100	100	55	4.10	5.70	5	10.30	8.10	171	15.90	34.20	5.79		
IPE 120	120	64	4.40	6.30	5	13.20	10.40	318	27.70	53.00	8.65		
IPE 140	140	73	4.70	6.90	7	16.40	12.90	541	44.90	77.30	12.30		
IPE 160	160	82	5.00	7.40	7	20.10	15.80	869	68.30	109.00	16.70		
IPE 180	180	91	5.30	8.00	7	23.90	18.80	1320	101.00	140.00	22.20		
IPE 200	200	100	5.60	8.50	9	28.50	22.40	1940	142.00	194.00	28.50		
IPE 220	220	110	5.90	9.20	9	33.40	26.20	2770	205.00	252.00	37.30		
IPE 240	240	120	6.20	9.80	12	39.10	30.70	3890	284.00	324.00	47.30		
IPE 270	270	135	6.60	10.20	12	45.90	36.10	5790	420.00	429.00	62.20		
IPE 300	300	150	7.10	10.70	15	53.80	42.20	8360	604.00	557.00	80.50		
IPE 330	330	160	7.50	11.50	15	62.60	49.10	11770	788.00	713.00	98.50		
IPE 360	360	170	8.00	12.70	118	72.70	57.10	16270	1040.00	904.00	123.00		
IPE 400	400	180	8.60	13.50	118	84.50	63.30	23130	1320.00	1160.00	146.00		
IPE 450	450	190	9.40	14.60	21	98.80	77.70	33740	1680.00	1500.00	176.00		
IPE 500	500	200	10.20	16.00	21	116.00	90.70	48200	2140.00	1930.00	214.00		
IPE 550	550	210	11.10	17.20	24	134.00	106.00	67120	2670.00	2440.00	254.00		

Figura 3-5. Tabla de IPE catálogo de Dipac

- **Resultados del Pre-diseño de las vigas Transversales de la Plataforma Abatible**

La carga puntual aplicada sobre cada viga transversal es la siguiente:

$$Cp = \frac{61500 * 65\%}{6}$$

$$Cp = 6662,50 \text{ Kg}$$

Expresando la carga promedio en KN, multiplicando el peso por la gravedad, se tiene lo siguiente:

$$Cp = 6662,50 * 9,8$$

$$Cp = 65,29 \text{ KN}$$

A partir de la figura-22 se encuentra el resultado del momento aplicado sobre los empotramientos de la viga transversal reemplazando en la ecuación 13:

$$M = \frac{1}{12} * (65,29) * (2,4)$$

Reemplazando valores, se obtiene que los momentos $M_A = M_B = 13060,80 \text{ KN.mm}$.

Encontrados los momentos aplicados por los empotramientos de la viga, se encuentra las reacciones de los apoyos. Despejando la reacción R_{BY} de la ecuación 14 y reemplazando los valores conocidos, se obtiene que $R_{BY} = 32,65 \text{ KN}$. Reemplazando el valor R_{BY} en la ecuación 15, se encuentra el valor de $R_{AY} = 32,65 \text{ KN}$.

La figura 2-23 muestra el diagrama de corte y del momento flector de la viga transversal. Con este momento se aplica la ecuación del esfuerzo máximo para encontrar el tipo de perfil a colocar sobre la plataforma.

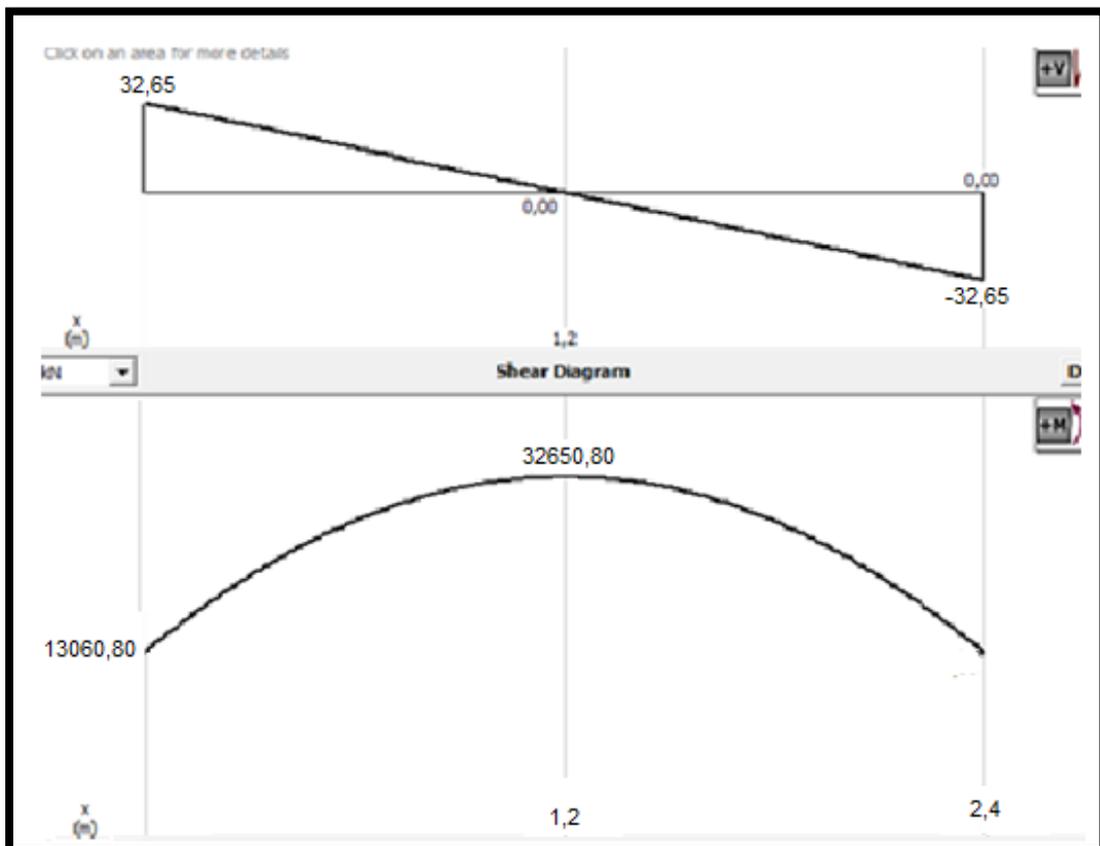


Figura 3-6. Diagrama de Corte y de Momento flector de viga transversal

Con el valor del Momento flector (M_T) y el valor del Esfuerzo máximo aplicado (σ_{max}) utilizado de la ecuación 15, despejando Z_T de la ecuación 8 se tiene lo siguiente:

$$Z_T = \frac{M_T}{\sigma_{max}}$$

$$Z_T = \frac{32650.80 [KN - mm]}{0.188 \left[\frac{KN}{mm^2} \right]}$$

$$Z_T = 173674.47 \text{ mm}^3$$

Llevando este valor de Z_T a cm^3 , se obtiene un valor de 173.67 cm^3 . Se selecciona el perfil IPE 220 (MANTA, 2015) para los perfiles Transversales, por medio de los catálogos de materiales, cuyas propiedades se muestran en la figura 3-5.

La parte en forma de cuña de la plataforma tendrá los mismos perfiles longitudinales y transversales determinados en este punto. Los perfiles en esta parte deberán ser armados.

- **Resultados del pre-dimensionamiento del diámetro de los ejes de Abatimiento**

Para encontrar la reacción que se ejerce en el punto más crítico del apoyo abatible, se utiliza la carga resultante que tiene el siguiente valor:

$$C_t = 61500 + 11464,40 \text{ Kg}$$

$$C_t = 72964,40 \text{ Kg} * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$C_t = 715,05 \text{ KN.}$$

Con esta carga resultante se procede a calcular las reacciones en los apoyos de la plataforma abatible. Reemplazando valores conocidos en las ecuaciones 16 y luego en la ecuación 15, se obtienen los siguientes resultados:

$$R_{y2} = 357,5 \text{ KN}$$

$$R_{y1} = 357,15 \text{ KN}$$

Reemplazando valores conocidos en la ecuación 17 para encontrar la reacción en el eje X sobre el apoyo abatible se obtiene el siguiente resultado:

$$R_{x1} = 1328,46 \text{ KN.}$$

Realizando Pitágoras en el apoyo por las fuerzas ejercidas sobre el eje Y y el eje X, como se representa en la ecuación 18 se tiene lo siguiente:

$$F_R = 1375,63 \text{ KN.}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 20, se encuentra el diámetro mínimo que deberá tener el eje, el cual es el siguiente:

$$D_{eje} = 137,61 \text{ mm}$$

- **Resultado del análisis de los elementos pre-dimensionados de la plataforma abatible con uso del software Solidworks 2014.**

Definido el diseño de los elementos estructurales de la plataforma abatible se realiza el análisis de los mismos con el software Solidworks 2014 X64 EDITION para la presentación de cómo va a trabajar la estructura ya definida en base a la carga viva aplicada.

Los parámetros que el software mostrará como resultados de que el diseño actuará de manera correcta son los siguientes:

- Factor de seguridad aplicado
- Tensiones máximas aplicadas a los elementos estructurales (MPa)
- Desplazamiento resultante (mm)

Los resultados se muestran gráficamente, simulando la estructura definida y aplicándole el tipo de carga definida. Estos gráficos se presentan por colores tabulados en la misma gráfica, diferenciando un rango de cada parámetro para de esta manera obtener resultados precisos de los parámetros ya indicados sobre cada estructura.

Se realizó un análisis estático de la estructura definiendo los elementos de la plataforma como lo son los perfiles longitudinales, perfiles transversales, plancha de piso, orejas de abatimiento, ejes de abatimiento. La figura 3-7 muestra un esquema en 3D de la plataforma abatible con las cargas aplicadas a la misma.

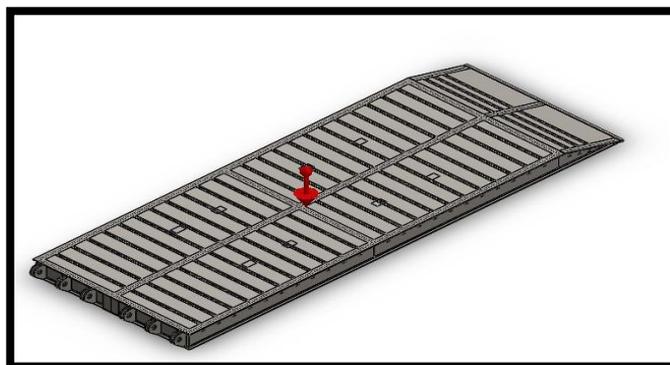
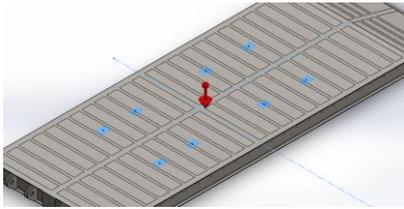
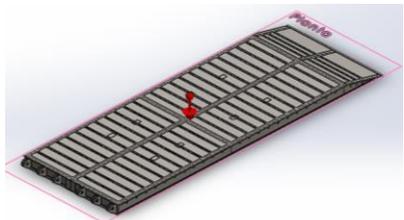


Figura 3-7. Modelo estructural de Plataforma Abatible en 3D

Tipos de Cargas Aplicadas sobre Plataforma abatible

La tabla 20 muestra las cargas aplicadas sobre la estructura de plataforma abatible.

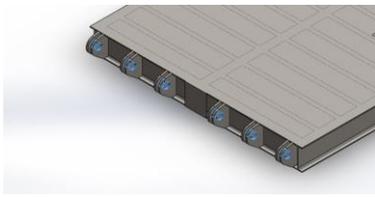
Tabla 19. Cargas aplicadas sobre Plataforma abatible

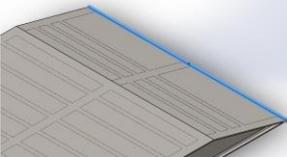
Nombre de carga	Esquema de Cargas	Detalles de carga
Carga Viva		Entidades: 8 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 602700 N
Carga Muerta		Referencia: Planta Valores: 112350 N Unidades: SI

Resultados de Apoyos de Plataforma Abatible

La tabla 21 muestra los tipos de apoyos que se consideraron para realizar el apoyo de la estructura metálica de la plataforma abatible. Se muestra en la tabla los resultados obtenidos de las fuerzas de reacción en cada apoyo, sobre los ejes X, Y y Z y la resultante sobre dichos puntos.

Tabla 20. Apoyos aplicados sobre Plataforma Abatible

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Apoyo tipo Bisagra fija		Entidades: 12 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	1328460	357525	1.3744e+006	1.3744e+006
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Apoyo Fijo		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0	357525	0	357525
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Resultados del Análisis Estático

Resultado de Tensiones Máximas

Las tablas 22 y la tabla 23 muestran el análisis de las tensiones máximas aplicadas a la plataforma abatible desde una vista isométrica. La figura que se muestra en la tabla se presenta de diferentes colores difuminados, los cuales están tabulados a un lado de la figura. Para este resultado, la tabulación está descrita en MPA, y muestra el valor máximo y el valor mínimo encontrado en los nodos de la plataforma.

Tabla 21. Plataforma Abatible-Análisis estático-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00124916 N/mm ² (MPa) Nodo: 78246	190.696 N/mm ² (MPa) Nodo: 37435

Nombre de modelo: Pieza1
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1

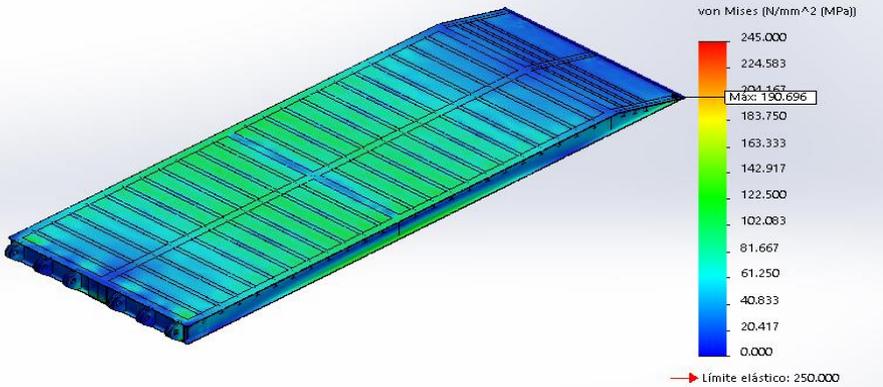
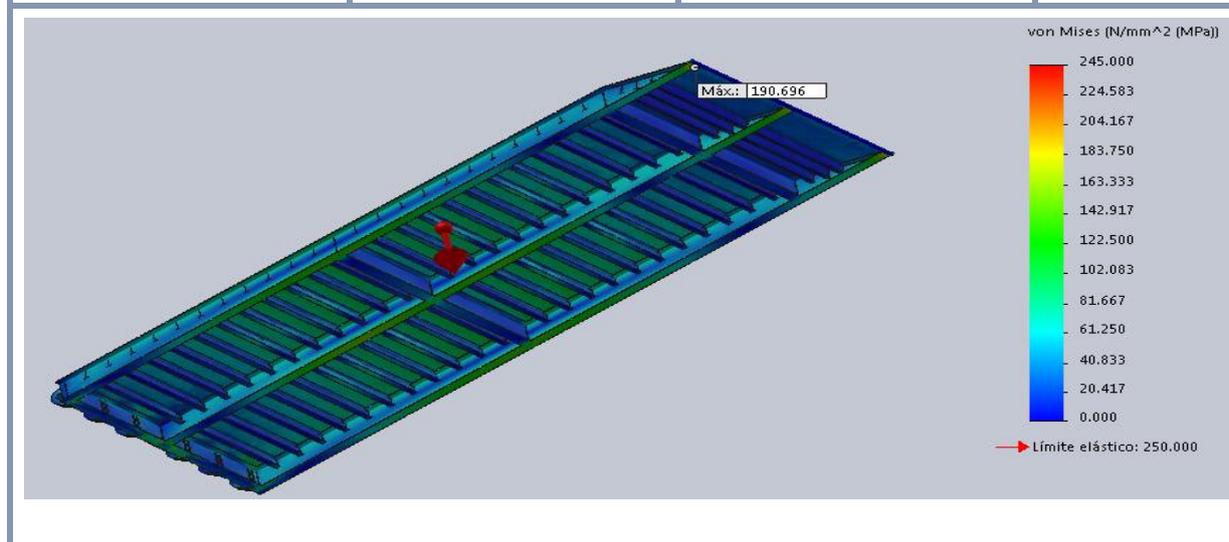


Tabla 22. Plataforma Abatible-Análisis estático-Tensiones2

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones2	VON: Tensión de von Mises	0.00124916 N/mm ² (MPa) Nodo: 78246	190.696 N/mm ² (MPa) Nodo: 37435

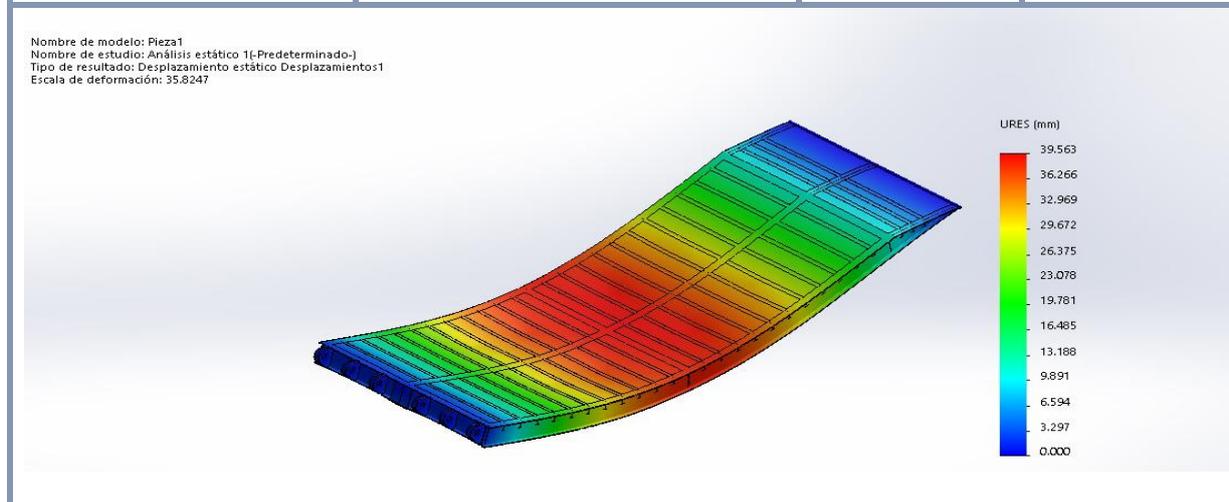


Resultado de Desplazamientos Máximos

La tabla 24 muestra los desplazamientos a los que estará sometida la plataforma metálica según las cargas aplicadas. De igual manera la tabla presenta un gráfico con la deformación de la plataforma y un rango de colores que determina el desplazamiento máximo y el desplazamiento mínimo que realiza la plataforma al momento de que se le aplique la carga máxima.

Tabla 23. Plataforma abatible-Desplazamiento máximo

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos	Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 244	39.5628 mm Nodo: 47133



Resultado de Factor de Seguridad

Las tablas 25 y 26 muestran el factor de seguridad aplicado a la plataforma abatible. Como en los resultados anteriores se muestra un rango de valores de los factores de seguridad aplicados sobre la plataforma abatible.

Tabla 24. Plataforma abatible-Factor de seguridad-Vista 1

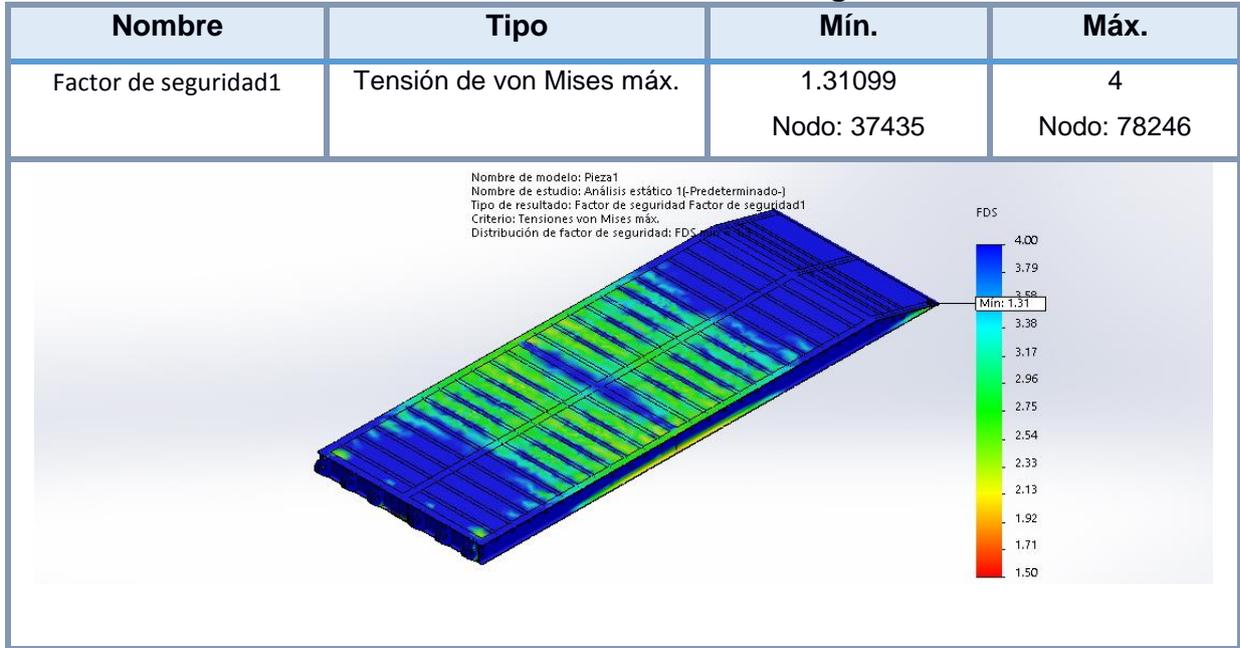
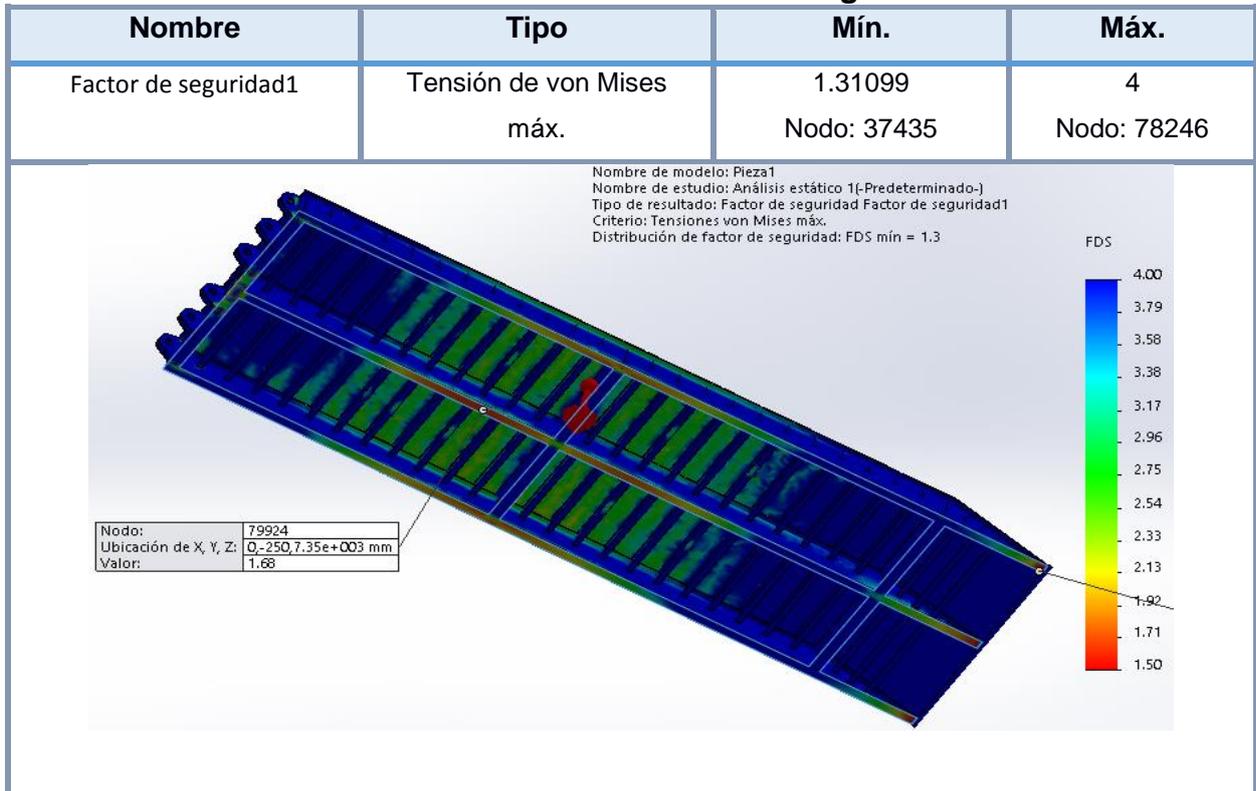


Tabla 25. Plataforma abatible-Factor de Seguridad-Vista 2



3.3.3 Análisis estructural con software para Estructura de Soporte

- Resultados de pre-dimensionamiento de la armadura estructural

Aplicando el método de nodos para cada punto de unión de la armadura, se encuentra la fuerza interna de cada elemento de la misma, así como las reacciones en los apoyos, quedando los siguientes resultados para cada nodo:

Nodo A:

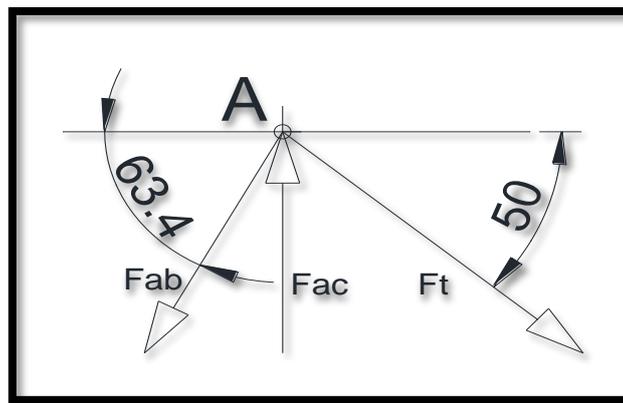


Figura 3-8. Fuerzas aplicadas sobre el punto A

Aplicando las ecuaciones de equilibrio se tiene:

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$0 = F_T \cos(50) - F_{AB} \cos(63,4)$$

$$F_{AB} = \frac{F_T \cos(50)}{\cos(63,4)} \quad \text{Ecuación 37}$$

Reemplazando el valor de $F_T = 47,30 \text{ KN}$, se obtiene que el valor de $F_{AB} = 74,69 \text{ KN}$ (Tensión).

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$0 = F_{AC} - F_{AB} \sin(63,4) - F_T \sin(50)$$

$$F_{AC} = F_{AB} \sin(63,4) + F_T \sin(50) \quad \text{Ecuación 38}$$

Reemplazando valores conocidos se tiene que $F_{ac} = 106,64$ KN (Compresión).

Nodo B:

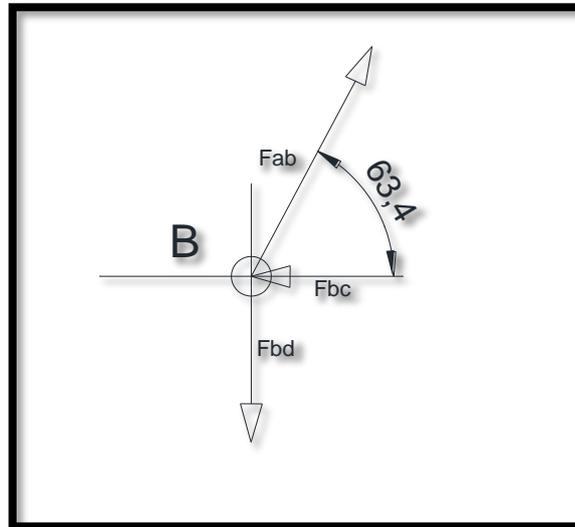


Figura 3-9. Fuerzas aplicadas sobre el punto B

Aplicando las ecuaciones de equilibrio se tiene:

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$0 = F_{AB} \cos(63,4) - F_{BC}$$

$$F_{BC} = F_{AB} \cos(63,4)$$

Ecuación 39

Reemplazando el valor de $F_{ab} = 74,69$ KN, se obtiene que el valor de $F_{bc} = 33,44$ KN (Compresión).

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$0 = F_{AB} \sin(63,4) - F_{BD}$$

$$F_{BD} = F_{AB} \sin(63,4)$$

Ecuación 40

Reemplazando valores conocidos se tiene que $F_{BD} = 66,78$ KN (Tensión).

Nodo C:

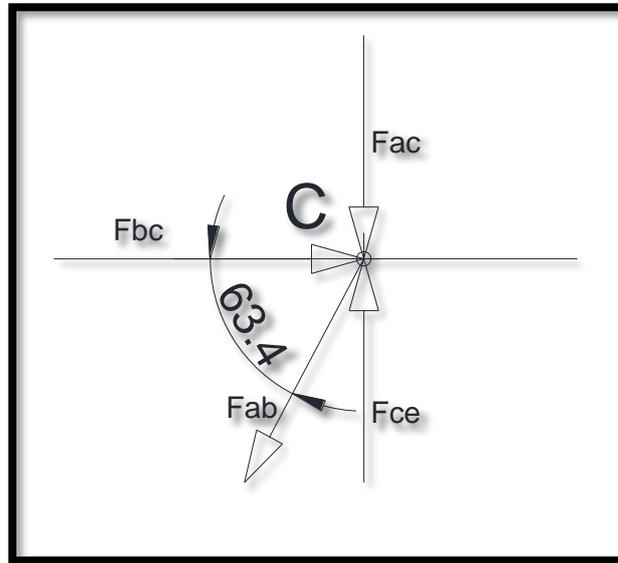


Figura 3-10. Fuerzas aplicadas sobre el punto C

Aplicando las ecuaciones de equilibrio se tiene:

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$0 = F_{BC} - F_{CD} \cos(63,4)$$

$$F_{CD} = \frac{F_{BC}}{\cos(63,4)}$$

Ecuación 41

Reemplazando el valor de $F_{bc} = 33,44$ KN, se obtiene que el valor de $F_{cd} = 74,31$ KN (Compresión).

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$0 = F_{CE} - F_{AC} - F_{CD} \sin(63,4)$$

$$F_{CE} = F_{AC} + F_{CD} \sin(63,4)$$

Ecuación 42

Reemplazando valores conocidos se tiene que $F_{CE} = 173,08$ KN (Compresión).

Nodo D:

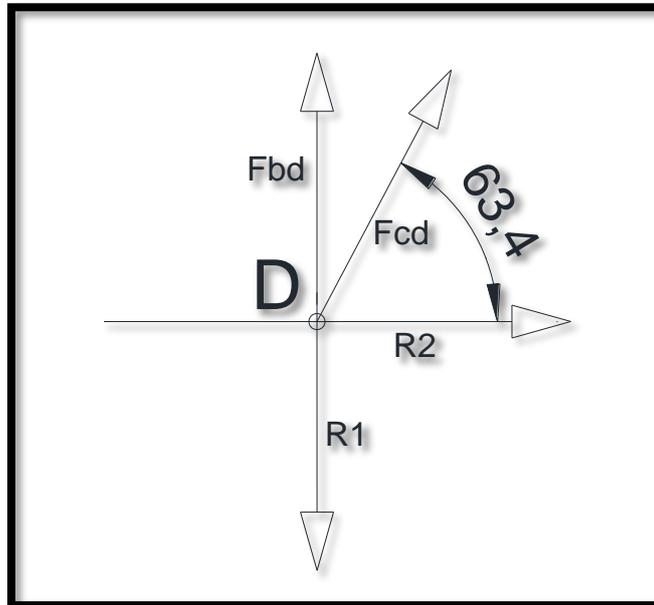


Figura 3-11. Fuerzas aplicadas sobre el punto D

Aplicando las ecuaciones de equilibrio se tiene:

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$0 = R_2 + F_{CD} \cos(63,4)$$

$$R_2 = - F_{CD} \cos(63,4)$$

Ecuación 43

El valor negativo quiere decir que la dirección de la reacción R_2 asumida es contraria. Reemplazando el valor de $F_{cd} = 74,31$ KN, se obtiene que el valor de $R_2 = 33,27$ KN \leftarrow

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$0 = F_{BD} + F_{CD} \sin(63,4) - R_1$$

$$R_1 = F_{BD} + F_{CD} \sin(63,4)$$

Ecuación 44

Reemplazando valores conocidos se tiene que $R_1 = 133,22$ KN.

Nodo E:

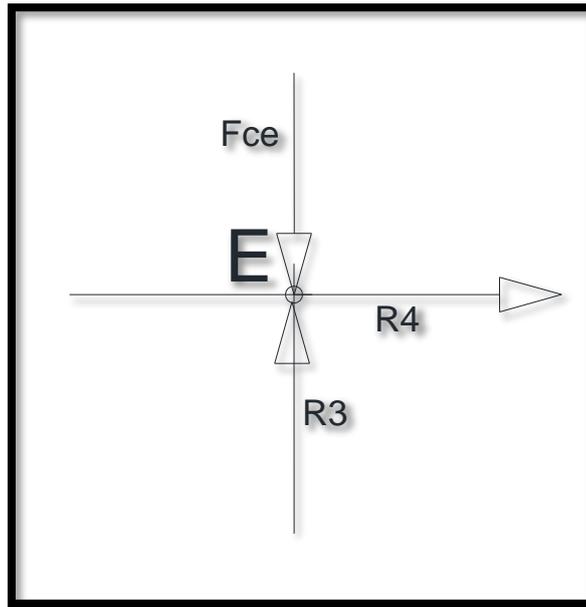


Figura 3-12. Fuerzas aplicadas sobre el punto E

Aplicando las ecuaciones de equilibrio se tiene:

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$R_4 = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$0 = R_3 - F_{CE}$$

$$R_3 = F_{CE}$$

Ecuación 45

Reemplazando valores conocidos se tiene que $R_3 = 173,08$ KN.

La tabla 27 muestra los resultados del análisis de fuerzas para cada viga que conforma la estructura de soporte.

Tabla 26. Fuerzas que actúan sobre cada viga de la estructura de Soporte

Nombre de viga	Juntas	Axial(kN)	Dirección
VIG-AB	1	74,69	Tensión

Nombre de viga	Juntas	Axial(kN)	Dirección
	2	74,69	Tensión
VIG-BC	1	33,44	Compresión
	2	33,44	Compresión
VIG-AC	1	106,64	Compresión
	2	106,64	Compresión
VIG-BD	1	66,78	Tensión
	2	66,78	Tensión
VIG-CD	1	74,31	Compresión
	2	74,31	Compresión
VIG-CE	1	173,08	Compresión
	2	173,08	Compresión

De esta manera el miembro sobre el que se ejerce la mayor carga en la VIG-CE, con una fuerza $F_{ce} = 173,08$ KN en compresión.

Para seleccionar el perfil se encontró el área mínima por el método LRFD, como se muestra a continuación:

$$A_g = \frac{0,9(T_U)}{0,5(F_y)}$$

$$A_g = \frac{0,9(173,08)}{0,5 * 0,25}$$

Reemplazando valores, el área mínima es de $A = 12,46$ cm². De esta manera se selecciona el perfil IPE 140 (MANTA, 2015) para la armadura según la tabla de IPAC, que corresponde a un área de sección, $A_{sec} = 16,40$ cm².

Determinada el área del perfil, se comprobará por medio de la inercia del elemento si es lo suficientemente rígido para la altura determinada.

Primero se determina el radio de giro del elemento, como se muestra continuación:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_{sec}}}$$

Por catálogo se obtiene que el valor de la inercia mayor de una IPE 140 es 869 cm⁴.

$$r = \sqrt{\frac{869}{16,4}}$$

Despejando se tiene que $r = 7,28$ cm.

El resultado para la esbeltez el siguiente:

$$e = \frac{600}{7,28}$$

$$e = 82,30$$

Se comprueba de esta manera entonces que el perfil IPE 140, ubicado en la dirección de inercia en X, pasa sin problemas el criterio de esbeltez $e < 120$.

- **Resultado del análisis de los elementos pre-dimensionados de la Estructura de Soporte con uso del software Solidworks 2014.**

De igual manera se realizó un análisis estático de la estructura de soporte, definiendo los elementos de la misma, tipos de carga aplicados y tipos de apoyos. La figura 3-13 muestra un esquema en 3D de la estructura de soporte con las cargas aplicadas a la misma.

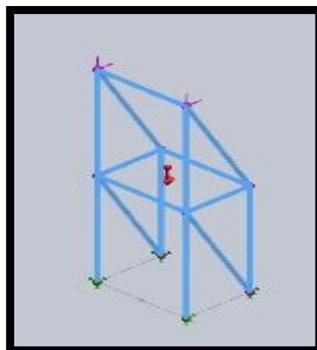
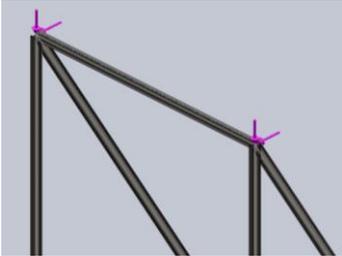
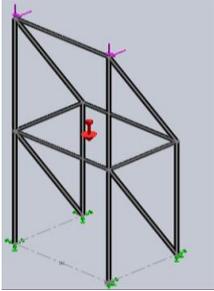


Figura 3-13. Esquema general de estructura de soporte y cargas aplicadas.

Tipos de Cargas Aplicadas sobre Estructura de Soporte

La tabla 28 muestra las cargas aplicadas sobre la estructura de soporte. En este análisis solo se considera la carga externa y la carga muerta, excluyendo la carga por viento debido a que su valor es mucho menor que el de la carga externa, considerándolo despreciable.

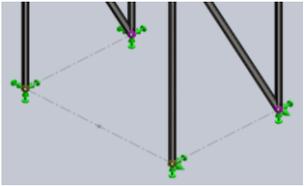
Tabla 27. Cargas aplicadas a la estructura de Soporte

Nombre de carga	Esquemas de carga	Detalles de carga
Carga externa		Entidades: 2 Juntas Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: X:-39860,Y:-33440 N Momentos: 0 N.m Ángulo de fase: 0 Unidades: deg
Carga Muerta		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI

Resultados de Apoyos de Estructura de Soporte

La tabla 29 muestra los tipos de apoyos que se consideraron para la estructura de soporte. Se muestra en la tabla los resultados obtenidos de las fuerzas de reacción en cada apoyo, sobre los ejes X, Y y Z y la resultante sobre dichos puntos.

Tabla 28. Tipos de apoyos aplicados sobre la estructura de Soporte

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Apoyo fijo		Entidades: 4 Juntas Tipo: Geometría fija

Las tablas 30 y 31 muestran la Fuerza de reacción de los apoyos y los momentos de reacción de los apoyos fijos de manera global.

Tabla 29. Fuerza de reacción en los apoyos

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0	90001.8	-66880	112131

Tabla 30. Momentos de reacciones en los apoyos

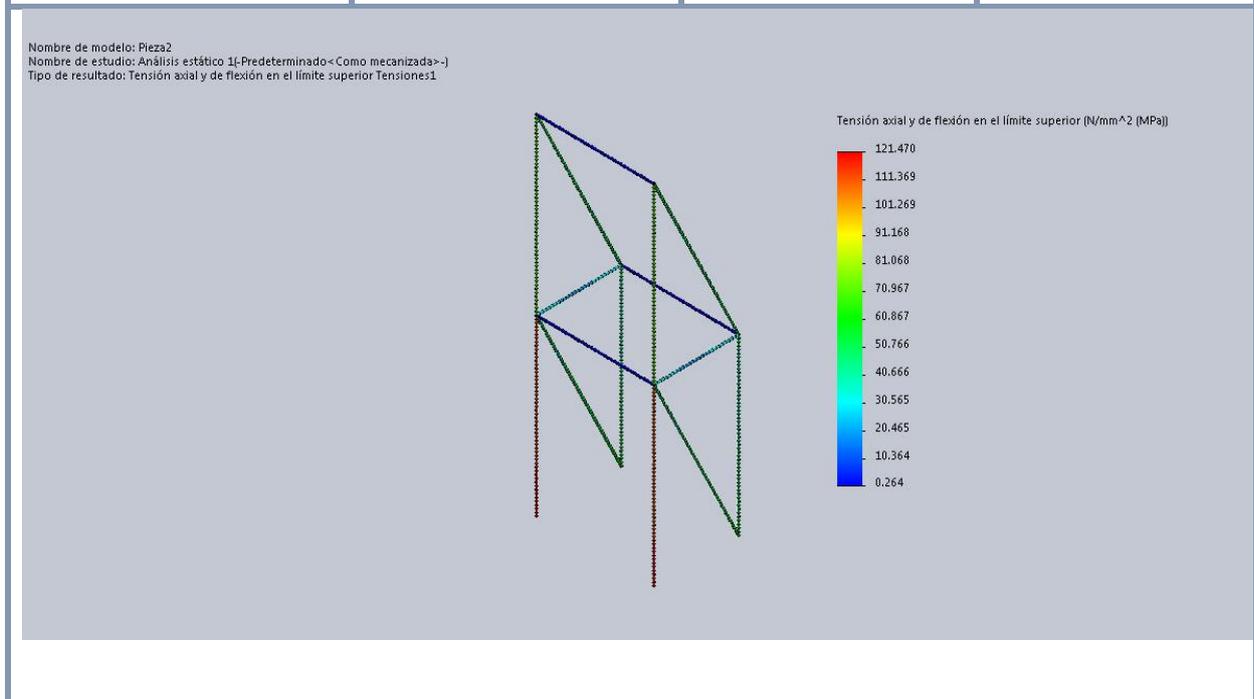
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-6489.36	2.26498e-006	9.53674e-007	6489.36

Resultado de Tensiones Máximas

La tabla 32 muestra el análisis de las tensiones máximas aplicadas a la estructura de soporte. La figura que se muestra en la tabla se presenta de diferentes colores difuminados, los cuales están tabulados a un lado de la figura. Para este resultado, la tabulación está descrita en MPA, y muestra el valor máximo y el valor mínimo de tensión encontrado en la estructura.

Tabla 31. Tensiones máximas aplicadas a la Estructura de Soporte

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	TXY: Tensión cortante en dir. Y en plano YZ	0.263604 N/mm ² (MPa) Elemento: 177	121.47 N/mm ² (MPa) Elemento: 513



Resultado de Desplazamientos Máximos de Estructura de Soporte

La figura 3-14 muestra la deformación de la estructura de soporte al momento de aplicar las cargas a la misma.

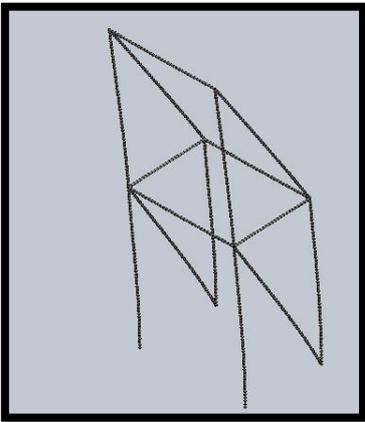


Figura 3-14. Deformación de Estructura de soporte.

La tabla 33 nos muestra los desplazamientos a los que estará sometida la plataforma metálica según las cargas aplicadas. De igual manera la tabla presenta un gráfico con la deformación de la plataforma y un rango de colores que determina el desplazamiento máximo y el desplazamiento mínimo que realiza la plataforma al momento de que se le aplique la carga máxima.

Tabla 32. Desplazamiento de Estructura de soporte.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 54	22.8209 mm Nodo: 587

Nombre de modelo: Pieza2
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-< Como mecanizada>-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1

URES (mm)

- 2.682e+001
- 2.459e+001
- 2.235e+001
- 2.012e+001
- 1.788e+001
- 1.565e+001
- 1.341e+001
- 1.118e+001
- 8.940e+000
- 6.705e+000
- 4.470e+000
- 2.235e+000
- 1.000e-030

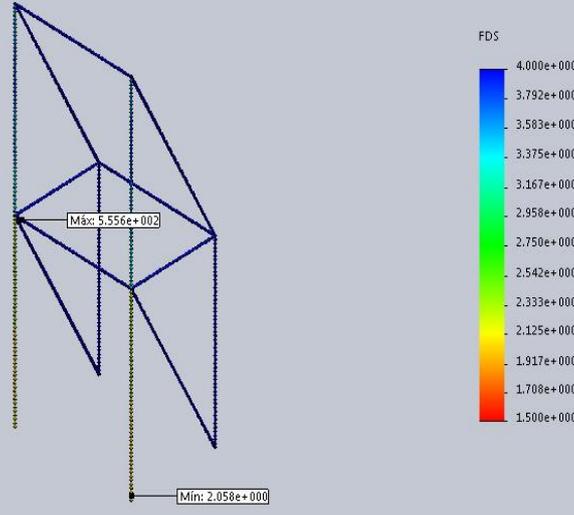
Resultado de Factor de Seguridad para estructura de Soporte

La tabla 34 muestra el factor de seguridad aplicado a la estructura de soporte. Como en los resultados anteriores, se muestra el resultado en un rango de valores de los factores de seguridad aplicados sobre la estructura.

Tabla 33. Factor de seguridad aplicado a la Estructura de Soporte

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	2.05813 Nodo: 510	4 Nodo: 146

Nombre de modelo: Pieza2
 Nombre de estudio: Análisis estático 1-(Predeterminado-< Como mecanizada->)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.1



3.4 Resultados de Análisis del Sistema de accionamiento

Se realizó el análisis del sistema de accionamiento para el abatimiento de la plataforma estructural. Este análisis dejó los siguientes resultados:

- Selección de Grúa de arrastre o carrete (Winche)
- Selección de Cable de acero
- Selección de Poleas

3.4.1 Grúa de arrastre o carrete (Winche)

Se precisó una grúa de arrastre o carrete eléctrica ya que la barcaza cuenta con un generador de energía propio que abastece la potencia que necesita la misma para realizar el ascenso o descenso de la plataforma.

Del catálogo de Prowinch se escogió el equipo que pueda soportar la carga y que se maneje con una potencia igual o mayor a la potencia encontrada en el capítulo anterior. Según los parámetros que hemos encontrado, como potencia, fuerza de carga (tensión de cable) y distancia de arrastre, se seleccionó la grúa de arrastre eléctrica PWG7700, que tiene las siguientes características principales:

TECHNICAL PARAMETERS / PARÁMETROS TÉCNICOS			
Code / Código	PWG7700		
RATINGS / CAPACIDADES	Capacity 1st Layer: Capacidad 1ª Capa:	16.975 lb 7.700 kg	
	Speed: Velocidad:	33 ~ 61 ft/min 10 ~ 18 m/min	
	Voltage: Voltaje:	380V/440V/460V/560V/600V 50/60HZ 3Phase	
	Motor Power: Potencia Motor:	20 Hp	
	Application: Aplicación:	Lifting & Pulling Izaje y Arrastre	
	Total weight approx.: Peso Total aprox:	2.645 lb 1.200 kg	
	Standard: Norma:	ASME B30.7 / B30.10 / ANSI-AWS D14.3 / RR-W-410E / ISO2232	
	ROPE / CABLE	IWRC Rope: Cable IWRC:	ø7/8" x 820 ft ø22,2 mm x 250 m
		Total Range: Alcance Máximo:	787,4 ft 240 m

Figura 3-15. Ficha técnica winche eléctrico PWG7700 (Prowinch, 2015).

3.4.2 Cable de acero

Según las características técnicas que se pueden observar en la figura 3-15, este winche cumple con las condiciones preliminares encontradas como la potencia necesaria, la velocidad de ascenso o descenso, la capacidad de carga y tiene la propiedad de que puede trabajar con diferentes diámetros de cable, como el diámetro con el que se va a trabajar es de 19 mm, se utilizará 8 capas para enrollarlo en el tambor del winche, tal como muestra la figura 3-16.

RR-W-410E 7 / 6x19/6x26 EIPS Alma de Acero			
Cable		19,0 mm	
Resistencia Nominal		26.032 Kg	
Peso cable x Mt		1,5 Kg	
Capa	Mts x Capa	Cap. Kg. x Capa	Velocidad Mts/min
1	29	7.700	10,1
2	62	6.858	11,3
3	99	6.182	12,6
4	139	5.627	13,8
5	183	5.164	15,1
6	230	4.771	16,3
7	281	4.434	17,6
8	336	4.141	18,8

Figura 3-16. Winche eléctrico PWG7700 con cable de 19 mm de diámetro (Prowinch, 2015).

3.4.3 Resultados de la selección de Poleas

Del catálogo de Prowinch, escogemos una polea fija de una ranura con las siguientes características:

Capacity:	15.432 lb
Capacidad:	7.000 kg
Pulley:	ø 11,8"
Polea:	ø 300 mm
Recommended Rope:	ø3/4"
Cable Recomendado:	ø19 mm
Test Capacity:	30.865 lb
Capacidad de Prueba:	14.000 kg
Total Weight:	118 lb
Peso Total:	53,5 kg
Safety factor:	4:1
Factor de Seguridad:	4:1

Figura 3-17. Ficha técnica de Polea PWPF300 de Prowinch (Prowinch, 2015).

Como se puede apreciar en la figura 3-17, la polea cumple con los requerimientos principales de capacidad, diámetro de polea y diámetro de cable.

3.5 Procedimiento de Construcción, Montaje y Análisis de Costo de Fabricación y Montaje

En este punto se describe el procedimiento de construcción para la plataforma abatible con su estructura de soporte, tomando en consideración los parámetros de diseño

definidos anteriormente. Además se realizará un análisis de costo de fabricación y montaje de la plataforma, su estructura de soporte y los elementos de accionamiento.

3.5.1 Proceso de Fabricación

El proceso de fabricación es el conjunto de operaciones necesarias para llevar la materia prima hacia un producto terminado. Para realizar este proceso es necesario contar con un taller metalmeccánico y personal idóneo para la construcción de los elementos.

Para definir el proceso de fabricación, se realizará la definición de cada proceso que interviene en la fabricación de los elementos que llegan como materia prima para obtener un producto elaborado. Los procesos se los nombra a continuación:

- Suministro de materiales
- Proceso de Corte
- Proceso de armado
- Proceso de Soldadura
- Limpieza Superficial de los elementos
- Aplicación de Pintura a la estructura

SUMINISTRO DE MATERIALES

El acero estructural será proporcionado conforme a la norma ASTM cumpliendo con los parámetros de Diseño realizados.

MÉTODO DE CORTE

Los cortes se efectuarán con oxicorte, corte por plasma o cizalla, y los bordes acabados de todos los elementos metálicos quedarán perfectamente lisos, es decir sin filos ni aristas.

MÉTODO DE ARMADO

Todos los materiales deberán de cumplir con los parámetros de perpendicularidad, ortogonalidad y rectitud.

PROCESO DE SOLDADURA

El criterio para la aplicación o proceso de la soldadura está regido bajo los buenos criterios de la ingeniería mecánica, según establece el código AWS D1.1 (American Welding Society). Este código establece las especificaciones para la elaboración del procedimiento de calificación para soldaduras en aceros estructurales.

La soldadura aplicada será realizada en estricto acuerdo con un procedimiento calificado y empleando materiales y fungibles que cumplan con la especificación requerida y desarrollo por soldadores y operadores en posesión del certificado de calificación correspondiente al procedimiento empleado.

- ✓ Se calificará a los soldadores según la norma AWS D1.1 (STRUCTURAL WELDING CODESTEEL) y se elaborará el respectivo WPQ (Welder Performance Qualification)
- ✓ Se realizará procedimientos de calificación de soldadura generando el informe WPS (Welding Procedure Specification), el cual estará soportado en el PQR (Procedure Qualification Record)

LIMPIEZA SUPERFICIAL

Este proceso estará regido por las normas SSPC (Steel Structures Painting Council), con un grado de limpieza de acuerdo a la sección SP06, equivalente a una limpieza comercial mediante chorro abrasivo. Todas las protuberancias de soldadura, escorias, salpicados de soldaduras, rebabas y proyecciones con superficies puntiagudas se las removerá antes de realizar la limpieza con granalla; cualquier superficie esmerilada después de la limpieza se le realizará nuevamente la limpieza mediante chorro abrasivo.

APLICACIÓN DE PINTURA

La aplicación del esquema de pintura se realizará con un equipo Air- Less con boquillas recomendadas según la especificación del fabricante. Para parches/desmanches en cordones de soldadura, cantos, vivos, ángulos cerrados, la aplicación podrá realizarse con brocha.

En la estructura metálica se realizará el siguiente esquema de pintura:

- Primera capa de imprimación: Pintura anticorrosiva 80 micras secas.
- Segunda capa de imprimación: Pintura anticorrosiva 70 micras secas.

3.5.2 Proceso de Montaje

El proceso de montaje corresponde al conjunto de pasos para instalar la plataforma abatible y su estructura de soporte en la barcaza.

Como la plataforma y la estructura de soporte llegarán armadas y soldadas al sitio de montaje, lo que requiere este procedimiento es lo siguiente:

- Mano de obra calificada y con experiencia en montaje de este tipo de estructuras.
- Equipos y herramientas necesarias para el montaje.

- Consumibles necesarios para el montaje.
- Maquinaria pesada para izaje de elementos estructurales.
- Resane de pintura de elementos afectados por el montaje.
- Instalación de sistema de accionamiento.

Pasos para el montaje de Plataforma Abatible y su estructura de soporte

1. El primer paso es adecuar el área de la barcaza (proa) donde irá ubicada la estructura de soporte, esta adecuación consiste en instalar los elementos de las bases de las columnas así mismo como los elementos para el abatimiento de la plataforma que van en la cubierta de la barcaza. La unión de estos elementos será mediante soldadura.
2. Instaladas las bases de las columnas de la estructura de soporte y los elementos tipo bisagra que van sobre la barcaza, se coloca la plataforma abatible con ayuda de un equipo de carga, uniéndose los elementos tipo bisagra con el eje de abatimiento.
3. De igual manera, con ayuda del equipo de carga, se instala la estructura de soporte, uniéndose las columnas mediante soldadura a las bases de la misma y colocando cartelas de apoyo. Se garantizará que el plomado de las columnas no se desvíe de la vertical en más de $L/500$.
4. Una vez instalados los elementos estructurales, se instalan los elementos que conforman el sistema de accionamiento: Winche eléctrico, Poleas y Cable de Acero.
5. Una vez instalados se verifica que los elementos estén armados de manera correcta. Debe comprobarse que las poleas y el cable estén colineales.
6. Se realiza la acometida eléctrica para la grúa de arrastre y se realizan las pruebas de funcionamiento.

3.5.3 Análisis de Costos

Este estudio de costos es necesario para conocer el grado de inversión para realizar el presente proyecto. Para realizar este análisis es necesario recopilar toda la información desarrollada en capítulos anteriores.

El análisis de costo incluirá tres rubros importantes descritos a continuación:

- Costo de Diseño de Plataforma Abatible.
- Costo por Fabricación y Montaje de Elementos estructurales.
- Costo por Instalación de Sistema de Accionamiento.

Para cada análisis, se mostrarán los recursos técnicos, humanos y económicos necesarios para comenzar la realización del proyecto, especificando cada una de las necesidades que implique cada costo.

Costos de Diseño

El costo de diseño de la plataforma abatible se calcula en base al tiempo que llevaría desarrollar el mismo. Se presume que para realizar el diseño completo de la plataforma abatible, la estructura de soporte y el diseño de los elementos de accionamiento, se requieren 4 semanas de trabajo. La tabla 35 muestra los valores determinados para el costo de diseño.

Tabla 34. Costo de Diseño de Plataforma Abatible

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$/Hr)	Precio Total (\$)
Diseño de Plataforma Abatible	Hr.	160	20	3200

Costo de Fabricación y Montaje

El análisis de fabricación y montaje se lo realizará en base al peso de cada estructura a diseñar. Según el proceso de Fabricación y montaje descrito anteriormente, se describen los siguientes rubros para realizar el análisis de costos:

- Costo de Equipos y Herramientas
- Costo de Consumibles
- Costo de Materiales
- Costo de Mano de Obra
- Costo de Maquinaria
- Costo de Limpieza Superficial

Según el análisis de diseño realizado, la estructura de la plataforma abatible y la estructura de soporte tendrán un peso de 12671,46 Kg. Este peso nos servirá para poder llevar a el costo total de todos los rubros a un precio unitario de \$/kg y de esta manera saber si este precio es competitivo comparado con el de otras empresas de metalmecánica.

Costo de Equipos y Herramientas

Los equipos y herramientas a utilizar para la fabricación y montaje son los siguientes:

- Equipo de corte
- Máquina de Soldar
- Herramientas mecánicas
- Juego de herramientas (Instrumentos de medición)
- Esmeril

La tabla 36 representa los equipos y herramientas a utilizar para la fabricación de la estructura metálica de plataforma abatible y su estructura de soporte.

Tabla 35. Costo Equipos y Herramientas.

FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA DE PLATAFORMA ABATIBLE					
Equipos y Herramientas					
Descripción	Cantidad	Dias	Costo/Dia	Costo	\$/Kg
Maq. Soldar	2	12,00	20,00	\$ 480,00	\$ 0,04
Eq. Corte	2	12,00	15,00	\$ 360,00	\$ 0,03
Esmeril	4	12,00	12,00	\$ 576,00	\$ 0,05
Herramientas varias	2	12,00	12,00	\$ 288,00	\$ 0,02
Herramientas mecánicas	2	12,00	12,00	\$ 288,00	\$ 0,02
Subtotal 1				\$ 1.992,00	\$ 0,16

Costo de Consumibles

Los consumibles a utilizar para la fabricación y montaje de estructura metálica de plataforma abatible son los siguientes:

Consumibles:

- Electrodo 7018, 6011
- Discos de corte 7/16",
- Discos de desbaste
- Gas acetileno (Cilindro de 6 Kg)
- Gas oxígeno (Cilindro de 10 m³)

La tabla 37 representa los consumibles mencionados a utilizar para la fabricación de la estructura metálica de plataforma abatible y su estructura de soporte. Cada cual tiene una cantidad aproximada de uso y su precio unitario real.

Tabla 36. Costo de consumibles.

FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA DE PLATAFORMA ABATIBLE					
Consumibles					
Descripción	Unidad	Cantidad	Preio	Costo	\$/Kg
Electrodo 7018	Kg	100,00	2,70	\$ 270,00	\$ 0,02
Electrodo 6011	Kg	100,00	2,70	\$ 270,00	\$ 0,02
Discos de corte	Un	60,00	1,80	\$ 108,00	\$ 0,01
Discos de pulir	Un	60,00	1,80	\$ 108,00	\$ 0,01
Gas Acetileno 6Kg	Kg	60,00	8,68	\$ 520,80	\$ 0,04
Gas Oxigeno	m3	120,00	2,20	\$ 264,00	\$ 0,02
Subtotal 2				\$ 1.540,80	\$ 0,12

Costo de Materiales

Los materiales a utilizar estarán dispuestos conforme al diseño anteriormente realizado, los cuales son los siguientes:

Materiales:

- Plancha A-36 2440x6000x6 mm (Piso de plataforma)
- Perfil IPE 500 x 12 metros (Perfil longitudinal de plataforma)
- Perfil IPE 200 x 12 metros (Perfil transversal de plataforma)
- Perfil IPE 140 x 12 metros (Perfiles que conforman la estructura de soporte)
- Plancha A-36 1220x2440x8 mm (Armado de vigas que conforman la cuna de la plataforma abatible)
- Plancha A-36 1220x2440x10 mm (Orejas de abatimiento y placas de soporte de columnas)
- Eje A-1018 D=138 mm x 3 metros (Ejes de abatimiento)
- Eje A-1018 D=80 mm x 4,8 metros (Ejes de apoyo fijo)

La tabla 38 representa los materiales a utilizar para la fabricación de las estructuras de plataforma y soporte.

Tabla 37. Costo de Materiales

FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA DE PLATAFORMA ABATIBLE					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo	\$/Kg
PL 2440X6000X6 MM	Unidad	5,00	\$ 551,64	\$ 2.758,20	\$ 0,22
PERFIL I 500 x 12 metros	Unidad	4,00	\$ 979,56	\$ 3.918,22	\$ 0,31
PERFIL I 200 x 12 metros	Unidad	10,00	\$ 241,92	\$ 2.419,20	\$ 0,19
PERFIL I 140 x 12 metros	Unidad	7,00	\$ 139,32	\$ 975,24	\$ 0,08
PL 1220X2440X8 MM	Unidad	1,00	\$ 149,55	\$ 149,55	\$ 0,01
PL 1220X2440X10 MM	Unidad	2,00	\$ 186,94	\$ 373,88	\$ 0,03
Eje D=180 mm x 3 metros	Unidad	1,00	\$ 1.506,96	\$ 1.506,96	\$ 0,12
Eje D=80 mm x 4,8 metros	Unidad	1,00	\$ 476,28	\$ 476,28	\$ 0,04
Subtotal 3				\$ 12.577,53	\$ 0,99

Costo de Mano de Obra

Para ejecutar la fabricación de los elementos estructurales, se necesita de personal capacitado y con experiencia para las áreas de los procesos de construcción y montaje antes mencionados. El personal a requerir se detalla a continuación:

Mano de Obra:

- Ingeniero Residente de Obra (Para Montaje de estructuras)
- Ingeniero de Seguridad y Salud Ocupacional (Para Montaje de estructuras)
- Supervisor (Para fabricación y montaje de estructuras)
- Armador (Para fabricación y montaje de estructuras)
- Soldador (Para fabricación y montaje de estructuras)
- Ayudante (Para fabricación y montaje de estructuras)
- Pintor (Para fabricación y montaje de estructuras)

La tabla 39 representa la mano de obra detallada, su precio por jornada laboral en (\$/hr) deducido de los salarios mínimos que debe ganar cada personal^X. También se detalla el tiempo aproximado a utilizar a cada personal de trabajo.

Tabla 38. Costos de Mano de Obra

FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA DE PLATAFORMA ABATIBLE					
Mano de Obra					
Descripción	# Personas	Horas/Trab.	Jornal/Hora	Costo	\$/Kg
Ing. Seguridad	1	60,00	9,00	\$ 540,00	\$ 0,04
Ing. Residente	1	60,00	9,00	\$ 540,00	\$ 0,04
Soldador	2	80,00	7,18	\$ 1.148,80	\$ 0,09
Supervisor	1	80,00	7,50	\$ 600,00	\$ 0,05
Ayudante	4	80,00	4,80	\$ 1.536,00	\$ 0,12
Armador	3	80,00	6,80	\$ 1.632,00	\$ 0,13
Pintor	1	60,00	4,80	\$ 288,00	\$ 0,02
Subtotal 5				\$ 6.284,80	\$ 0,50

Costo de Maquinaria

Para realizar el transporte de los elementos fabricados desde el taller de fabricación al sitio de montaje y para realizar el montaje de los mismos, se necesita de las siguientes maquinarias:

Maquinarias:

- Plataforma cama alta de 12 metros.
- Grúa de 30 Tn.

La tabla 40 representa estas maquinarias detalladas según el trabajo que realizan.

Tabla 39. Costos de Maquinarias

FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA DE PLATAFORMA ABATIBLE					
Maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	\$/Kg
Plataforma cama alta	viaje	2,00	900,00	\$ 1.800,00	\$ 0,14
Grúa 30 ton	dia	2,00	1.120,00	\$ 2.240,00	\$ 0,18
Subtotal 6				\$ 4.040,00	\$ 0,32

Costo de Limpieza Superficial

La tabla 41 representa el costo por granallado comercial para la limpieza superficial de las estructuras y la aplicación de pintura sobre las mismas, según el esquema detallado anteriormente.

Tabla 40. Costo por Limpieza Superficial

FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA DE PLATAFORMA ABATIBLE					
Limpieza Superficial					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	\$/Kg
Granallado	kg	12.671,46	0,15	\$ 1.900,72	\$ 0,15
Pintado	kg	12.671,46	0,20	\$ 2.534,29	\$ 0,20
Subtotal 7				\$ 4.435,01	\$ 0,35

De esta manera el total de costos directos lo encontramos sumando los subtotales de los rubros planteados en este punto, el cual sería el siguiente valor:

Costo Directo por Fabricación y Montaje de estructura = \$ 30.870,15

Aumentando a este valor el 5% por imprevistos que se puedan generar en la fabricación y montaje de las estructuras, tendremos el costo total igual a \$32.413,65.

Costo de Instalación de Sistema de Accionamiento

Los elementos del sistema de accionamiento como ya se indicó anteriormente, son elementos normalizados y no será necesario modificarlos de alguna manera para su utilización. La tabla 42 muestra los rubros considerados para analizar este costo:

Tabla 41. Costo de Instalación de Sistema de Accionamiento

INSTALACION DE SISTEMA DE ACCIONAMIENTO				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Grúa de arrastre o carrete (Winche eléctrico) PWG7700	Unidad	2,00	3.500,00	\$ 7.000,00
Polea Fija D=11,8" PWPF300	Unidad	4,00	300,00	\$ 1.200,00
CABLE DE ACERO D=3/4"	Mt.	500,00	3,10	\$ 1.550,00
Subtotal 1'				\$ 9.750,00
Mano de Obra				
Descripción	# Personas	Horas/Trab.	Jornal/Hora	Costo
Supervisor	1	24,00	7,15	\$ 171,60
Electrico	1	24,00	6,80	\$ 163,20
Ayudante	1	24,00	4,80	\$ 115,20
Subtotal 2'				\$ 450,00
Total costo directo				\$ 10.200,00

COSTO TOTAL

Sumando los costos de los rubros mencionados anteriormente, se tiene el costo para la construcción de una plataforma abatible, con su estructura de soporte y su sistema de accionamiento para una barcaza.

Tabla 42. Costo total de Diseño, Fabricación y Montaje de Plataforma Abatible

DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE RAMPA PARA BARCAZA					
Item	Rubro	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
1	Diseño de Rampa metálica para Barcaza	GL.	1,00	\$3.200,00	\$3.200,00
2	Fabricación y montaje de Rampa Metálica para Barcaza	KG	12671,46	\$2,56	\$32.413,65
3	Instalación de Sistema de Accionamiento de Rampa	Gl.	1,00	\$10.200,00	\$10.200,00
				Costo Total del Rubro	\$45.813,65

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Concluido el desarrollo del proyecto, el presente capítulo describe la importancia del trabajo desarrollado, sus fortalezas y debilidades, resumiendo en este los aspectos más importantes.

Se explican los resultados obtenidos en el presente trabajo, satisfaciendo los objetivos planteados inicialmente. Finalmente se realiza recomendaciones que puedan mejorar el diseño planteado.

4.1 Conclusiones

1. Del estudio de las alternativas de solución, se desarrolló la alternativa más práctica, eficaz y menos costosa, que cumple con todas las funciones requeridas para la plataforma abatible. Se puede concluir que esta alternativa puede ser utilizada como base para futuras barcazas que realicen el mismo método de llenado de material en su interior y que la distancia entre la barcaza y el muelle oscile entre 6 y 10 metros.
2. La plataforma abatible está proyectada para soportar un vehículo 8x4 de 4 ejes con una carga de hasta 40 toneladas.
3. Para el sistema de accionamiento de la plataforma abatible, se realizó la selección de elementos normalizados de acuerdo a un pre-dimensionamiento realizado en base a la norma ISO 4308-1.
4. Para el diseño estructural de la plataforma y su soporte, se utilizaron materiales fabricados localmente, generando empleo en el medio local.
5. Se realizaron los planos de detalle de las estructuras a fabricar y montar de plataforma abatible y su estructura de soporte.
6. En el análisis de costo, en cuanto a la fabricación y montaje de la estructura metálica, se obtuvo un precio de \$2,56/kg. Este precio es un precio muy competitivo dentro de la ciudad de Guayaquil para fabricación y montaje de estructuras, el cual según los talleres de metalmecánica más importantes de la ciudad, está entre \$2,60/kg a \$2,65/kg.
7. El costo total de la plataforma abatible, estructura de soporte y su sistema de accionamiento es de \$45.813,65.

4.2 Recomendaciones

1. Es importante que la adecuación de la parte de cubierta de la barcaza se dé antes de realizar el montaje de las estructuras, para la colocación del soporte y las orejas de abatimiento que estarán sobre la barcaza.

2. Se recomienda que para el sistema de accionamiento se realice un mantenimiento cada 6 meses de sus accesorios principales. Además se recomienda tener en la barcaza los repuestos comunes para reemplazo inmediato en caso de falla.
3. Se debe realizar la revisión del cable de acero previo a realizar el accionamiento del sistema y realizar su mantenimiento de acuerdo a lo que recomiende el proveedor.
4. En cuanto al esfuerzo máximo que se de en la unión de la cuna, se recomienda realizar un reforzamiento, aumentando el área internamente, para que el esfuerzo disminuya.
5. De acuerdo a lo desarrollado en el presente proyecto, se recomienda gestionar más este tipo de desarrollo para la exportación de materiales al granel mediante barcas, ya que eliminaría el tiempo muerto, los gastos innecesarios y demás contratiempos mencionados en este estudio, aumentando la cantidad de viajes realizados en un cierto periodo de tiempo, haciendo más rentable este negocio.

BIBLIOGRAFÍA

5. BIBLIOGRAFÍA

4308-1, I. (2003). *Cranes and lifting appliances-Selection of wire rope*. EEUU: International Standard.

AISC. (2010). *Titulo F, Estructuras Metálicas*. Bogotá: Temoplex.

ASSHTO. (2012). *AASHTO Controlling Design Criteria and Design Exceptions*. England: EPS Group Inc.

Ecuador, A. d. (1 de Marzo de 2015). *Asotep website*. Obtenido de <http://www.asotep.org/puerto.php?id=8>

ISO-2408. (2003). *STEEL ROPES SELECTION DIN 2064*. EEUU.

MANTA, D. (2015 de Marzo de 2015). *Dipac Web Site*. Obtenido de www.dipac-manta.com

Miroliubov. (1985). *Problemas de Resistencia de Materiales*. Brasil: Bandeirantes.

NEC-11 CAP.5, M. (2011). *ESTRUCTURAS DE ACERO*. GUAYAQUIL.

NEC-SE-CG Vivienda, M. d. (2011). *Cargas (No sísmicas)*. Guayaquil.

Progress, V. T.-D. (2013). *Volvo FMX 8X4R. Catálogo vehículos Volvo, 03/13*.

Prowinch. (01 de Septiembre de 2015). *Prowinch Website*. Obtenido de <http://www.prowinch.cl/verprod.php?tipo=72&codigo=PWG7700i>

Públicas, M. d. (2014). *Estadísticas Portuarias y de Transporte Acuático 2014*. Guayaquil: Sub. de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial.

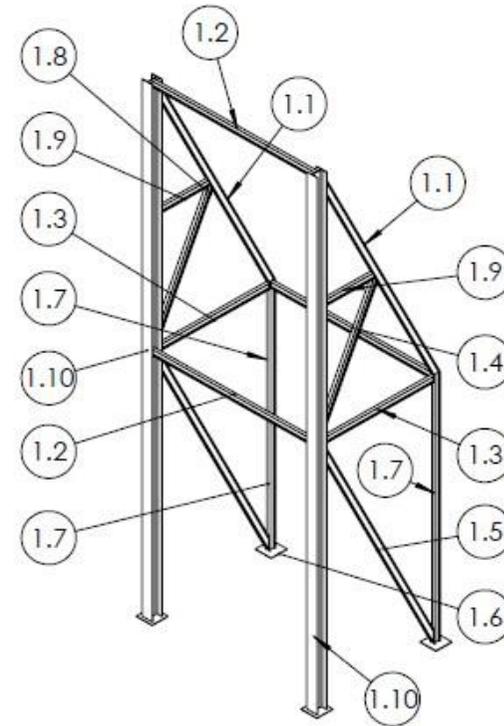
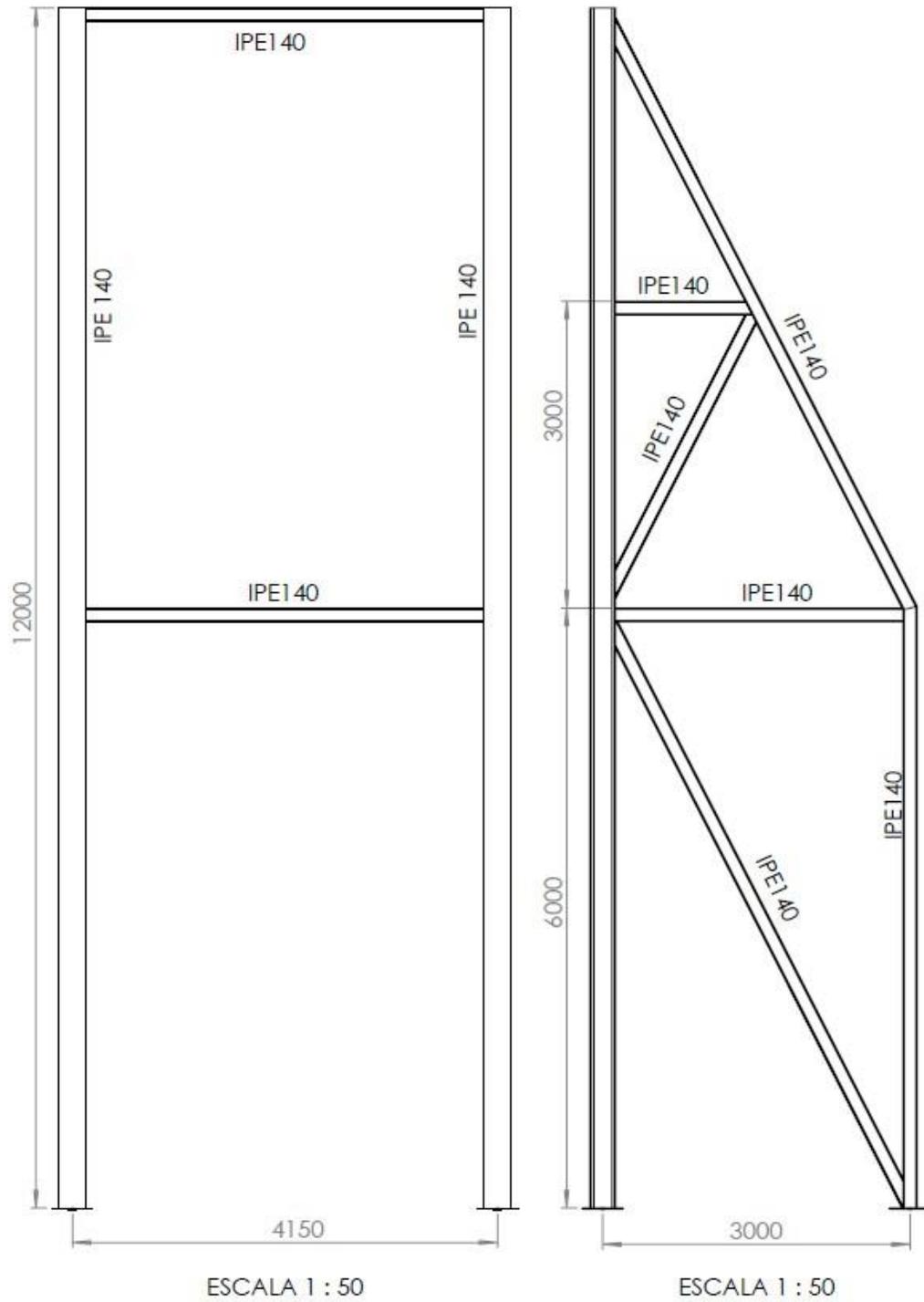
Riba, C. (2006). *Ingeniería Concurrente: Una metodología Integradora*. Monterrey.

Romoleroux, I. J. (2014). *Distancia entre muelle y Barcaza*. Guayaquil: -.

APÉNDICES

APÉNDICE A

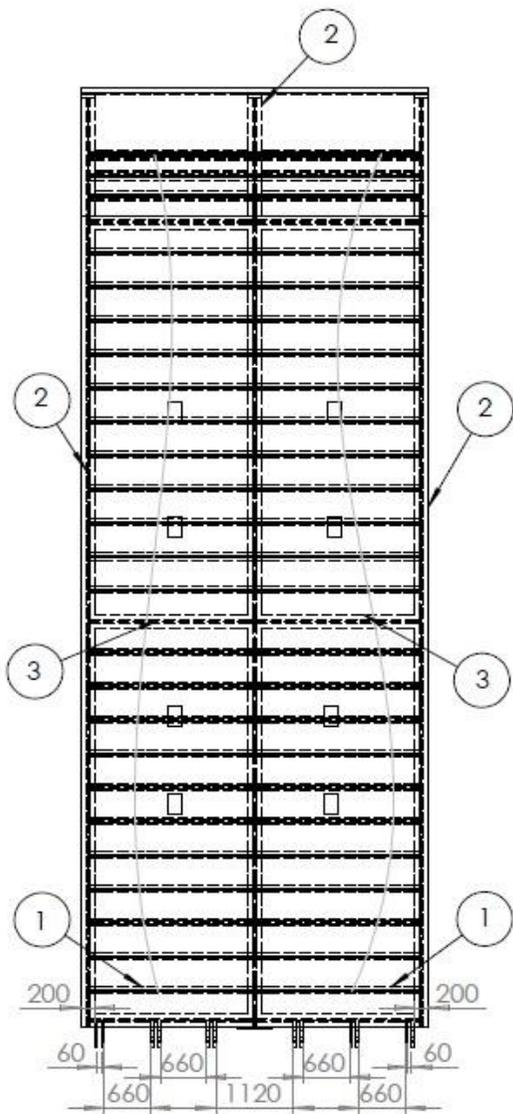
Planos Esquemáticos



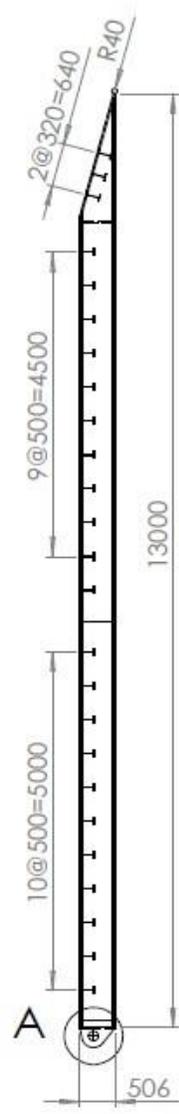
ESCALA 1 : 100

COD	DESCRIPCIÓN	LONG	CANT
1.1	IPE140	6585.22	2
1.2	IPE140	4142.5	2
1.3	IPE140	2805	2
1.4	IPE140	4145.3	1
1.5	IPE140	6510.56	2
1.6	PLACA	400x400	4
1.7	IPE140	6016.52	2
1.8	IPE140	3132.64	2
1.9	IPE140	1331.74	2
1.10	IPE 140	12000	2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN	0
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO: ESTRUCTURA SOPORTE		
VERIF.	EM					N.º DE DIBUJO PG-PA-001		
APROB.	EM					A3		
FABR.					MATERIAL: ASTM A-36	ESCALA: 1:2000		
CALID.					PESO:	HOJA 1 DE 1		

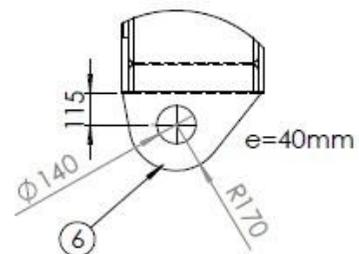
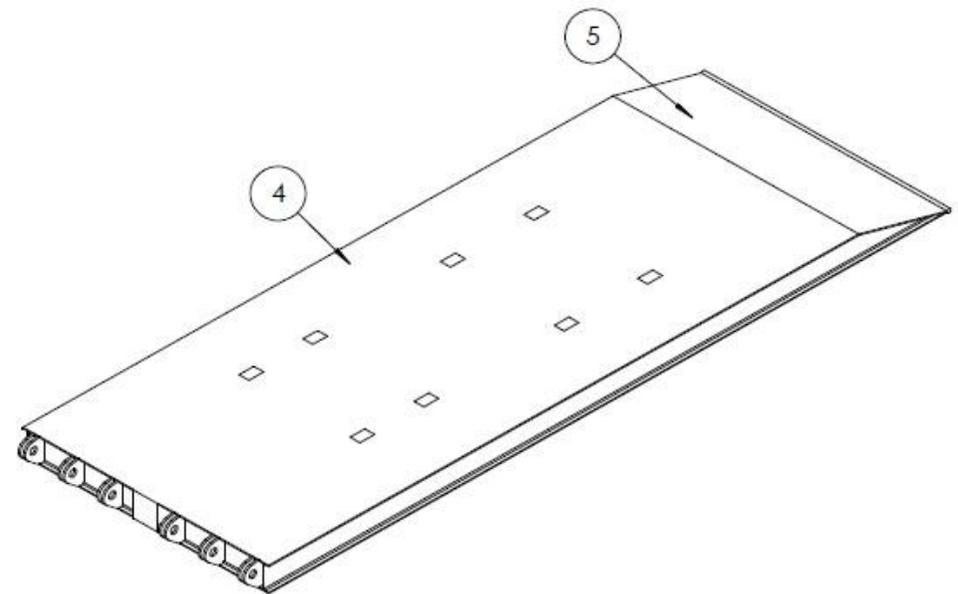


ESCALA 1 : 80



ESCALA 1 : 80

COD	DESCRIPCIÓN	LONG.	CANT
1	IPE220	2400	48
2	IPE500	13000	3
3	IPE500	2400	2
4	PL6x2400	12000	2
5	PL6x2400	1100	1
6	PL40x500	300	12



DETALLE A
ESCALA 1 : 20

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLENCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VVVVS	NO CAMBE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.	RX.JI.			PLATAFORMA ABATIBLE	
APROB.	EM			N.º DE DIBUJO	A3
FABR.				PG-PA-002	
CALID.			MATERIAL:	ESCALA:1:100	HOJA 1 DE 1
			ASTM-A36		
			PESO:		