

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Influencia de la carga de embarcaciones poteras en la
distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift
Sima Chimbote – 2017.**

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico Electricista**

Autor

Sánchez Cruz, Segundo Armando

Asesor – Código ORCID

Alva Julca, Ruber

Código 0000-0002-6206-278X

CHIMBOTE – PERÚ

2021

Palabras clave

Tema	Carga de embarcaciones
Especialidad	Ingeniería Mecánica Eléctrica

Keywords

Theme	Loading and / or overloading of vessels
Specialty	Electric mechanic engineering

Línea de investigación

Línea de investigación	Sector Mecánica
Área	Ingeniería, Tecnología
Sub-área	Ingeniería Mecánica
Disciplina	Ingeniería Mecánica

Influencia de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017

Resumen

La presente investigación tiene como finalidad de estudio optimizar la influencia de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017, planteamos como objetivo determinar el efecto de esfuerzos de las vigas principales y los Cables que sujetan la Plataforma Syncrolift debido a la carga que soporta y que simultáneamente con todos los equipos y la cama desarrollada suman 1 113 toneladas al momento de la operación de varado de estas embarcaciones.

La metodología de investigación es de carácter aplicada – descriptivo, de diseño no experimental y de corte transversal. Se realizó labores de campo en las instalaciones del Sima Chimbote Astillero S.A. analizando los reportes de cargas obtenidos de la cabina de control del Syncrolift la cual monitorea la carga distribuida sobre la estructura de acero y en los 14 winches que conforman en su totalidad el Syncrolift, la técnica utilizada será la observación sistemática y el análisis documental; ya que se analizarán los reportes de cargas y máximos esfuerzos de la viga principal por medio del software de diseño asistido por computadora SolidWorks y/o AutoCAD y los datos se procesarán con el software Microsoft office (Excel). Se pretende generar resultados que favorezcan y den seguridad en los trabajos que se realizan a diario en el Syncrolift, minimizando los costos por mantenimiento o reparación, que en este caso resultaría satisfactorio para la empresa Sima Chimbote Astillero S.A.

Según los resultados obtenidos de la investigación realizada, se llegó a la conclusión que al realizar el movimiento de la embarcación en estudio de su posición inicial en la plataforma, se minimizó de manera considerable exceso de cargas en los puntos con tonelajes elevados y se distribuyó de manera uniforme las cargas aplicadas, el estudio analítico de esfuerzos máximos y el cálculo de la deformación máxima a plena carga de la viga nos demuestra que el factor de seguridad con el que trabaja es aceptable, considerando que la fuerza aplicada sobre la viga en el proceso de varado no alcanzará mayores niveles, en el caso de que ocurra, la estructura soportará la carga, pero tendrá impactos negativos.

Abstract

The purpose of this research is to study and improve the influence of the load of potter boats on the distribution of the stranding/towing cradle in the Syncrolift Sima Chimbote – 2017, we propose to present and elaborate an analysis of the forces of the Main Beams and the Cables that raise the Syncrolift Platform with respect to the applied loads that these boats generate. at the time of the stranding/stripping operation.

The research methodology is applied – descriptive, non-experimental and cross-sectional. Field work was carried out at the Sima Chimbote Astillero S. A. facilities analyzing the load reports obtained from the control booth of the Syncrolift, which is located on the dock of this industrial plant and which monitors the load distributed on the steel structure and in the 14 winches that make up the whole of the Syncrolift, the technique used will be the systematic observation analysis and document analysis; as the reports of loads and maximum forces of the main beam will be analyzed using SolidWorks and/or AutoCAD computer-aided design software and the data will be processed with Microsoft office software (Excel). The aim is to generate results that promote and give security to the daily work carried out on the Syncrolift Platform, thus minimizing the risk of future cracks in the structure of the platform and in the cables, thus preventing its destruction. In addition, minimizing maintenance or repair costs, which in this case would be satisfactory for Sima Chimbote Astillero S. A.

The results obtained were that when the boat under study was moved on the platform, the points of excess tonnage were minimized and the loads applied were distributed homogeneously. The analytical study of maximum beam stresses shows us that the safety factor with which it works is acceptable, considering that the force applied to the beam during the stranding process does not reach It will have higher levels of loads, in the event that it happens, the structure will bear the load, but it will have negative impacts.

Índice

Palabras clave.....	i
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de figuras.....	vi
Índice de tablas.....	x
1. Introducción.....	1
2. Metodología.....	49
3. Resultados.....	52
4. Análisis y discusión.....	101
5. Conclusiones.....	105
6. Recomendaciones.....	108
7. Referencias bibliográficas.....	109
8. Agradecimiento.....	112
9. Anexos y apéndice.....	113

Índice de figuras

Figura 1	Plataforma Syncrolift e instalación de la cuna de varado.	8
Figura 2	Plataforma Syncrolift sumergida previo a la maniobra de varado.	9
Figura 3	Tambor de Arrollamiento, Motor Asíncrono y Caja Reductora.	11
Figura 4	Figura 4. Plataforma Syncrolift / disposición actual de los winches.	12
Figura 5	Freno trinquete con uña de retención del winche.	13
Figura 6	Disposición General de la Plataforma Syncrolift.	14
Figura 7	Estructura principal del cable.	16
Figura 8	Esquema del origen del esfuerzo de flexión.	19
Figura 9	Cable Operando en Condiciones Dinámicas.	21
Figura 10	Vista Frontal de Carro Cuna Tipo “E”.	23
Figura 11	Vista Lateral de Carros Cuna unidos con pasador de acero.	23
Figura 12	Pasador de Acero.	23
Figura 13	Vista de Planta – Cuna de Varado sobre la Plataforma Syncrolift.	24
Figura 14	Vista de Elevación – Embarcación Potera sobre Cuna de Varado.	24
Figura 15	Cuna de varado.	25
Figura 16	Calzo Lateral y Calzo de Quilla.	25
Figura 17	Calzos Laterales de Cuna de Varado.	26
Figura 18	Procedimiento de Varado - Embarcación Potera.	28
Figura 19	Viga Principal.	29

Figura 20_Diagrama Tensión vs Deformación del Acero ASTM 572.	31
Figura 21_Vista de Elevación de la Viga Principal.	33
Figura 22_Tipos de Apoyos en un Viga.	33
Figura 23_Viga Simplemente Apoyada.	34
Figura 24_Viga en Voladizo.	35
Figura 25_Viga con Voladizo.	35
Figura 26_Viga Contínua.	36
Figura 27_Viga sin Carga.	36
Figura 28_Viga con Carga Uniformemente Distribuida.	37
Figura 29_Viga con Carga Variable.	38
Figura 30_Viga con Par o Torsión.	38
Figura 31_Viga sometida a Esfuerzos Transversales.	40
Figura 32_Diagrama de Cuerpo libre de una Viga sometida a Flexión.	41
Figura 33_Viga Sometida a Flexión.	42
Figura 34_Plano Neutro (Eje Neutro).	42
Figura 35_Distribución de Esfuerzos en la Viga.	43
Figura 36_Secc. Trans. típicas en Vigas doblemente simétricas	44
Figura 37_Diagrama Carga – Desplaz. respecto a una Viga sometida a Flexión ..	45
Figura 38_Posición de embarcación en estado actual.	52
Figura 39_Registro de cargas distribuidas en los winches.	53

Figura 40	Línea de tendencia polin. a plena carga en los winches lado "A"	54
Figura 41	Línea de tendencia polin. a plena carga en los winches lado "B"	55
Figura 42	Monitoreo de cargas en la pantalla de control del Syncrolift.	56
Figura 43	Vista frontal de viga principal sometida a flexión.....	57
Figura 44	Viga estáticamente determinada sometida al estado de carga.	58
Figura 45	Diagrama de cuerpo libre de viga principal.....	59
Figura 46	Reacciones verticales en la viga principal.	60
Figura 47	Cálculo de las reacciones en SolidWorks.....	60
Figura 48	Diagrama de fuerza cortante y momento flector en la viga principal...	65
Figura 49	Sección transversal de la viga principal.....	66
Figura 50	Localización del eje neutro y centroide de la sección.	66
Figura 51	Mom. Inercia/ubic.centroide de sección con AutoCAD.....	69
Figura 52	Distribución de esfuerzos sobre la sección de la viga principal.	70
Figura 53	Distancia "C" en la sección de la viga principal.....	70
Figura 54	Esfuerzo de compresión y tensión.	71
Figura 55	Diagrama de esfuerzo - deformación del acero.	73
Figura 56	Deformación Unitaria con programa SolidWorks.	74
Figura 57	Deformación Unitaria Real con programa SolidWorks.....	74
Figura 58	Viga estáticamente determinada sometida al estado de carga ideal.	76
Figura 59	Diagrama de cuerpo libre ideal de viga principal.....	76

Figura 60_Reacciones verticales en la viga principal.	77
Figura 61_Cálculo del desplazamiento con el programa SolidWorks.	82
Figura 62_Zona de máxima carga.	82
Figura 63_Desplazamiento hacia mar de embarcación potera en el Syncrolift.	87
Figura 64_Registro de cargas mejoradas en los winches del Syncrolift.	87
Figura 65_Línea de tend. Polin. de cargas ideales en los winches lado "A".	88
Figura 66_Línea de tend. Polin. de cargas ideales en los winches lado "B".	89
Figura 67_Monitoreo de cargas ideales en la pantalla de control del Syncrolift. ...	90
Figura 68_Viga estáticamente determinada sometida al estado de carga ideal.	91
Figura 69_Diagrama de cuerpo libre ideal de viga principal.	91
Figura 70_Reacciones verticales ideales en la viga principal.	93
Figura 71_Diagrama de fuerza cortante y momento flector ideal.	97

Índice de tablas

Tabla 1_Características generales del Syncrolift	9
Tabla 2_Caract. de los motores de los motores de los winches del Syncrolift	10
Tabla 3 Winche Syncrolift de 135 t	15
Tabla 4_Winche Syncrolift de 180 t	16
Tabla 5_Propiedades útiles de los cables de acero.....	20
Tabla 6_Composición Química del Acero ASTM 572 GRADO 50.....	30
Tabla 7_Propiedades Mecánicas del Acero ASTM 572 GRADO 50.....	311
Tabla 8_Instalación y/o Cambio de las Vigas Principales.....	322
Tabla 9 Operac. de variable “Cargas de Embarcaciones Poteras”.....	46
Tabla 10_Operac. de variable “Distrib. de la cuna de varado/desvarado”.....	47
Tabla 11_Registro de distancia - cargas en los winches lado "A"......	533
Tabla 12_Registro de distancia - cargas en los winches lado "B".	544
Tabla 13_Registro de distancia - cargas ideales en los winches lado "A"......	888
Tabla 14_Registro de distancia – cargas ideales en los winches lado "B".	899

1. Introducción

En el presente trabajo de investigación presentamos una propuesta de aplicación que tiene como finalidad el mejoramiento y estudio de la Influencia de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de los tonelajes en la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017.

Para desarrollar la presente tesis se ha consultado una diversidad de fuentes de información pertinente, tanto en forma local, nacional e internacional, de lo que se ha podido recabar los siguientes trabajos de investigación como antecedentes para consulta y análisis de nuestro estudio.

Padilla Vasquez (2018). En su tesis “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Carro Varal utilizado en la Maniobra de Varado de Barcos para Incrementar la Productividad en el Astillero Varadero Construcciones A. Maggiolo S.A Callao - 2018”. Tuvo el objetivo diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo para mejorar la productividad del Carro varal Utilizado en el área de maniobras de varados y desvarados de embarcaciones navales en el Astillero Varadero Construcciones A. Maggiolo S.A Callao 2018, Investigación que se realizó mediante la inspección de los equipos y componentes Estructurales y mecánicas que componen el carro varal mediante el método Check list y la revisión del programa de mantenimiento preventivo según la inspección realizada, contando con una frecuencias de toma de datos de mantenimiento: semanal . La metodología de estudio fue de tipo aplicada, de diseño cuasi experimental. La población estuvo conformada por 28 Semanas de producción de maniobra de varados en Astillero Varadero Construcciones A. Maggiolo S.A, La muestra que se tomo es igual a la población. La técnica realizada fue la de observación y el instrumento la ficha de observación, la validación se realizó a través de juicio de expertos. Para el análisis de datos se utilizó el software SPSS versión 22 en el que se realizó análisis descriptivo e inferencial. La prueba de normalidad utilizada fue Shapiro-Wilk ya que la muestra es menor a 30, donde el nivel de significancia fue menor a 0.05 se descarta la hipótesis nula, es decir la variable no sigue una distribución normal, es una variable no paramétrica., se realizó

la contrastación de hipótesis mediante Wilcoxon, obteniendo un valor $p=0.000$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador. Se concluye que la productividad tuvo un incremento en 18.01%.

Fernández Barranco (2016), en su tesis “Diseño y cálculo de un elevador de embarcaciones náuticas”, trata el cálculo, diseño y verificación de un elevador de embarcaciones náuticas implementado en el mismo muelle. Mediante un estudio de campo realizado con los datos obtenidos de la Federación Española de Puertos Deportivos y Turísticos, y del puerto deportivo Port Ginesta, se opta por el diseño de un elevador para veleros con una eslora de hasta 12 m, aproximadamente. A partir de la instrucción de Acero Estructural y de la instrucción IAP, se calculan las acciones que afectan a la estructura, creando unas combinaciones para las diferentes cargas que se aplican. Propone un mecanismo de apoyo que permite adaptar las superficies de contacto del elevador a una gran variedad de formas del casco. Realiza un estudio mediante la normativa de estructuras Off-shore de Germanischer Lloyd, el software selector de materiales CES Edupack y datos de otros tipos de elevador, consigue obtener un material que trabaja correctamente en ambientes tan corrosivos como el medio marino. Conocidas las cargas que afectan a la estructura y el método de apoyo, procede al dimensionamiento de la misma acudiendo al uso del programa informático Autodesk Robot Structural Analysis. Mediante un proceso iterativo, se obtiene un modelo de elevador que cumple con los requisitos estructurales.

Meza Cabrera & Ortega García (2015). En su trabajo de grado “Propuesta técnico económica para mejorar los carros de transferencia de astinave E.P.”. Cuyo propósito es realizar una propuesta técnico económica para mejorar los carros de transferencia de Astinave EP., En primer lugar, hacen un análisis global teórico de las actividades que la realiza la empresa, seguido de un análisis de buques que han realizado su carenamiento y de los posibles clientes que podrán hacerlo. Luego determinan el cálculo y diseño de 02 carros de transferencia, tabulando todas las fuerzas que intervienen, con la finalidad de realizar un análisis de cada uno de los elementos que componen las estructura propuesta, por medio de cálculos y diseño seleccionan los perfiles adecuados que soporten la carga distribuida de la embarcación,

y con el análisis realizado se considerará los esfuerzos determinados en los cálculos anteriores, para establecer un excelente diseño y la comparación con los actuales carros de transferencia, de esta forma se garantiza tener un diseño óptimo y un análisis comparativo preciso. Finalmente identifican los diversos conceptos, factores y cálculos para la elaboración de costos unitarios.

Morán Bermúdez (2014). En su tesis “Análisis de la implementación de brazos hidráulicos en la plataforma de varamiento de astinave”. Concluye que cada embarcación tiene su plano de varamiento de acuerdo a las formas del casco y a la distribución de pesos, y cada astillero o varadero que desee varar una embarcación debe modificar o adaptar su estándar de cuna de varado al Plano de Varamiento ya establecido; estas modificaciones o adaptaciones determinan el tiempo de la maniobra, cantidad de gente y recursos a utilizar, y la seguridad de las maniobras. En la empresa Astinave en el año 2011 posterior a la ampliación en capacidad de la plataforma de varado de 400 toneladas a 700 toneladas, se tuvo la necesidad desvarar embarcaciones construidas en el Astillero con calados sobre los 12 pies; este hecho generó que se piense en las posteriores maniobras, es decir, maniobras de varado de estas mismas embarcaciones, con resultados satisfactorios.

Rodríguez Ybañez (2016). En su tesis “Programa de Mantenimiento para la Plataforma Syncrolift en SIMA Astilleros – Chimbote”. Cuyo objetivo fue plantear un programa de mantenimiento preventivo que permita corregir deficiencias en su operación de varado y desvarado de las embarcaciones, así como paradas intempestivas en las operaciones mencionadas, que ocasionan grandes pérdidas. Para elaborar el Plan de Mantenimiento, primero se realizó una descripción de las características correspondientes a cada componente. Luego de ello, se describió el estado actual de tales componentes. Finalmente, se elaboró el Plan respectivo, con el cronograma y el detalle de las actividades a ejecutar. El presente trabajo fue realizado en las instalaciones de SIMA Astilleros - Chimbote. Concluye en la elaboración de un Plan de Mantenimiento para cada uno de los tres componentes de la plataforma Syncrolift como son: la estructura metálica de la plataforma, los winches y los motores eléctricos. El plan de mantenimiento consistió en cambiar las vigas y rieles con

defectos, así como realizar el pintado de las mismas. Respecto a los winches, se planteó una limpieza y lubricación de los cables de acero, así como el cambio de aceite de transmisión y cambio de los cables de acero con fallas. Para los motores eléctricos se planteó la limpieza y revisión del tablero de control, así como el barnizado de las bobinas, cambio de rodajes, cambio de conectores y empalmes.

Álvarez Liñan & Mateos Carrión (2014). En su Proyecto final de carrera “Diseño y comparación de dos sistemas de varada: Sincrolift y Travelift”. El proyecto trata de profundizar las estructuras metálicas de dos sistemas distintos de puesta en seco de embarcaciones, y que actualmente se emplean en la mayoría de puertos deportivos de cierta envergadura. Durante este proyecto se pretende adquirir una visión más global de todo el proceso de diseño asociado a estas estructuras, (especificaciones previas, normativa, estudio de casos, dimensionado etc.). Asimismo, los objetivos de este Proyecto Final de Carrera es la de diseñar sendas estructuras (Sincrolift y Travelift) y comprobar que cumplen con las hipótesis. A su vez proponen mejoras a los diseños originales, sin variar el funcionamiento de los aparatos. El alcance de este proyecto se limita a los aspectos más importantes del cálculo estructural.

Churampi - Román (2013). En su tesis “Análisis computacional para mejorar operación de varado y desvarado de plataforma Sincrolift SIMA – Chimbote”. Tiene como objetivo principal aumentar la capacidad de izaje de la plataforma del Sincrolift, empleada para varar/desvarar embarcaciones, de la empresa Servicios Industriales de la Marina (Perú) en Chimbote. Para ello hizo estudios computarizados usando software de modelación sólida que acompañados por un análisis de elementos finitos permite encontrar y recomendar reforzar las zonas críticas donde los esfuerzos y deformaciones elevados se presentaron. Finalmente, la investigación contribuye a mostrar como una metodología de análisis en ingeniería ayuda a tomar una decisión técnico-económica, es decir, mantenerlo, mejorarlo o cambiarlo.

Añazgo (1986). En su tesis “Diseño y fabricación de una plataforma de 1000 T de capacidad nominal de carga para varado y lanzamiento de embarcaciones”. Tiene como objetivo principal aumentar la capacidad de izaje de embarcaciones pesqueras hasta 1000 T, construidos en PICSA ASTILLEROS S.A. Se dan además pautas para la fabricación, montaje, operación, mantenimiento, para lo cual se ha tomado en consideración la experiencia. Como parte final incluimos un breve análisis económico, como guía para evaluaciones similares. La carga máxima considerada es de 1000 T, con desplazamiento de aproximadamente 1500 TM en condiciones de varado a lanzamiento. Cabe señalar que depende del calzado y ubicación del barco pesquero que en la plataforma para que haya una correcta distribución de la carga en los winches. Se diseña la estructura metálica y elementos complementarios, esto se realiza por resistencia y se verifica por deflexión y además se compara con casos reales. El desplazamiento, carga y estabilidad en las condiciones de operación. Luego de analizados los puntos anteriores y de ser factible, se procede a la operación, calzando adecuadamente a la embarcación, de tal forma que no se sobrecargue ni a los winches ni a la plataforma. Presenta un análisis económico para la fabricación y montaje de la plataforma, además indica los costos de la implementación de un varadero tipo ascensor, incluyendo winches, sistema eléctrico y sistema de aire comprimido.

La elaboración de esta investigación tiene por objetivo fundamental determinar el efecto de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017, en base a ello demostrar la importancia que tiene la evaluación de parámetros de cargas sobre el Syncrolift, en tal sentido la justificación se propone en los siguientes ámbitos:

Los motivos que me llevaron a investigar la influencia de cargas y el análisis de esfuerzos máximos a los que están sometidos la estructura de la Plataforma Syncrolift Sima Chimbote, se centran en que con este tipo de embarcaciones la plataforma expone al máximo su función y capacidad de izaje, pretendo entonces proporcionar información valida, confiable y oportuna contribuyendo de esta manera al mejor desarrollo de las actividades de varado/desvarado de embarcaciones en los Servicios Industriales de la Marina, generando conocimientos que ayuden a mejorar la

calidad del servicio en la industria naval y dando una actitud de mejora continua dentro de las instalaciones de la institución antes mencionada.

La implementación de este estudio contribuye a mostrar como una metodología de análisis detallado de datos nos da un aporte tecnológico en beneficio del Astillero Sima Chimbote, dado que la ciencia avanza con el pasar de los años y se busca la aplicación de nuevas tecnologías para tener una mejor herramienta que permita diagnosticar el estado óptimo de la plataforma Syncrolift y realizar las actividades de varado/desvarado de las embarcaciones nacionales y extranjeras de la manera más segura y eficaz.

Con este estudio se estima la reducción en el costo de mantenimiento, materiales, equipamiento, disminución de fallas y anomalías en el Syncrolift a mediano y largo plazo, evitar el nivel de contaminación por derrames en la corteza marítima, minimización de accidentes laborales, aumento de la productividad empresarial, generando puestos de trabajo en la industria naval, mantenimiento, reparación, metalmecánica y operadores.

Para lograr los objetivos de estudio, aplicaremos un proceso metodológico ordenado y sistematizado, utilizaremos técnicas de investigación no experimental – transversal orientado al análisis y recolección de datos de los esfuerzos máximos a la que está sometida las vigas principales y los winches que izan la Plataforma Syncrolift respectivamente a consecuencia del desplazamiento de cargas en la cuna de varado, determinando en ambas variables los procedimientos para la jerarquización de los factores descriptivos y aplicativos.

Debido al crecimiento de la demanda en la industria naval respecto a la reparación y mantenimiento de embarcaciones nacionales e internacionales en las instalaciones del Astillero Sima Chimbote S.A., y al constante funcionamiento de la Plataforma Syncrolift, se está haciendo cada vez más evidente las deficiencias de la estructura que lo conforman, de manera que al no tener un estudio y análisis de esfuerzos máximos a la que están sometidos las estructura de acero y los winches que

izan la Plataforma respectivamente, es necesario el mejoramiento en la operación de varado y desvarado dentro de las instalaciones de la institución ya mencionada.

Por lo tanto, nos planteamos la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el efecto de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017?

Presentamos ahora la fundamentación teórica relacionada con el trabajo de investigación:

1.1. Syncrolift

El Sincroelevador es prácticamente un ascensor con una capacidad de elevación de 1200 toneladas y una velocidad de 1 pie/minuto aproximadamente. Al momento de la ejecución de puesta a tierra de la embarcación, se posiciona la cuna de varado en la plataforma asegurada por cadenas y pasadores (barras de acero), luego se baja verticalmente en el mar hasta una cierta profundidad, una vez alcanzada la profundidad requerida de acuerdo al calado del buque, se sitúa a la embarcación por encima de la plataforma y la cuna de varado que se encuentran sumergidas, para luego ser elevada verticalmente sobre la superficie del agua por medio de cables de suspensión que son accionados por winches con capacidad de máxima de 135 T y 180 T, hasta que estén por encima de la superficie marítima y al nivel del muelle para ser trasladado al área de trabajo del Astillero Sima Chimbote S.A. (Churampi - Román , 2013, pág. 15, pp. 15).

El sentido opuesto del procedimiento descrito anteriormente, se emplea para el desvarado o puesta al mar del buque.

La estructura de la plataforma consta de un conjunto de vigas principales, transversales y auxiliares de acero estructural ASTM 572 GRADO 50, las 07 vigas principales contienen en sus extremos poleas por donde pasan los cables que descenden y elevan la plataforma. Las vigas principales son las que soportan todo el peso del barco. Cada viga principal esta sujeta en los extremos por los cables de acero de 1 1/4 pulg. o de 1 3/8 pulg. respectivamente y accionados por los winches de

135 T y 180 T. los motores de los winches son asíncronos y su velocidad constante nos asegura que las vigas se mantengan en un plano durante el movimiento de subida y bajada de la plataforma. La capacidad de elevación total del Syncrolift se logra mediante estas vigas principales, siendo esta 1200 toneladas.

Se consigue un buen soporte de la quilla del buque instalando vigas transversales centrales entre las vigas principales. Las vigas transversales centrales están soportadas por vigas longitudinales y las vigas longitudinales están soportadas en cada extremo por conexiones flexibles tipo pasador sobre la viga principal. De esta forma, cada viga principal mantiene su propia capacidad de levantamiento independiente. (Añazgo Miranda, 1986, pp. 12 – 17).

Este mecanismo de izaje sincronizado de la Plataforma Syncrolift permite que el astillero Sima Chimbote S.A. brinde servicios de construcción, reparación y mantenimiento de embarcaciones nacionales y extranjeras de manera segura y eficaz.

Figura 1

Plataforma Syncrolift e instalación de la cuna de varado. (SIMA., 2021).



Figura 2

Plataforma Syncrolift sumergida previo a la maniobra de varado.



En el año 2010 se realizó la ampliación de la Plataforma Syncrolift incrementando su capacidad de izaje cuyas características principales de estas dos Plataformas son las siguientes:

Tabla 1
Características generales del Syncrolift

Características generales del Syncrolift	
Capacidad nominal	1200 t
Velocidad de izaje	1 pies/min
longitud	76 m
Ancho	13 m
Profundidad de la plataforma sobre la cubierta	1, 829 m
Recorrido vertical	27 pies
Nº de winches	14
Potencia del motor del winche	22,5 – 20 HP
Voltaje y frecuencia de los motores	440 v, 60 – 31,3 Hz, 3Ø
Voltaje de control	115 V.

Tamaño, construcción y resistencia a la rotura mínima de los cables de acero	1 1/4" y 1 3/8" x 6 x 36 hilos Sear Filler wire, con nucleó de acero independiente I. W. R. C. trenzado <i>Lang</i> .
--	---

Fuente: Adaptado de manual de operaciones y funciones del Syncrolift, de SIMA PERÚ – Servicios Industriales de la Marina – Chimbote, SIMA., 2020, s/p, Chimbote/Perú.

Tabla 2

Características de los motores de los motores de los winches del Syncrolift

	Modelo A (135 t)	Modelo B (180 t)
Potencia del motor por winche	25 hp	20 hp
Torque de freno del motor	100 lb/pie	120 lb/pie
Alimentación del motor	460 Vac	460 Vac
Corriente del motor a plena carga	29.7 A	23,8 A
Frecuencia de trabajo	31,2 Hz	60 Hz
Velocidad de levante	1 pie/min	1 pie/min
Capacidad nominal de levante del winche	135 ton	180 ton
Cantidad	4	10

Fuente: Adaptado de manual de operaciones y funciones del Syncrolift, de SIMA PERÚ – Servicios Industriales de la Marina – Chimbote, SIMA., 2020, s/p, Chimbote/Perú.

1.1.1. Winches

Los winches, 14 en total, están divididos en 10 de 180 toneladas y 4 de 135 toneladas; los cuales están instalados sobre el muelle, la mitad a la mano izquierda y la otra mitad a la mano derecha. Cada winche es accionado por un motor eléctrico de diseño especial. Este motor está conectado por medio de un cople flexible y de engranajes de reducción a un tambor para el arrollamiento del cable de acero.

El tambor de arrollamiento impulsa un sistema de cables de acero en tiras múltiples el cual va arrollado en poleas montadas sobre el winche y sobre las vigas principales de la plataforma.

Figura 3

Tambor de Arrollamiento, Motor Asíncrono y Caja Reductora.



El conjunto total de winches funcionan exactamente a misma velocidad ($3.5 \text{ cm/minuto} = 1 \text{ pie/minuto}$) independientemente de la variación de carga de winche a winche debido a la distribución dispareja del peso del buque. Todos los motores están interconectados y controlados desde el panel de control.

Figura 4

Figura 4. Plataforma Syncrolift / disposición actual de los winches.



Fuente: Tesis Análisis Computacional para mejorar Operación de varado y desvarado de Plataforma Syncrolift Sima - Chimbote. (Churampi - Román, 2013, p. 17).

Todos los winche tienen dos dispositivos de frenado:

- Freno de disco magnético integrado en el motor
- Trinquete con uña de retención sujeto en el tambor del winche.

El freno de disco magnético acoplado al motor es el medio habitual para suspender el movimiento vertical de descenso o subida de la plataforma y mantenerla detenida.

El trinquete con uña de retención aporta seguridad contra el deslizamiento del freno de disco y nos permite desmontar el conjunto del freno del motor y engranajes para el mantenimiento respectivo.

Cuando se desciende la plataforma, las uñas de retención son automáticamente retirados de los trinquetes al suministrar aire comprimido hacia los cilindros neumáticos de los trinquetes. En todas las demás condiciones de funcionamiento, los cilindros son descomprimidos automáticamente y las uñas de

retención permanecen en contacto con los trinquetes por medio de los resortes instalados en el interior del cilindro neumático. (Añazgo Miranda, 1986, pp 13 – 15).

Figura 5

Freno trinquete con uña de retención del winche.



Fuente: Tesis Análisis Computacional para mejorar Operación de varado y desvarado de Plataforma Syncrolift Sima - Chimbote. (Churampi - Román, 2013, p. 18).

1.1.2. Plataforma

La plataforma consta de elementos de acero estructural ASTM 572 GRADO 50 con cubiertas de tabloncillos tipo lagarto caspi ubicados en áreas específicas sobre la estructura de acero. Las 07 vigas principales están soportadas en sus extremos por dos winches de 135 T o de 180 T respectivamente.

La capacidad máxima de elevación de la Plataforma Syncrolift se consigue por medio de estas vigas principales, las cuales soportan el peso del buque.

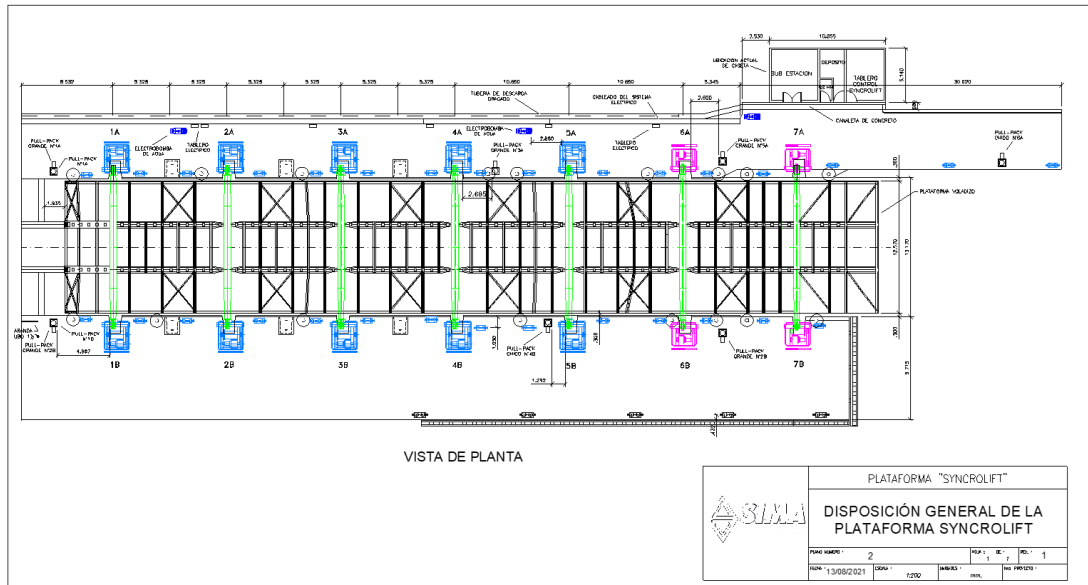
Las vigas transversales centrales están soportadas por vigas longitudinales y estas están soportadas en ambos extremos por conexiones flexibles tipo pasador sobre la viga principal. De esta manera, cada viga principal conserva su propia capacidad de elevación de carga.

La conexión tipo pasador elimina la posibilidad de tensionar los cables de acero de los winches. Esta compensación automática de la tensión de los cables se logra mediante el uso de interruptores de fin de carrera que detienen los winches cuando las

vigas principales alcanzan un nivel predeterminado. Las vigas principales siempre retornan al nivel preestablecido original, incluso si la longitud del cable varía durante la operación de elevación. (Añazgo Miranda, 1986, pp. 15 – 17).

Figura 6

Disposición General de la Plataforma Syncrolift.



1.1.3. Cables de Acero

Compuesto por el conjunto total de torones enrollados alrededor del núcleo central. Se caracterizan por el diámetro, construcción (número de torones y alambres), tipo de alma, grado de alambre, tipo de lubricante, dirección del cableado (regular o cruzado, derecha o izquierda (RD, RL, LD o LI)) y acabados opcionales (martillado, inyección de plástico, etc.). (Prado Souza, 2016, pp. 14).

Los cables de acero de los winches de la Plataforma Syncrolift están especialmente fabricados para ser usado en ambientes marinos y trabajar de manera dinámica, es decir, los cables estarán sometidos a cargas variables, recorrerá poleas y serán enrollados en un tambor.

La resistencia a la rotura (S_u) de los cables Syncrolift es mayor que cualquier otro tipo de cable del mismo diámetro en la práctica comercial. Este cable está etiquetado como "Cable de acero Syncrolift con núcleo de acero independiente".

Todo este cable está hecho de alambre galvanizado especialmente trefilado, lo que lo convierte en un cable con excelente resistencia, tenacidad y resistente a la corrosión.

Todos los cables cuentan con un socket del tipo abierto colocado en un extremo. El método de montaje utilizado para la fijación de los sockets resulta en un montaje que tiene garantizado el 100% de la resistencia a la rotura (Su) del cable. (Añazgo Miranda, 1986, p. 17 – 18).

Según (Churampi - Román , 2013): “Una muestra de cada lote de cable usado para la preparación de los cables de los winches del Syncrolift ha sido probada a la tracción hasta la rotura, certificando así un óptimo desempeño de los cables” (p. 23).

Según (Rodríguez Ybañez, 2016): “Sima Astilleros Chimbote cuenta con 04 winches de 135 t de 25 HP/1800 rpm y 10 winches de 180 t de 22.50 HP/1800 rpm, cuyas características se mencionan a continuación”: (p. 52).

Tabla 3

Winche Syncrolift de 135 t

CARACTERÍSTICAS DE WINCHE SYNCROLIFT DE 135 T

Capacidad de carga nominal	135 t
Cable de acero	1 1/4” x 6 x 36 HILOS Long. 70 m, SOCKET CROSBY G – 416
Sensor de peso	LOAD PIN TRANSDUCER 9PK – 1249
Capacidad de carga del PIN	90 000 lbs
Resistencia máxima a la rotura	90 toneladas

Fuente: Tesis Programa de Mantenimiento para la Plataforma Syncrolift en Sima Astilleros - Chimbote. (Rodríguez Ybañez, 2016).

Tabla 4
Winche Syncrolift de 180 t

CARACTERÍSTICAS DE WINCHE SYNCROLIFT DE 180 T

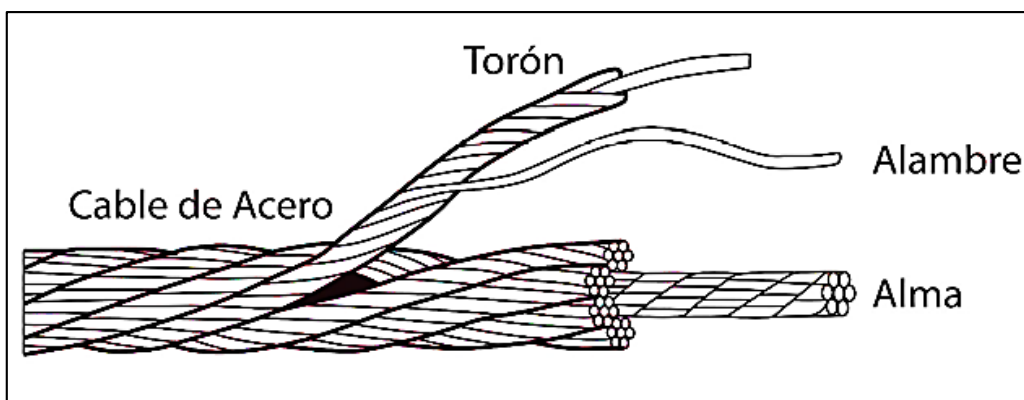
Capacidad de carga nominal	180 t
Cable de acero	1 3/8" x 6 x 36 HILOS Long. 100 m, SOCKET CROSBY G – 416
Sensor de peso	LOAD PIN TRANSDUCER 9PK – 1249
Capacidad de carga del PIN	90 000 lbs
Resistencia máxima a la rotura	120 toneladas

Fuente: Tesis Programa de Mantenimiento para la Plataforma Syncrolift en Sima Astilleros - Chimbote. (Rodríguez Ybañez, 2016).

Un cable metálico se define como una especie de maquina simple formada por una serie de elementos que transmiten fuerza, movimiento y energía entre dos puntos de una manera particular para lograr un determinado objetivo. La figura 7 muestra los componentes que definen la estructura del cable. (Prado Souza, 2016, pp 13).

Figura 7

Estructura principal del cable.



Fuente: (Prado Souza, 2016).

1.1.3.1. Alambre de acero

El alambre es el componente básico de un cable. Fabricado en acero con alto contenido de carbono. Los alambres son torcidos de manera helicoidal (en espiral) para formar los torones.

1.1.3.2. Torones

Los torones consisten en un gran número de alambres (23 alambres el torón del cable Syncrolift) retorcidos de manera helicoidal alrededor de un alambre central y dispuestos en una o más capas. Cada configuración de cantidad y disposición de alambres se denomina construcción. La construcción de cables más comunes son Seal, Warrington, Warrington Seal y Filler Seal, distinguiéndose por el número de alambres, el número de capas, el diámetro y la disposición de alambres. Las diferentes estructuras tienen diferentes propiedades mecánicas.

1.1.3.3. Alma o cetro del cable

El alma es el eje central, alrededor del alma se disponen los torones. Su función es actuar como base del cable, manteniendo su redondez, resistiendo la presión de los torones y manteniendo el espaciado correcto entre torones. Hay dos tipos de almas: fibra (natural o sintética) y acero (de distintas construcciones, incluido el plástico extruido).

1.1.3.4. Esfuerzos del cable

Los cables que operan en aplicaciones dinámicas, es decir, cables que pasan a través de poleas, o enrollados alrededor de un tambor, se fatigan principalmente por tres tensiones o esfuerzos repetidos:

- Esfuerzo de tracción o tensión
- Esfuerzo de flexión
- Esfuerzo de contacto

Los esfuerzos de contacto provocan desgaste y deformación de la superficie de los alambres, lo que imposibilita realizar el cálculo de la vida útil del cable.

1.1.3.4.1. Esfuerzo de Tracción

Esto ocurre cuando el cable se somete a una carga axial. Mientras el cable se mantenga estático, el esfuerzo de tracción se define con la ecuación:

$$\sigma_o = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Donde:

σ_o = esfuerzo de tracción estático (Mpa)

F = fuerza estática o carga en el cable (kN)

A = sección metálica del cable (mm)

1.1.3.4.2. Esfuerzos de Flexión

Cuando un cable trabaja alrededor de una polea hay reajustes de elementos. Cada alambre y cada torón deben deslizarse uno contra el otro, lo que provoca flexión individual. Es posible que se concentre algún esfuerzo en este acto complejo. El esfuerzo de flexión en uno de los alambres del cable que pasa alrededor de una polea se puede calcular de la siguiente manera. De la mecánica de sólidos se tiene:

$$M = \frac{E \cdot I}{\rho} \quad \text{y} \quad M = \frac{\sigma \cdot I}{c}$$

Donde las cantidades tienen el significado habitual. Eliminando M y despejando para el esfuerzo, se tiene:

$$\sigma = \frac{E \cdot c}{\rho}$$

El radio de la polea $D/2$ se reemplaza por el radio de curvatura. Además, $c = d_w / 2$, donde d_w es el diámetro del alambre. Estas sustituciones nos dan la ecuación:

$$\sigma = E_r * \frac{d_w}{D} \quad (2)$$

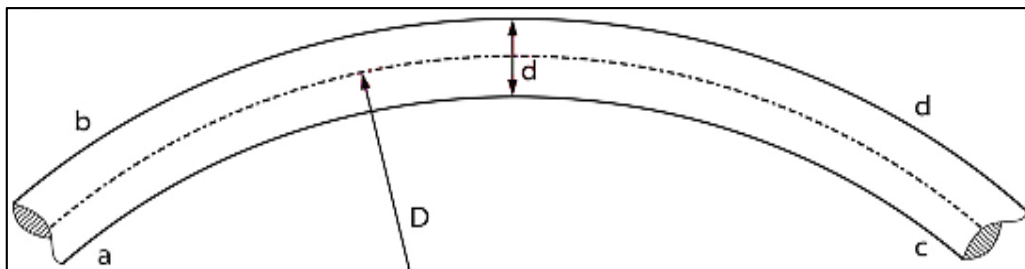
Donde:

E_r = Módulo de elasticidad del cable

La figura 8 nos muestra un cable con un diámetro “d” que se flecta con un diámetro de curvatura D. como se puede ver en la figura 8, la sección a–c es más corta que la sección b–d. El alargamiento unitario “i” de la fibra b–d se define como la variación de la longitud de la fibra con respecto a su longitud original, como se muestra en la ecuación:

Figura 8

Esquema del origen del esfuerzo de flexión.



Fuente: (Prado Souza, 2016).

$$i = \frac{L_{final} - L_{inicial}}{L_{inicial}} = \frac{\pi * (D + d_w) - \pi * D}{\pi * D} = \frac{d_w}{D} \quad (3)$$

Donde:

i = alargamiento unitario

L_{final} = largo final de la fibra (m)

$L_{inicial}$ = largo inicial de la fibra (m)

d_w = diámetro del alambre (mm)

D = diámetro de la polea (mm)

La elasticidad del cable es mayor que la elasticidad del alambre debido al efecto hélice que experimentan los alambres por el torcido y los torones por el cerrado. Por tanto, al calcular el esfuerzo que provoca el alargamiento de las fibras del cable por flexión, se debe tener en cuenta el módulo de elasticidad del cable, como se muestra en la ecuación:

$$\sigma_f = E_r * i = E_r * \frac{d_w}{D} \quad (4)$$

Donde:

σ_f = esfuerzo de flexión (MPa)

E_r = Modulo de elasticidad del cable (MPa)

La flexión máxima se produce cuando el alambre pasa cerca del núcleo del cable. La relación mínima permitida entre el diámetro de la polea y el diámetro del alambre exterior es 400, pero si la instalación lo permite y alarga la vida útil del cable, se recomienda trabajar con una relación entre 800 y 1000.

Dependiendo de la estructura y el diámetro del cable, los fabricantes proporcionan el diámetro mínimo recomendado para la polea, como se muestra en la tabla 5:

Tabla 5
Propiedades útiles de los cables de acero

Cable de acero	Peso por pie w, lbf/pie	Peso por pie incluyendo el núcleo w, lbf/pie	Diámetro mínimo de la polea D, pulg	Mejor diámetro de la polea D, pulg	Diámetro de alambres d _w , pulg	Área del metal A _m , pulg ²	Módulo de Young del cable E _r , psi
6 x 7	1.50d ²		42d	72d	0.111d	0.38d ²	13 x 10 ⁶
6 x 19	1-60d ²	1.76d ²	30d	45d	0.067d	0.40d ²	12 x 10 ⁶
6 x 37	1.55d ²	1.71d ²	18d	27d	0.048d	0.40d ²	12 x 10 ⁶

Fuente: Libro Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (Budynas & Keith Nisbett, 2012, p. 888).

La fuerza en el cable que produce un esfuerzo similar al esfuerzo de flexión se denomina “carga de flexión equivalente” y se calcula teniendo en cuenta la sección metálica del cable, de la tabla 5 tenemos, $A_m = 0.40 * d^2$, como se indica en la ecuación:

$$F_b = \sigma_f * A_m = \frac{E_r * d_w * A_m}{D} \quad (5)$$

Donde:

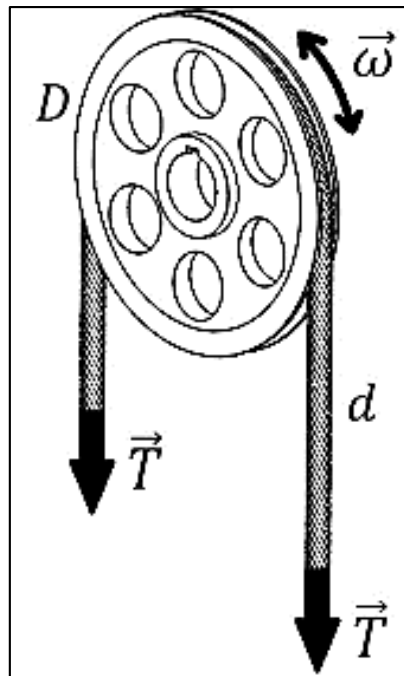
F_b = carga de flexión equivalente (kN).

A_m = sección metálica del cable (mm²).

Si la carga estática excede la resistencia ultima del cable, el cable metálico puede dañarse y fallar. La falla de esta naturaleza generalmente no es responsabilidad del diseñador, sino del operador por autorizar que el cable sea sometido a cargas para las que no fue diseñado.

Figura 9

Cable Operando en Condiciones Dinámicas.



Fuente: (Prado Souza, 2016).

Cuando el cable tensionado se curva sobre la polea, el cable se estira como un resorte y se fricciona con la polea, causando desgaste en el cable y polea. El grado de desgaste producido depende de la presión del cable en la ranura de la polea. Esta presión se denomina presión de apoyo, una buena estimación de su magnitud está dada por la ecuación (5.5):

$$p = \frac{2 * F}{d * D} \quad (6)$$

Donde:

F = fuerza de tensión del cable

d = diámetro del cable

D = diámetro de la polea

Un cable metálico que trabaja sobre poleas eventualmente fallará, ya sea por fatiga o por desgaste, la resistencia última a la tensión del alambre se calcula con la ecuación (5.6):

$$S_u = \frac{2000 * F}{d * D} \quad (7)$$

Donde:

S_u = resistencia última del

F = fuerza de tensión del cable

d = diámetro del cable

D = diámetro de la polea

1.1.4. Carros cuna

Los carros cuna están fabricados de acero estructural ASTM A709 de baja aleación y alta resistencia con refuerzos internos para soportar el peso del buque, los carros están dispuestos de cuatro (04) ruedas de acero especial que soportan el peso del buque y facilitan el desplazamiento del mismo a través de rieles instalados desde la Plataforma hasta el área de trabajo en las instalaciones del Astillero Sima Chimbote S.A.

Todos estos carros trabajan asegurados con pasadores de acero uno tras del otro formando así la cuna de varado; y la cantidad a usar depende siempre de la eslora (longitud) del buque. Los carros tipo lateral son los que aseguran la maniobra de varado/desvarado ya que brindan estabilidad al buque para poder ser retirado del mar (varado) o puesto en el (desvarado).

Figura 10

Vista Frontal de Carro Cuna Tipo "E".

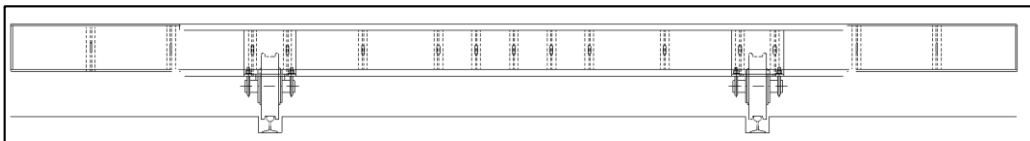


Figura 11

Vista Lateral de Carros Cuna unidos con pasador de acero.

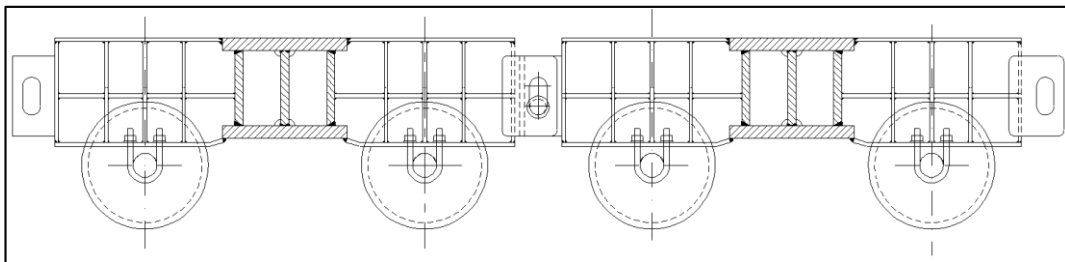
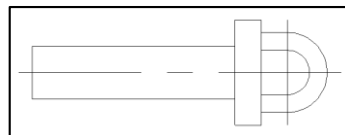


Figura 12

Pasador de Acero.



1.1.5. Cuna de varado

Conjunto de carros cuna conectados entre sí por medio de pasadores de acero. El diseño de la cuna de varado depende siempre del perfil y longitud del buque a ser varado, si es necesario se colocará calzos centrales en la zona de la quilla. Esto se realiza mediante una inspección una inspección previa donde se obtiene la información, medidas y datos necesarios para la elaboración del plano de varado.

Figura 13

Vista de Planta – Cuna de Varado sobre la Plataforma Syncrolift.

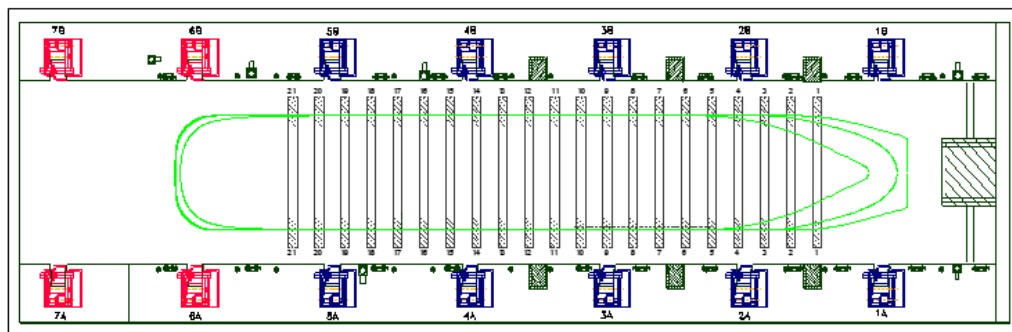


Figura 14

Vista de Elevación – Embarcación Potera sobre Cuna de Varado.

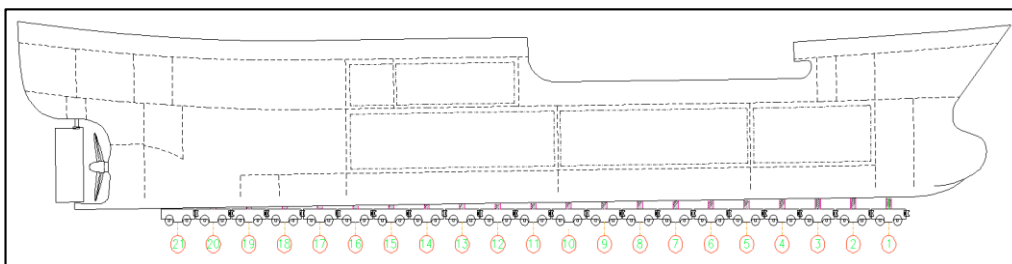


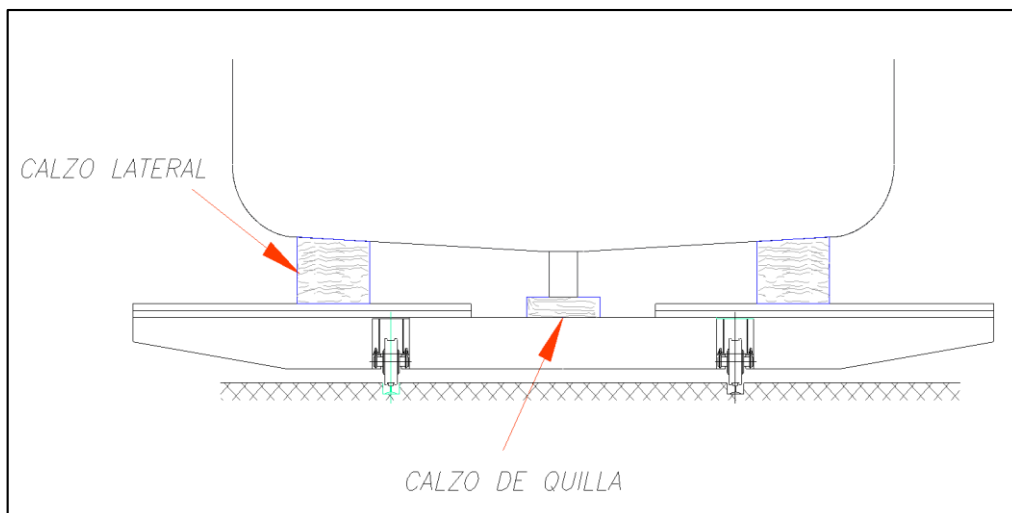
Figura 15

Cuna de varado.



Figura 16

Calzo Lateral y Calzo de Quilla.



1.1.6. Sistema de Calzos

Las embarcaciones proceden a ser varadas en el astillero Sima Chimbote mediante técnicas habituales, colocando calzos de quilla a la medida respecto al diseño de la parte inferior del buque desde la proa hasta la popa y haciendo ingresar los calzos laterales luego que la embarcación está completamente asentado sobre los calzos de quilla o sobre la cuna de varado. (Añazgo Miranda, 1986, p. 18).

Los calzos laterales que sostendrán a la embarcación, son manipulados desde el muelle por un sistema de aparejos compuesto por motones de una sola polea y uno de doble polea entrelazados con un cabo de ½ pulgada. La calzada lateral generalmente es ingresada cuando la embarcación y la cuna de varado están sumergidos en el mar; esto con la finalidad de asegurar la estabilidad de la embarcación, en casos especiales la calzada lateral puede ser manipulada en cualquier posición del recorrido vertical.

Según (Churampi - Román , 2013): “ Cuando los calzos laterales están fuera del agua, la fuerza requerida para moverlos es elevada y es necesario cooperar en el movimiento empujándolos y tirando de ellos según sea necesario.” (p. 24).

Figura 17

Calzos Laterales de Cuna de Varado



1.1.7. Procedimiento de Varado o Puesto a Tierra de Embarcaciones

1.1.7.1. Varado de Embarcaciones Poteras

La empresa NAVIERA BLUE SEA SAC a nivel nacional, es la encargada de administrar el arribo e ingreso de las embarcaciones poteras procedentes del país de China a las instalaciones del Astillero Sima Chimbote S.A., para su previo mantenimiento e inspecciones requeridas.

Por ser embarcaciones que no se tiene un plano de donde sacar medidas exactas, los ingeniero y técnicos especializados en planos navales se dirigen hacia las embarcaciones que harán su ingreso a las instalaciones del Astillero Sima Chimbote S.A. para tomar las medidas de la eslora, calado de proa y popa, quilla (parte sumergida de la embarcación), luego de esto, elaboran con el programa de diseño asistido por computadora AUTOCAD el plano de varado.

Luego se confecciona la cuna de varado, se fija la pendiente (calzos de quilla colocados a las alturas correspondientes dependiendo del diseño de la parte inferior de la embarcación desde proa hasta popa) y todos estos carros unidos a través de pasadores de acero de 95mm Ø aproximadamente, cabe mencionar que la cantidad de carros y calzos laterales utilizados dependerá de la eslora de la embarcación, que en este caso la variación es mínima por tener estas embarcaciones casi la misma longitud.

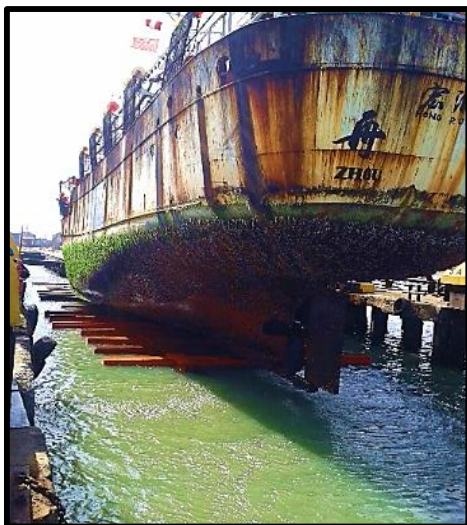
Luego, la cama de varado se traslada a la Plataforma Syncrolift y puesta en posición dependiendo de la longitud de la embarcación, se asegura con cadenas y barras de acero sólido, después la Plataforma es descendida en la operación “Bajada Automática”. Cuando la profundidad de los calzos es igual al calado de la embarcación más 2’pies = 60.96cm más de profundidad, entonces se detiene el descenso y la embarcación puede hacer su ingreso al muelle sin tener problemas y sin dañar la cuna de varado.

Una vez que la embarcación ha sido posicionada correctamente por medio de las espigas de amarre sobre la cuna de varado y los calzos sumergidos, los controles del Syncrolift deben ser colocados en la operación “Subida Automática” y la

Plataforma es levantada hasta que la quilla de la embarcación se apoye en los calzos centrales y los calzos laterales manipulados desde el muelle.

Figura 18

Procedimiento de Varado - Embarcación Potera.

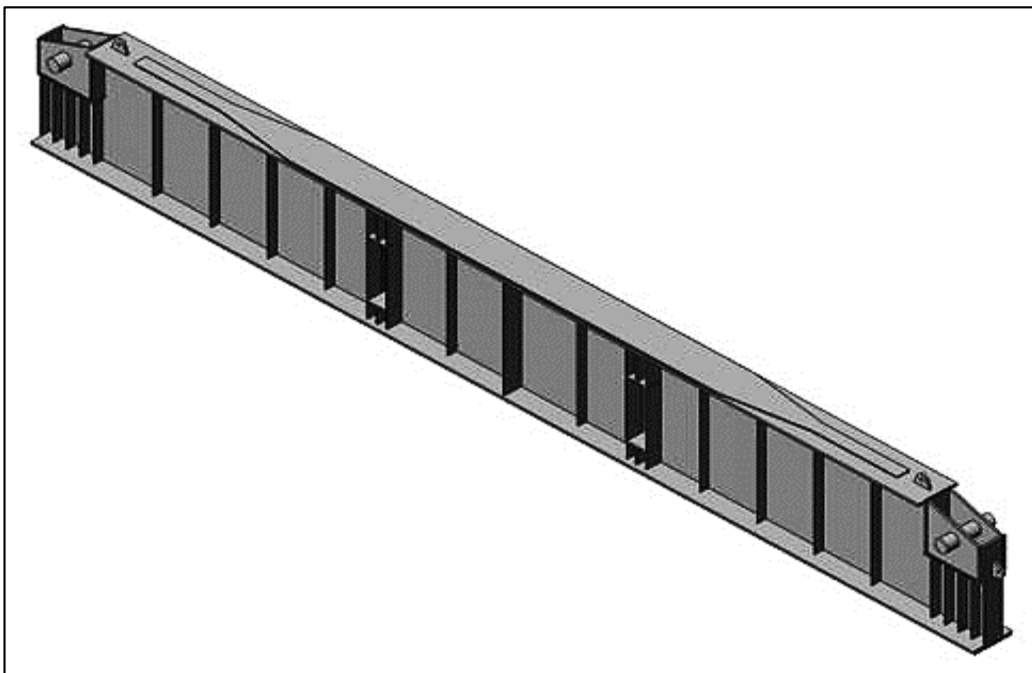


1.1.8. Viga principal de la plataforma

La Viga Principal de la Plataforma está construida de acero ASTM A572 Grado 50, cuyas características son: su alta dureza y resistencia, buen manejo, facilidad de laminación y soldadura. Este tipo de acero reducen significativamente los costos en la producción al proporcionar la resistencia requerida con un peso mucho menor.

Figura 19

Viga Principal.



Fuente: Tesis Análisis Computacional para mejorar Operación de varado y desvarado de Plataforma Syncrolift Sima - Chimbote. (Churampi - Román, 2013, p. 62).

1.1.8.1. ¿Qué es el Acero?

El acero es una aleación de hierro, carbono, manganeso y uno o más elementos importantes. Estos pueden ser elementos de aleación añadidos para fines específicos o pueden ser impurezas:

Fe + C + Mn + Elementos de aleación + Impurezas

El acero es un material metálico porque su componente principal es el hierro (Fe). La mayoría de los aceros tienen un contenido del 99%. Algunos aceros, como el

inoxidable, pueden contener altos niveles de ciertos elementos como Cromo y Níquel y tienen un contenido de hierro mucho menor.

El segundo elemento más importante del acero es el Carbono (C). En la mayoría de los casos, este porcentaje no supera el 1%, pero las variaciones en ese porcentaje tienen un impacto significativo en las propiedades del acero, especialmente en términos de dureza, resistencia y ductilidad,

El acero sigue siendo el material más utilizado en piezas de maquinaria debido a su alta resistencia, dureza, facilidad de fabricación y costo relativamente bajo. Los aceros se clasifican en función al contenido de carbono, aplicación y presencia de elementos de aleación.

Tabla 6

Composición Química del Acero ASTM 572 GRADO 50

GRADO	% C máx.	% Mn máx.	% P máx.	% S máx.	% Si máx.
42	0.21	1.35	0.04	0.05	0.4
50	0.23	1.35	0.04	0.05	0.4
60	0.26	1.35	0.04	0.05	0.4
65	0.26	1.35	0.04	0.05	0.4

Fuente: Tesis Estudio de la Soldabilidad del Acero Estructural ASTM 572 GRADO 50 con Proceso SAW (Hernández Parra, 2018, p. 19).

Tabla 7
Propiedades Mecánicas del Acero ASTM 572 GRADO 50

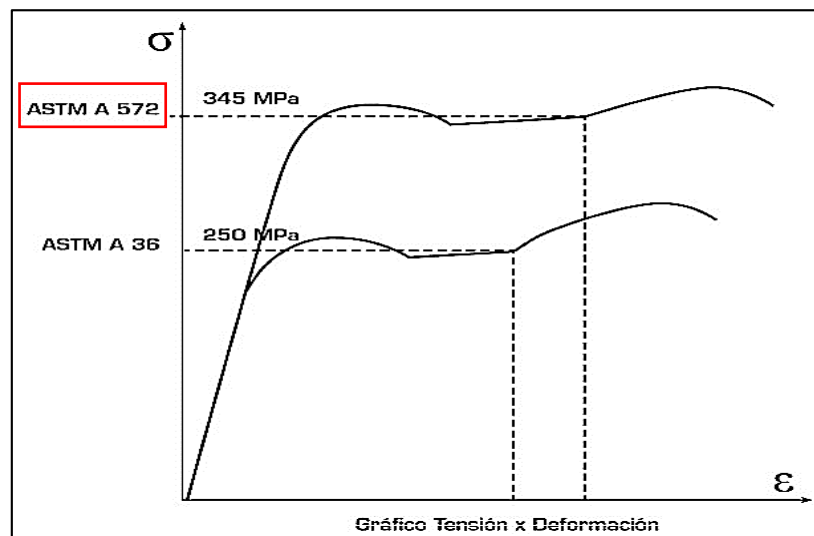
GRADO	Límite de Fluencia (min.)		Resistencia a la Tracción (min.)		Elongación Min. % En 200 mm (8 in)
	MPa	PSI	MPa	PSI	
42	290	42 000	415	60 000	20
50	345	50 000	450	65 000	18
60	415	60 000	520	75 000	16
65	450	65 000	550	80 000	15

Fuente: Tesis Estudio de la Soldabilidad del Acero Estructural ASTM 572 GRADO 50 con Proceso SAW (Hernández Parra, 2018, p. 20).

1.1.8.2. Diagrama de tensión vs deformación

Figura 20

Diagrama Tensión vs Deformación del Acero ASTM 572.



Fuente: (Hernández Parra, 2018).

1.1.8.3. Instalación y/o cambio en las vigas principales del acero astm a36, al acero astm 572 grado 50

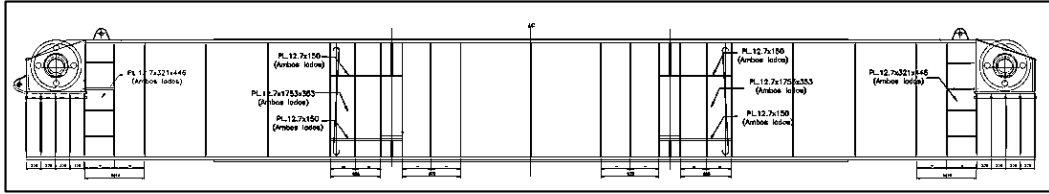
Tabla 8
Instalación y/o Cambio de las Vigas Principales.

VIGAS PRINCIPALES									
VIGA	MATERIAL ORIGINAL DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN PLANO – ANTES DEL 2006	CAMBIO DE MATERIAL DE ACERO DESPUÉS DEL 2006							
		2006	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	ASTM A 36	---	---	ASTM A 36	---	---	---	ASTM 572 GRADO 50	---
2	ASTM A 36	---	ASTM 131 GRADO A	ASTM A 36 Y ASTM 572 GRADO 50	---	---	---	---	ASTM 572 GRADO 50
3	ASTM A 36	---	ASTM 131 GRADO A	---	---	---	---	ASTM 572 GRADO 50	---
4	ASTM A 36	---	ASTM 131 GRADO A	---	---	---	---	ASTM 572 GRADO 50	---
5	ASTM A 36	ASTM A 36	---	---	---	---	ASTM 572 GRADO 50	---	---
6	ASTM A 36	---	---	ASTM 572 GRADO 50	---	---	---	---	---
7	ASTM A 36	ASTM A 36	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia

Figura 21

Vista de Elevación de la Viga Principal.



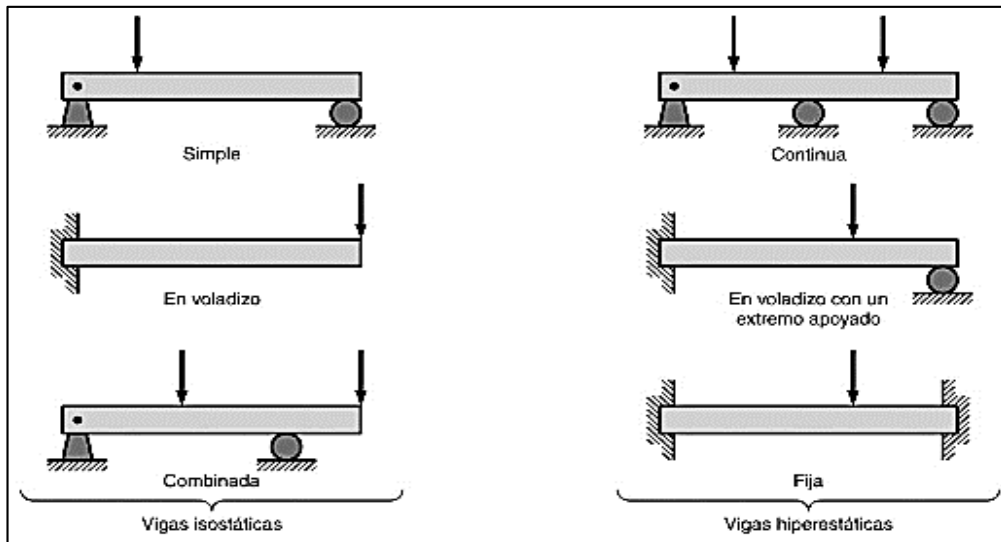
Fuente: Tesis Análisis Computacional para mejorar Operación de varado y desvarado de Plataforma Syncrolift Sima - Chimbote. (Churampi - Román, 2013, p. 115).

1.1.8.4. ¿Qué es una viga?

En el análisis y diseño de sistemas mecánicos, es importante estudiar un fenómeno llamado flexión que ocurre en elementos mecánicos sometidos a cargas o reacciones perpendiculares al eje de simetría del sistema. La viga se define como un elemento que soporta cargas aplicadas perpendicularmente a su eje vertical y está diseñado para trabajar principalmente bajo un concepto llamado flexión. Las vigas se pueden clasificar según la posición y el tipo de soporte y como se deforman. Ver figura 20:

Figura 22

Tipos de Apoyos en un Viga.



Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajuach, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 160).

Esta subdivisión pertenece a las condiciones de apoyo existentes en el elemento objeto de estudio. Por lo tanto, si hay tres o menos incógnitas en las reacciones de la viga, es suficiente aplicar condiciones de equilibrio estático.

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0$$

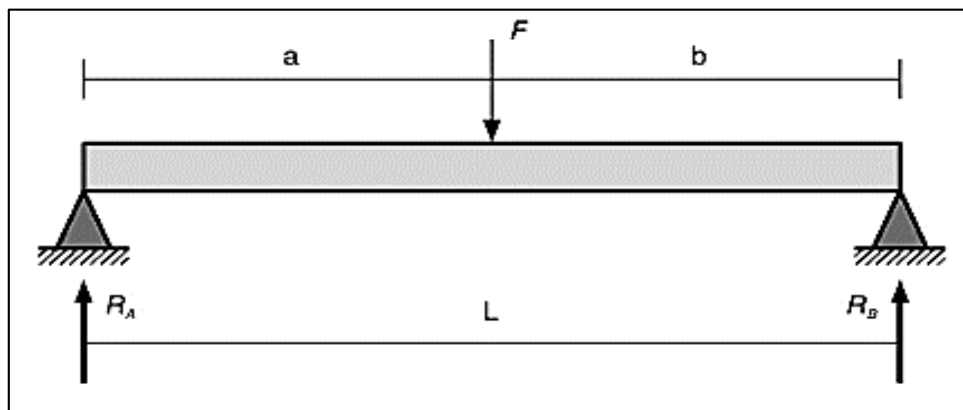
Otra manera de clasificar las vigas, es de acuerdo a sus condiciones de apoyo:

1.1.8.4.1. Viga simplemente Apoyada

Se trata de un elemento de carga transversal con dos apoyos articulados, uno de los cuales es deslizante, por lo que la fuerza de reacción es simplemente vertical y por tanto en los apoyos, se descarta la posibilidad que existan reacciones horizontales y momentos en los apoyos.

Figura 23

Viga Simplemente Apoyada.



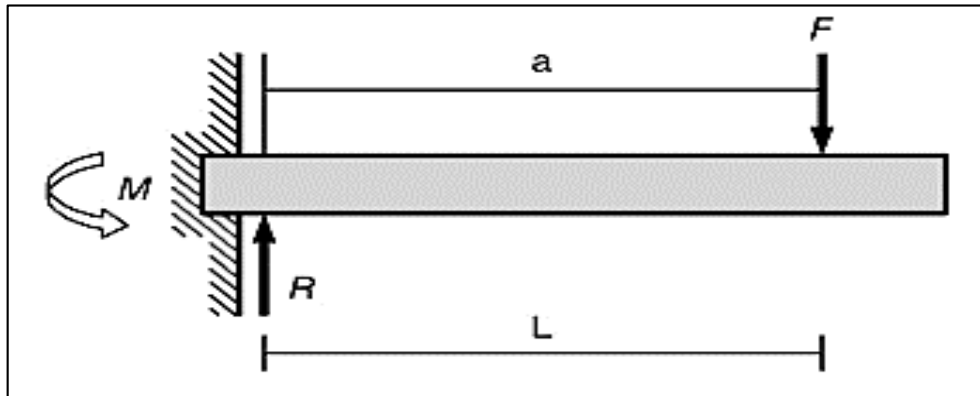
Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajuech, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 161).

1.1.8.4.2. Viga en Voladizo

Es un elemento de carga transversal con un extremo libre y el otro extremo empotrado, que solo evita los movimientos verticales y rotacionales.

Figura 24

Viga en Voladizo.



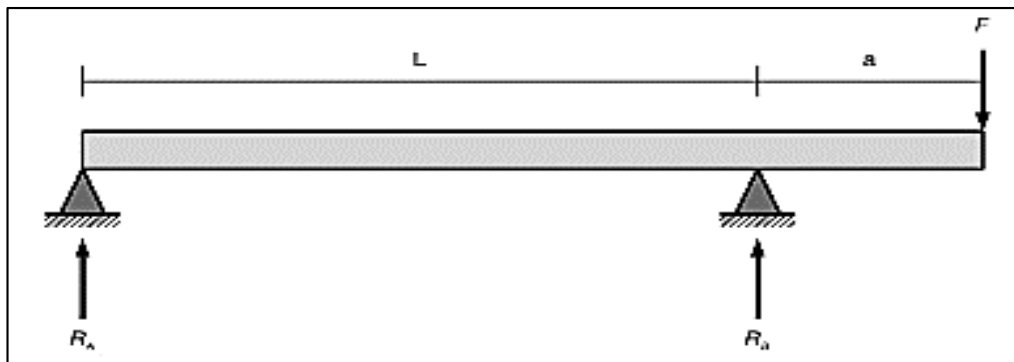
Fuente: Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajuéch, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 161).

1.1.8.4.3. Viga con voladizo

Es aquella en la que sobresalen de los apoyos uno o ambos extremos de la viga.

Figura 25

Viga con Voladizo.



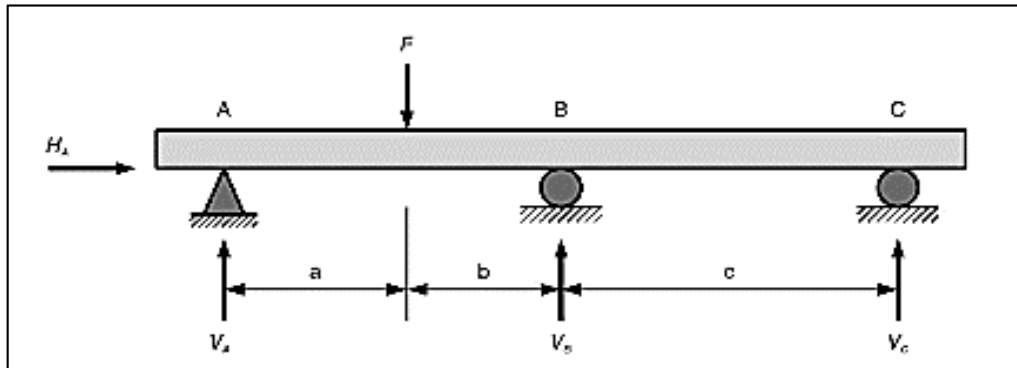
Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajuéch, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 161).

1.1.8.4.4. Viga continua

Viga estáticamente indeterminada que se extiende sobre tres o más apoyos.

Figura 26

Viga Continúa.



Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajech, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 162).

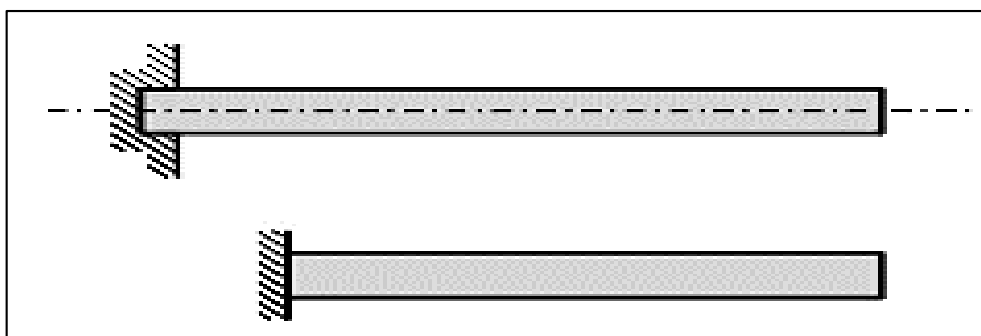
La carga a la que está sometida la viga viene de su mismo peso (carga muerta o permanente), además de otras formas a la que está sometida la viga. Sin embargo, aunque pueda parecer bastante complicado, solo se aplican cinco tipos básicos de cargas. La viga puede soportar uno o una combinación de ambos

1.1.8.4.5. Viga sin carga

Viga sin peso o con un peso muy pequeño comparado con las otras fuerzas que se aplican.

Figura 27

Viga sin Carga.



Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajech, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 162).

1.1.8.4.6. Viga con Carga concentrada

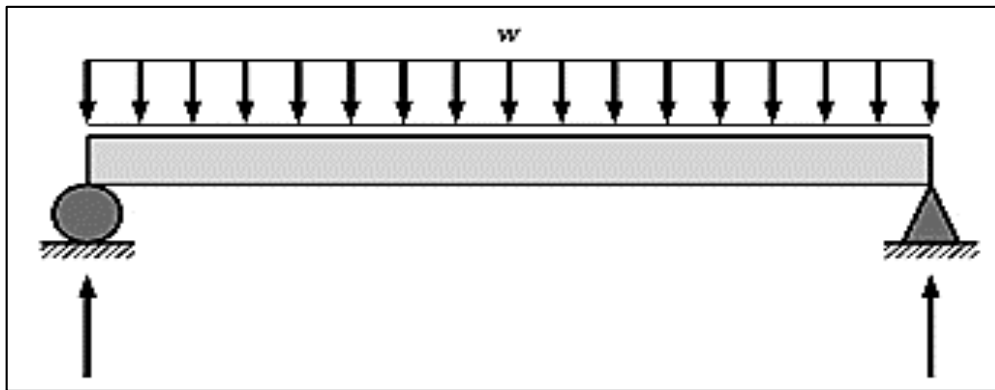
Aquella viga con una carga aplicada sobre un área pequeña, también llamada carga concentrada en un punto. (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

1.1.8.4.7. Viga con Carga uniformemente distribuida

Es la viga en la que la carga está distribuida longitudinalmente de igual manera sobre toda la viga.

Figura 28

Viga con Carga Uniformemente Distribuida.



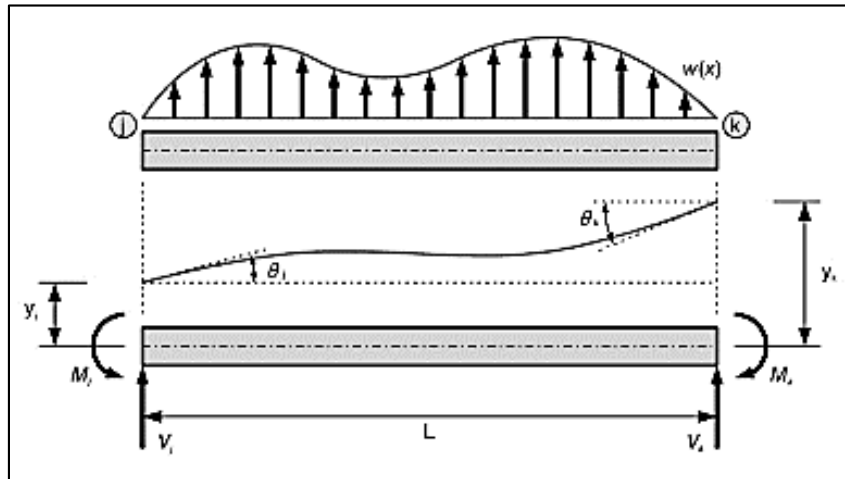
Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajech, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 162).

1.1.8.4.8. Viga con Carga Variable

Aquella viga sometida a cargas de intensidad variable de un lugar a otro, se le conoce también como generalmente distribuida.

Figura 29

Viga con Carga Variable.



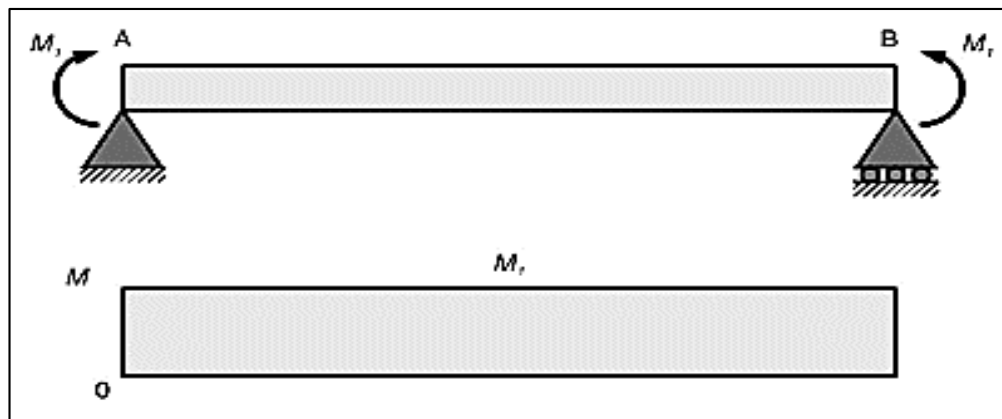
Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajeuch, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 163).

1.1.8.4.9. Viga con Par o Torsión

Soporta una torsión aplicada en alguna de sus partes.

Figura 30

Viga con Par o Torsión.



Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajeuch, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 163).

1.1.8.5. Esfuerzos y deformaciones en una Viga

El propósito de la investigación de vigas es determinar el estado interno de tensión y deformación debido a la carga que actúa sobre estas. Para obtener esto, es necesario determinar el estado de fuerza cortante dentro de la viga, así como el momento flexionante. Para lograr este objetivo, deben seguir estos pasos:

- ✓ Definir es estado de fuerzas cortantes y momentos flexionantes del sistema.
- ✓ Construir los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flexionantes mediante los principios básicos de estática.
- ✓ Desarrollar métodos abreviados para construir los diagramas de cortante y momento flexionante respectivos.

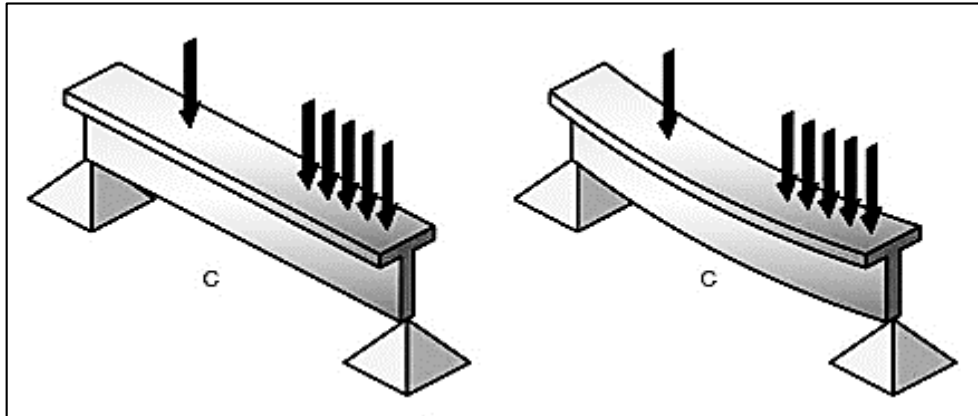
1.1.9. Importancia del Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector

Las vigas son elementos estructurales que generalmente están sometidos a fuerzas de flexión transversales, es decir cargas que actúan perpendicularmente a su eje longitudinal. Es importante saber cómo resolver los diagramas de fuerza cortante y momento flector de la viga. Estos ayudan a determinar el comportamiento de un modelo de carga particular, es decir, la distribución de fuerzas y momentos longitudinalmente a lo largo de la viga, además conocer el momento máximo aplicado. Este último es un dato fundamental que nos ayudara en el pre dimensionado de estos elementos estructurales y determinar el tipo de acero requerido para cada sección de la viga, ya que variara dependiendo de la demanda de cargas.

La ley básica de la estática establece que cuando un cuerpo está en equilibrio, cualquier parte de él también lo está. Por tanto, es necesario apoyarse en la investigación de sistemas que utilicen diagramas de cuerpo libre. Sea el caso de una viga a la que se aplican fuerzas y debido a estas se deforma. Para poder explicar lo que ocurre en el interior es necesario hacer un corte en una sección.

Figura 31

Viga sometida a Esfuerzos Transversales.



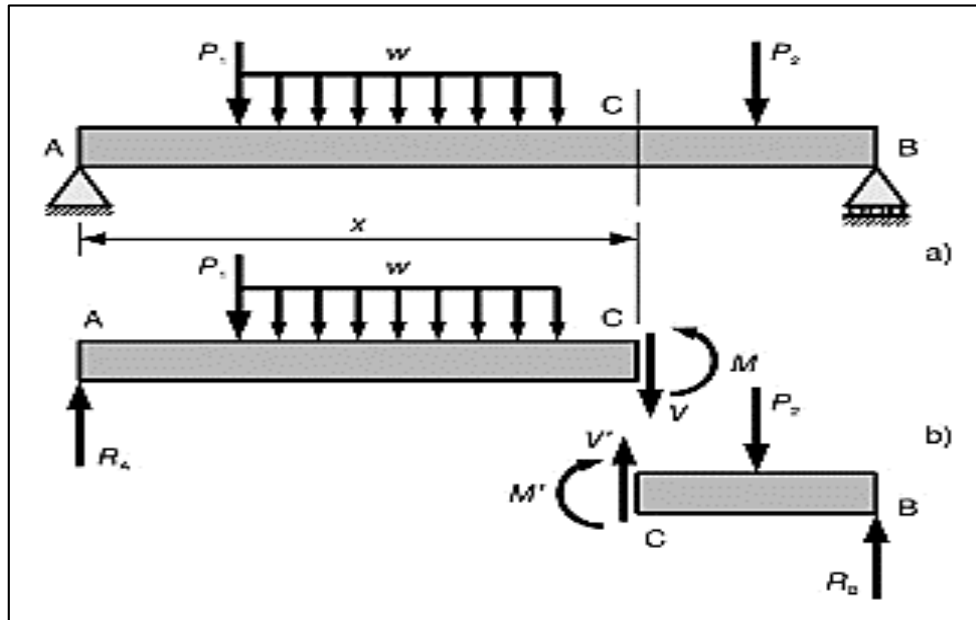
Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajech, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 180).

Para hacer esto, hay que apoyarse en el hecho de que existe un equilibrio entre las fibras internas y externas del sistema (por seguir siendo un cuerpo en equilibrio). Por lo general, la determinación de las reacciones es el primer paso en el análisis de una viga. Una vez conocidos, se pueden determinar las fuerzas cortantes y los momentos flectores internos.

Consideremos la viga que se muestra en la Figura 30 a). Esta viga se puede cortar en cualquier sección y trazar un diagrama de cuerpo libre en cualquier zona de la viga. El equilibrio se conserva sobre el cuerpo libre por medio de las fuerzas de la viga que actúan en la sección cortada.

Figura 32

Diagrama de Cuerpo libre de una Viga sometida a Flexión.



Fuente: Libro Mecánica de Materiales: Teoría y aplicaciones (Díaz de León Santiago, González Ajuech, Rosete Fonseca, & Díaz de León Mendoza, 2018, p. 181).

El diagrama de cuerpo libre del lado izquierdo se muestra en la Figura 30 b), ya que la fuerza externa RA actúa en forma vertical hacia arriba y $\sum F_V = 0$.

De igual manera, hay una fuerza vertical que actúa sobre la cara del corte. Esta fuerza vertical V es el cortante en la viga. En el caso particular de la Figura 30 b), $V = RB$ y estas fuerzas forman un par que tiende a hacer girar al cuerpo libre en el sentido de las manecillas del reloj.

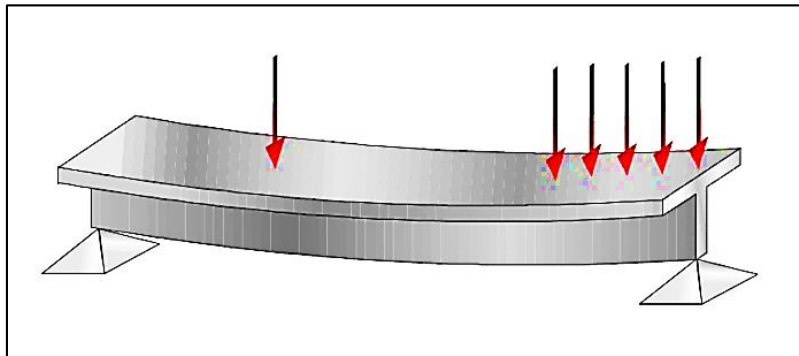
Como $\sum M = 0$, sobre el cuerpo libre, en la sección del corte debe actuar un par de sentido contrario al de las manecillas del reloj y de la misma magnitud. Este par se llama Momento Flexionante Interno.

1.1.10. Esfuerzos por Flexión

Flexión se produce cuando un elemento de sección transversal constante y simétrico con respecto al plano en el que se produce la flexión, se somete a momentos flectores M o cargas transversales.

Figura 33

Viga sometida a Flexión.

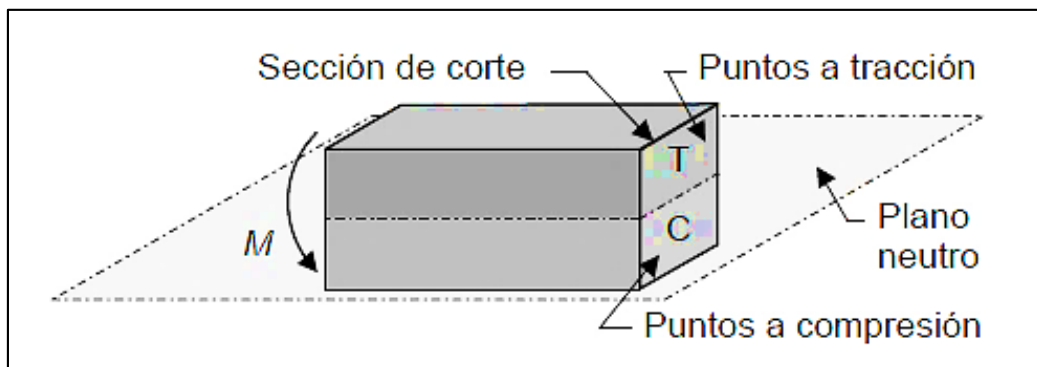


Fuente: (Mecánica de Sólidos, 2021).

La Figura 31 muestra un elemento denominado viga sometido a flexión, dicho elemento sometido a flexión se curva, de tal manera que los puntos superiores se alargan quedando sometidos a esfuerzos de tracción y los puntos inferiores se acortan quedando a compresión y otros no se deforman ni soportan esfuerzos.

Figura 34

Plano Neutro (Eje Neutro).



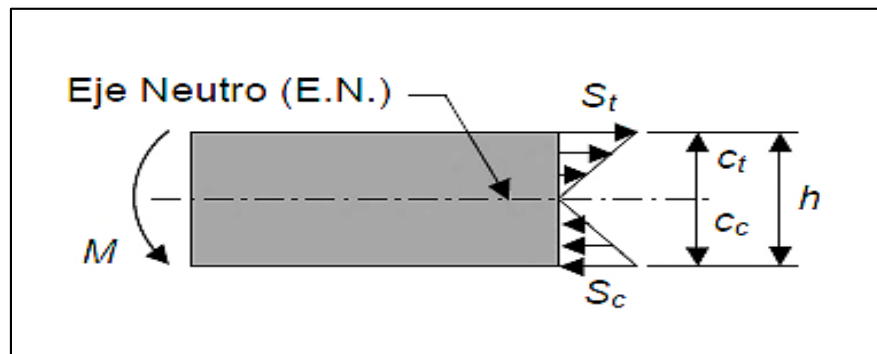
Fuente: Libro Diseño de Elementos de Maquinas (Vanegas Useche, 2018, p. 36).

La figura 32 nos muestra una viga con una sección de corte señalándonos el Plano Neutro (Eje Neutro) que son los puntos donde la viga no sufre deformaciones ni esfuerzos. El eje neutro es perpendicular al plano donde ocurre la flexión, paralelo a la dirección axial de la viga y pasa por el centroide de la sección.

Para el sentido mostrado de M, los puntos por encima del Eje Neutro están sometidos a tracción (se alargan) y los puntos por debajo están sometidos a compresión (se acortan).

Figura 35

Distribución de Esfuerzos en la Viga.



Fuente: Libro Diseño de Elementos de Maquinas (Vanegas Useche, 2018, p. 36).

Los puntos en el eje neutro no sufren esfuerzos, y el esfuerzo en un punto cualquiera es directamente proporcional a la distancia de dicho punto al eje neutro. Los esfuerzos máximos de tracción y compresión se producen en los puntos más alejados del eje neutro. Y están representados por la ecuación:

$$\sigma_t = \frac{M * c_t}{I} \text{ y } \sigma_c = \frac{M * c_c}{I} \quad (8)$$

Donde M es el momento flector máximo en la sección de análisis e I es el momento de inercia de la sección de estudio.

Si la sección es doblemente simétrica como se puede observar en la Figura (a), (b), (c), el esfuerzo se representa con la ecuación:

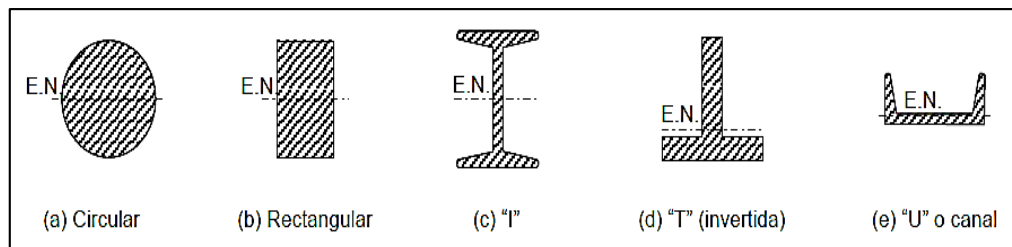
$$\sigma = \pm \frac{M * c}{I} = \pm \frac{M}{Z} \quad (9)$$

Donde “ σ ” es el esfuerzo en el punto extremo superior o inferior. El signo Positivo indica que el esfuerzo es Tracción y el signo Negativo indica que es de Compresión, c es la distancia desde el eje neutro hasta los puntos extremos y Z es el Modulo de Sección, que se representa de la con la ecuación:

$$Z = \frac{I}{c} \quad (10)$$

Figura 36

Secciones Transversales típicas en Vigas. Las secciones (a), (b) y (c) son doblemente simétricas



Fuente: Libro Diseño de Elementos de Maquinas (Vanegas Useche, 2018, p. 37).

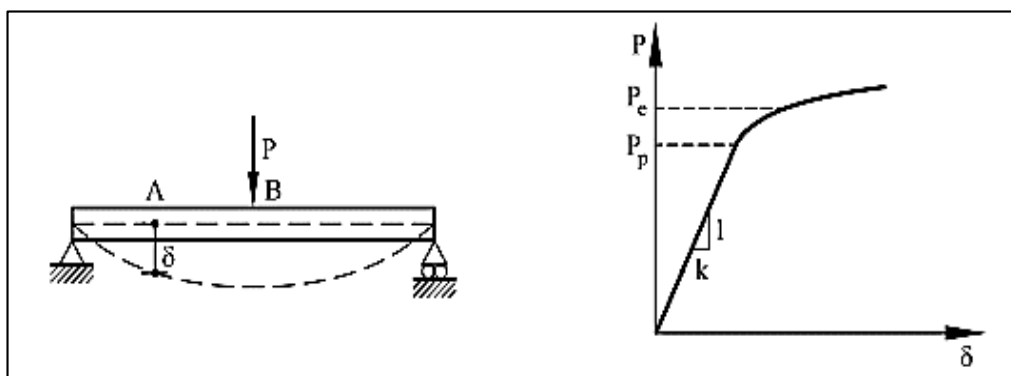
1.1.11. Elasticidad y linealidad. Ley de Hooke

Todos los cuerpos se deforman por la acción de las fuerzas aplicadas y cuando se pierden, los cuerpos tienden a volver a su forma original. Esta tendencia, que tienen todos los cuerpos en mayor o menor grado, se denomina elasticidad.

En efecto, los cuerpos no son ni completamente elásticos ni completamente inelásticos. Las deformaciones que se producen en ellos incluyen deformaciones elásticas parciales que desaparecen cuando cesa la fuerza aplicada, y deformaciones permanentes que se mantienen a partir de entonces. Para muchos cuerpos, si la fuerza no supera determinados valores, la deformación permanente es tan pequeña que estos cuerpos pueden considerarse elásticos.

Figura 37

Diagrama Carga - Desplazamiento respecto a una Viga sometida a Flexión



Fuente: Libro Mecánica de estructuras Resistencia de materiales (Cervera Ruiz & Blanco Díaz, 2001, p. 16).

Este enunciado define el comportamiento elástico lineal y se conoce como Ley de Hooke, ya que fue establecido por Robert Hooke en 1678 en su trabajo "De Potentia Restitutiva (of Springs)".

Al realizar la conceptualización y operacionalización de variables, se tiene como variable independiente las cargas aplicadas a la Plataforma Syncrolift con definición conceptual de:

Las cargas aplicadas a la Plataforma Syncrolift vienen a ser el tonelaje uniforme o desigual distribuido sobre la estructura de acero, así como también los cables que la izan o descienden al momento de la operación de varado/desvarado de embarcaciones.

La definición operacional es que las cargas y el exceso de las mismas se originan desde que la embarcación se posiciona sobre la cuna de varado al momento de poner la plataforma Syncrolift en función de "Subida Automática", esto significa, que reiteradamente la plataforma tiene que soportar tonelajes por encima de su capacidad nominal, por las cargas que soporta simultáneamente, siendo necesario para ello mover los parámetros del sistema automático del Syncrolift, lo que implica que dicha estructura y los equipos que la conforman se encuentren en perfectas condiciones de operación y garanticen un servicio en óptimas condiciones.

Tabla 9*Operacionalización de la variable "Cargas de embarcaciones poteras"*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA
<u>Variable Independiente:</u> CARGA DE EMBARCACIONES POTERAS	Tonelaje uniforme o desigual distribuido sobre la estructura de acero, así como también los cables que la izan o descienden al momento de la operación de varado/desvarado de embarcaciones.	Flexión de las vigas principales	La influencia de cargas aplicadas se originan desde que la embarcación se posiciona sobre la cuna de varado al momento de poner la plataforma Syncrolift en función de "Subida Automática", esto significa que reiteradamente la Plataforma tiene que soportar tonelajes por encima de su capacidad nominal, por el peso excesivo de la embarcación, siendo necesario para ello mover los parámetros del sistema automático del Syncrolift, lo que implica que la Plataforma y sus equipos se encuentren en perfectas condiciones de operación y garanticen un servicio en óptimas condiciones.	Deformación máxima	Proporción o razón
		Concentración de máxima carga		Cantidad de tonelaje admitido	
		Fatiga de la plataforma		Porcentaje de alargamiento	
		Esfuerzo de tracción en los cables		Limite elástico	

Fuente: Elaboración propia.

Y como variable dependiente distribución de la cuna de varado/desvarado con definición conceptual de:

Desplazamiento y/o movimiento horizontal de la cuna de varado/desvarado junto a la embarcación en el Syncrolift hasta distribuir los tonelajes de manera tal que no se vean afectados la estructura y los cables que la sujetan.

La definición operacional es que la ubicación real de la embarcación en el Syncrolift reiteradamente genera cargas por encima de lo nominal admitida por la misma, estos hechos a menudo deflexionan las vigas principales las cuales soportan todo el peso del buque y ocasionan fatigas en los cables de los winches de 135 T y

180 T, siendo necesario para ello modificar los parámetros nominales del sistema automático del Syncrolift para que los winches puedan seguir funcionando y poder levantar dicha embarcación, lo que implica necesariamente que la Plataforma y sus equipos se encuentren en estado óptimo y garanticen un servicio seguro, para minimizar estos riesgos.

Tabla 10

Operacionalización de la variable "Distribución de la cuna de varado/desvarado"

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA
DISTRIBUCIÓN DE LA CUNA DE VARADO/DESVARADO	<p><u>Variable Dependiente:</u></p> <p>Desplazamiento y/o movimiento horizontal de la cuna de varado/desvarado junto a la embarcación en el Syncrolift hasta distribuir los tonelajes de manera tal que no se vean afectados la estructura y los cables que la sujetan.</p>	<p>Movimiento de la carga variable en el Syncrolift</p> <p>Esfuerzos internos de la Plataforma</p> <p>Esfuerzos en los cables de acero</p>	<p>La definición operacional es que la ubicación real de la embarcación en el Syncrolift reiteradamente genera cargas por encima de lo nominal admitida por la misma, estos hechos a menudo deflexionan las vigas principales las cuales soportan todo el peso del buque y ocasionan fatigas en los cables de los winches de 135 T y 180 T, siendo necesario para ello modificar los parámetros nominales del sistema automático del Syncrolift para que los winches puedan seguir funcionando y poder levantar dicha embarcación, lo que implica necesariamente que la Plataforma y sus equipos se encuentren en estado óptimo y garanticen un servicio seguro, para minimizar estos riesgos.</p>	<p>Tonelajes excedentes en la plataforma</p> <p>Momento flector máximo</p> <p>Fuerza cortante</p> <p>Esfuerzo de tracción</p>	<p>Proporción o razón</p>

Fuente: Elaboración propia.

Definido entonces las variables de estudio, nos planteamos la hipótesis y los objetivos de nuestro trabajo de investigación:

La hipótesis planteada es que la carga de embarcaciones poteras tiene un efecto significativo en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote.

El objetivo general es determinar el efecto de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017.

Como objetivos específicos tenemos:

- a.** Determinar el efecto de flexión de las vigas principales en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017.
- b.** Determinar el efecto de concentración de máxima carga en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017.
- c.** Determinar el efecto de fatiga de la plataforma en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017.
- d.** Determinar el efecto del esfuerzo de tracción en los cables en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017.
- e.** Comparar los resultados obtenidos.

2. Metodología

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Según su Finalidad Aplicada

Este es un tipo de investigación que se enfoca en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto en este caso la influencia de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote.

2.1.2. Según su Profundidad Descriptiva

El objetivo de este tipo de investigación es establecer una descripción lo más completa posible acerca del estudio y mejoramiento de la influencia de la carga de embarcaciones poteras en el Syncrolift Sima Chimbote, con una propuesta cuantitativa ya que tiene como finalidad recolectar datos.

2.1.3. Según el Diseño

Es una investigación no experimental transversal, puesto que el objetivo de análisis es una realidad observable, medible y no se modifica la variable.

Es una investigación de diseño descriptivo – transversal, constituye una investigación cuantitativa, que busca establecer las distintas causas de un fenómeno, comportamiento o proceso.

2.2. Población y Muestra

La población en la investigación está constituida por el Syncrolift Sima Chimbote y la muestra está constituida por la estructura de la Plataforma y la cabina de control donde se observa y registran los tonelajes soportados por el Syncrolift.

La técnica de selección representativa de la población y muestra que investigaremos se trata de un estudio no probabilístico y el tipo que usaremos será el

muestreo discrecional lo que indica que elegiremos a criterio los elementos que pueden aportar al estudio de investigación.

2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica empleada fue la observación y simulación para determinar:

- ✓ La necesidad de modificar la ubicación de la cuna de varado de su posición inicial en la plataforma, para evitar el exceso de cargas en los mismos puntos de la estructura del Syncrolift
- ✓ El análisis y estudio de las vigas y los winches que soportan excesivos tonelajes.
- ✓ El estado actual de la Plataforma Syncrolift Sima Chimbote.
- ✓ Cuantificar los parámetros que se pueden optimizar.

Para recopilar la información necesaria para el análisis, se siguieron los siguientes pasos:

- Se identificó el área de estudio perteneciente a los Servicios Industriales de la Marina SIMA CHIMBOTE S.A.
- Se recopiló información sobre las varadas y desvaradas de las embarcaciones nacionales y extranjeras.
- Se realizó una inspección de los equipos que pertenecen al Syncrolift, de igual manera de los equipos de la cabina de control.
- Se realizaron mediciones de todos los equipos implicados dentro la operación de varado de embarcaciones para determinar los tonelajes soportados por la estructura de la plataforma.

2.3.2. Instrumentos:

- El software de diseño asistido por computadora AutoCAD, para la edición de los planos correspondientes a la investigación.
- El software de diseño asistido por computadora SolidWorks, para el diseño y simulación de esfuerzos de las vigas principales.
- El software informático Microsoft Excel, para el ordenamiento de datos y cálculos respectivos en la ficha de observación.
- Instrumentos de medición directa (wincha métrica) para sacar las medidas de la plataforma y las vigas principales.
- Finalmente, para la sustentación de los trabajos de campo se empleó un celular con cámara fotográfica.

2.4. Proceso y Análisis de la Información

Al comenzar el proyecto de investigación de la Influencia de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017, se realizaron los trabajos de campo correspondientes donde se evaluó y determinó en primer lugar la situación actual del Syncrolift, habiendo analizado su estado actual y los nuevos estudios que permitan mejorar la calidad del servicio que brinda. Se procedió a tomar los datos en la cabina de control de los tonelajes durante las varadas de las embarcaciones en estudio, para ello se tuvo en cuenta de los puntos donde exceden las cargas al momento que la quilla de la embarcación tiene contacto con la cuna de varado.

Posteriormente la información recolectada de los trabajos de campo se analizó y procesó para la correcta realización de los cálculos y cuadros necesarios para el análisis de la influencia de cargas de las embarcaciones en estudio y se evaluaron acorde a nuestras variables de interés.

3. Resultados

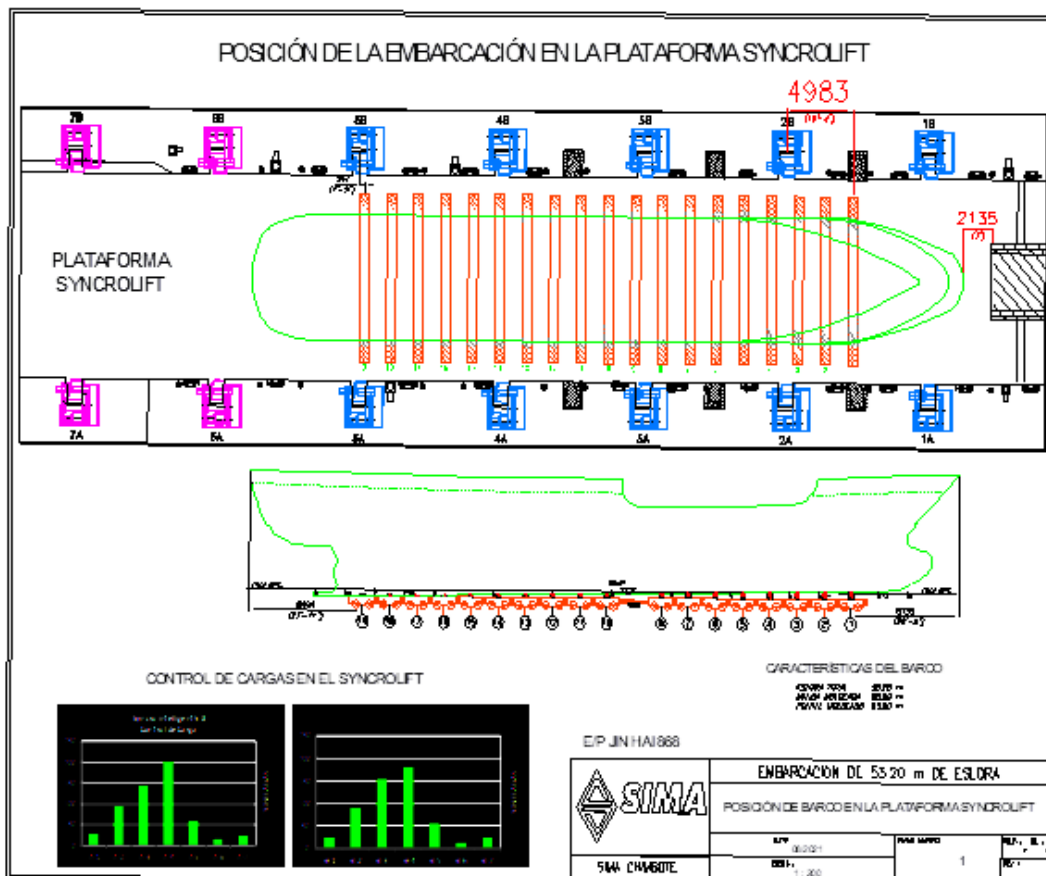
3.1. Cálculo y Análisis real de las cargas en la Plataforma Syncrolift durante la operación de varado de la embarcación potera

Para el estudio práctico, escogemos la embarcación potera JIN HAI 868 de 750 toneladas aproximadamente y que en conjunto con la cuna de varado y los equipos del Syncrolift suman en total 1113 toneladas distribuidas en la plataforma, teniendo en cuenta la similitud de todas las embarcaciones en estudio.

3.1.1. Posición de la embarcación en su estado actual

Figura 38

Posición de embarcación en estado actual.



3.1.2. Registro de cargas distribuidas en los winches durante la operación de varado

Figura 39

Registro de cargas distribuidas en los winches.

VARADAS Y DESVARADAS PLATAFORMA SYNCROLIFT					CARGAS EN WINCHES												CARGA DE WINCHES	CARGA DE WINCHES	TONELAJE TOTAL EN WINCHES		
					WINCHES LADO A						WINCHES LADO B										
					180 T			135 T			180 T			135 T							
ACCIÓN	PESO PLATF. SYNCRO.	CANT. C. CUNA	PESO C.CUNA	PESO EMBARC.	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	LAFO A	LADO B	WINCHES
VAR	270	18	117	726	28	94	144	200	60	16	24	26	90	155	181	56	15	24	566	547	1113

Observamos que los winches A – 4 y B – 4 en la posición de varado experimentan sobrecargas.

Tabla 11

Registro de distancia - cargas en los winches lado "A".

WINCHE LADO "A"	X – Distancia (metros)	Y – Cargas (Toneladas)
A – 1	5. 325	28
A – 2	15. 975	94
A – 3	26. 625	144
A – 4	37. 275	200
A – 5	47. 925	60
A – 6	58. 575	16
A – 7	69. 225	24

Fuente: Elaboración propia.

Obtención de la línea de tendencia polinómica de cargas de los winches lado “A” instalados en el Syncrolift Sima Chimbote:

Figura 40

Línea de tendencia polinómica a plena carga en los winches lado "A"

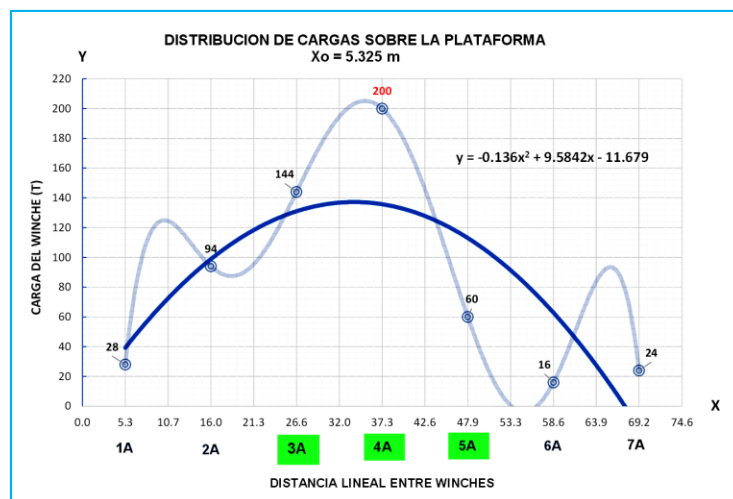


Tabla 12

Registro de distancia - cargas en los winches lado "B".

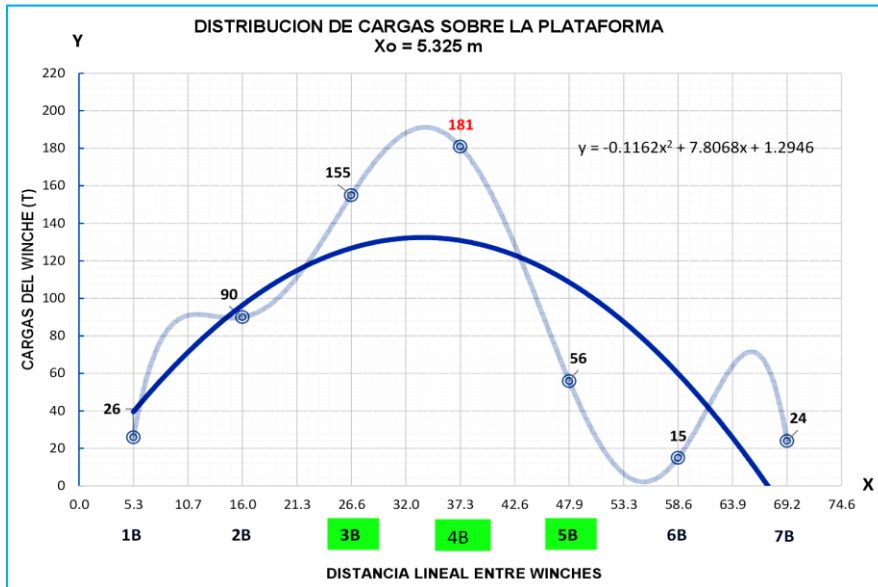
WINCHE LADO “B”	X – Distancia (metros)	Y – Cargas (Toneladas)
B – 1	5. 325	26
B – 2	15. 975	90
B – 3	26. 625	155
B – 4	37. 275	181
B – 5	47. 925	56
B – 6	58. 575	15
B – 7	69. 225	24

Fuente: Elaboración propia.

Obtención de la línea de tendencia polinómica de cargas de los winches instalados en el Syncrolift Sima Chimbote:

Figura 41

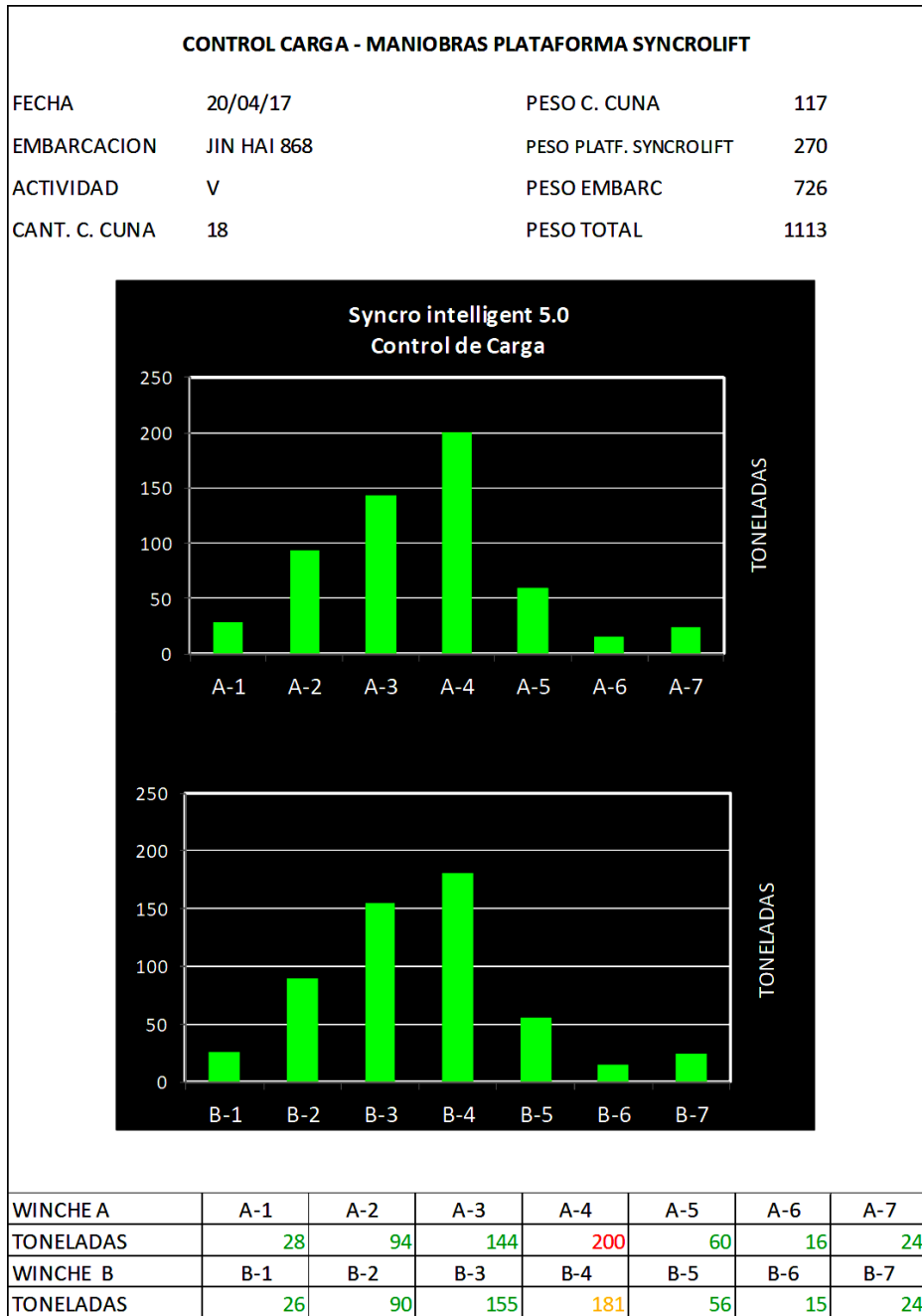
Línea de tendencia polinómica a plena carga en los winches lado "B"



3.1.3. Monitoreo de cargas en la pantalla de control del Syncrolift

Figura 42

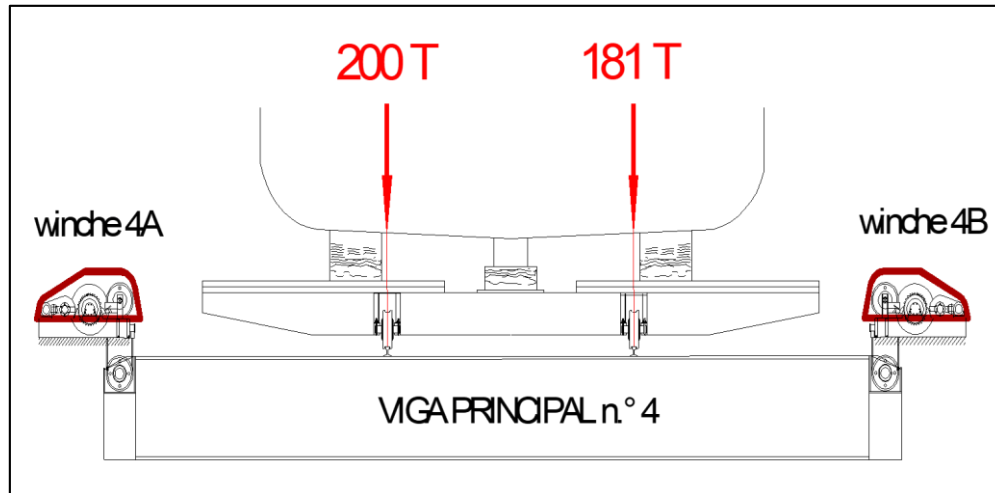
Monitoreo de cargas en la pantalla de control del Syncrolift.



3.2. Análisis estructural de la viga principal con mayor carga sometida a flexión

Figura 43

Vista frontal de viga principal sometida a flexión.



3.2.1. Determinación de las cargas

Para realizar los cálculos se ha considerado las siguientes cargas:

- Carga muerta
- Carga distribuida

3.2.2. Determinación de la carga muerta

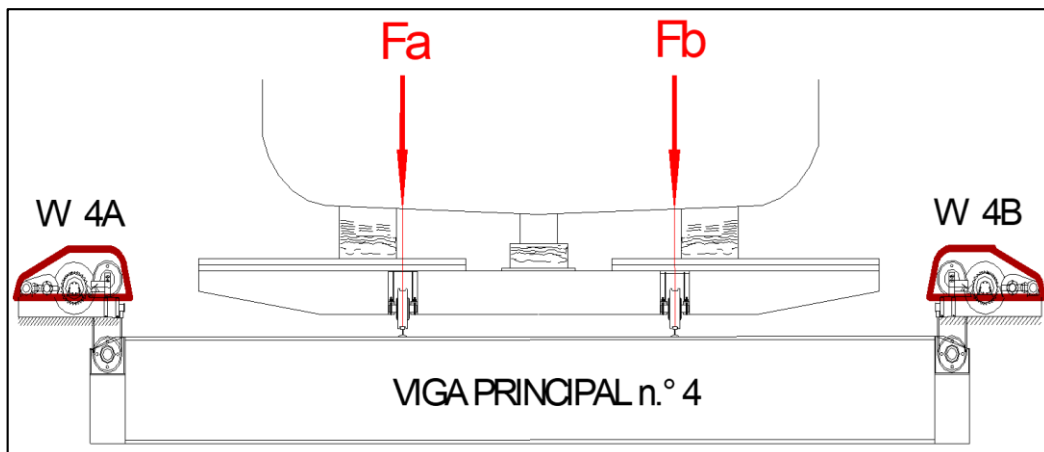
La carga muerta estará constituida por el peso propio de la estructura de la plataforma y todos sus elementos que se encuentran unidos y sujetos por los 14 winches.

3.2.3. Determinación de la carga viva

La carga distribuida de la embarcación potera JIN HAI 868 es de 750 toneladas aproximadamente y que en conjunto con la cuna de varado y los equipos del Syncrolift suman en total 1113 toneladas y se encuentran repartidas en determinadas áreas de la plataforma; la carga distribuida es la resultante de la carga que se pretende levantar más una sobrecarga. Esta última es considerada para evitar que la Plataforma falle por sobrepasar su carga nominal máxima. En la figura 43 observamos la viga principal con los puntos de concentración máxima de los tonelajes en la operación de varado de la embarcación potera.

Figura 44

Viga estáticamente determinada sometida al estado de carga.

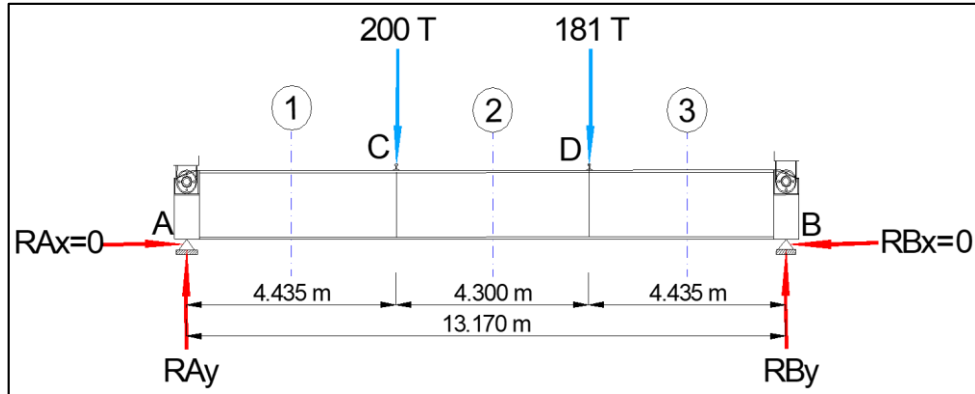


La viga estáticamente determinada está sometida al estado de carga mostrado, con cargas puntuales F_a y F_b .

3.3. Diagrama de cuerpo libre de viga principal n° 4

Figura 45

Diagrama de cuerpo libre de viga principal.



3.3.1. Cálculo de las reacciones verticales producidas en la viga transversal

Determinando la fuerza de reacción vertical hacia arriba R_{Ay} y R_{By} en los apoyos de la viga a través de las ecuaciones de equilibrio, se obtiene:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{Ay} - 200 \text{ t} - 181 \text{ t} + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} = 381 \text{ t} \dots \text{ ecuación (1)}$$

Efectuamos la multiplicación escalar Fuerza x Distancia:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow (-200 \text{ t}) * (4.435 \text{ m}) - (181 \text{ t}) * (8.735 \text{ m}) + R_{By} * (13.170 \text{ m}) = 0$$

$$-887 \text{ tm} - 1581.035 \text{ tm} + R_{By} * (13.170 \text{ m}) = 0$$

La reacción vertical R_{By} es:

$$\mathbf{R_{By} = 187.4 \text{ t}}$$

Reemplazamos en la ecuación (1):

$$R_{Ay} + R_{By} = 381 \text{ t}$$

$$R_{Ay} + 187.4 = 381 \text{ t}$$

Por lo tanto, la reacción vertical R_{Ay} es:

$$R_{Ay} = 193.6 \text{ t}$$

Figura 46

Reacciones verticales en la viga principal.

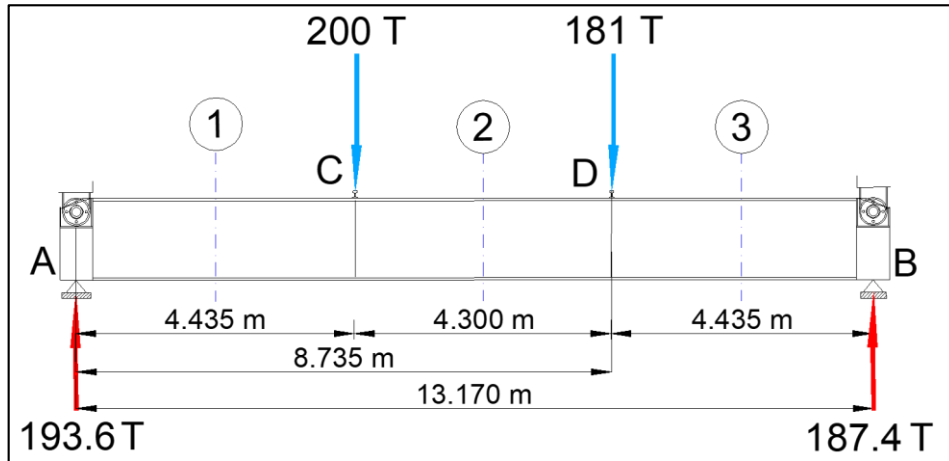
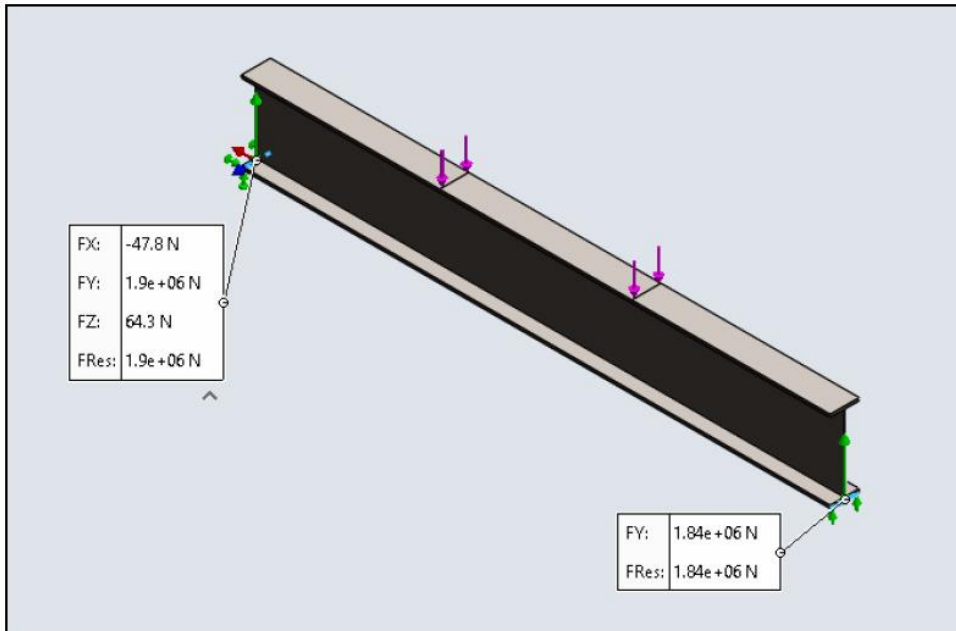


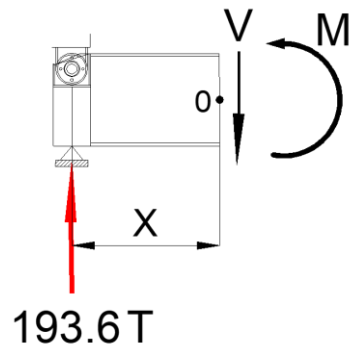
Figura 47

Cálculo de las reacciones en SolidWorks.



A continuación, determinaremos las fuerzas cortantes y el momento flector en cada zona seccionando de manera imaginaria la viga:

Sección 1: $0 \leq X \leq 4.435 \text{ m}$



$$\sum F_y = 0 \rightarrow 193.6 - V = 0$$

La fuerza cortante es:

$$\mathbf{V_1 = 193.6 \text{ t}}$$

De la ecuación:

$$\sum M_o = 0 \rightarrow M - 193.6 * X = 0$$

Obtenemos la ecuación de momento polinómica:

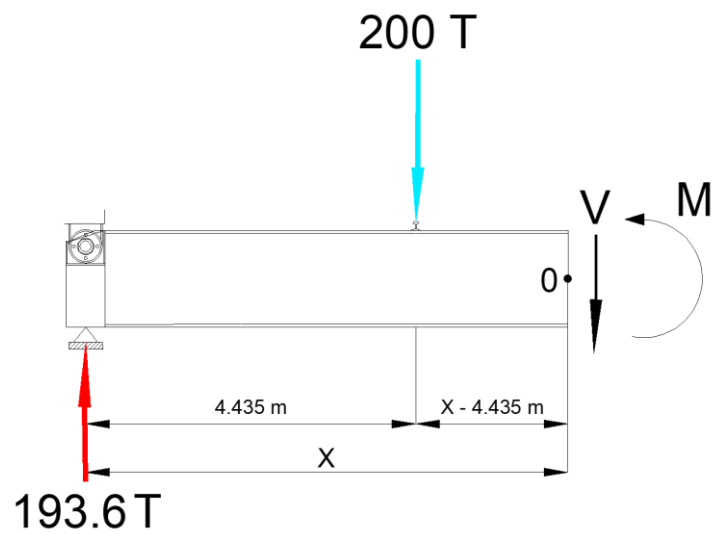
$$\mathbf{M_1 = 193.6 * X}$$

Reemplazando el valor de x: $M_1 = 193.6 \text{ t} * 4.435 \text{ m}$

Entonces, el momento flector máximo es:

$$\mathbf{M_1 = 858.62 \text{ tm}}$$

Sección 2: $4.435 \text{ m} \leq X \leq 8.735 \text{ m}$



$$\sum F_y = 0 \rightarrow 193.6 \text{ t} - 200 \text{ t} - V = 0$$

La fuerza cortante es:

$$V_2 = -6.4 \text{ t}$$

De la ecuación:

$$\sum M_o = 0 \rightarrow M + 200 \text{ t} * (X - 4.435 \text{ m}) - 193.6 \text{ t} X = 0$$

$$M + 200 \text{ t} X - 887 \text{ tm} - 193.6 \text{ t} X = 0$$

Obtenemos la ecuación de momento polinómica:

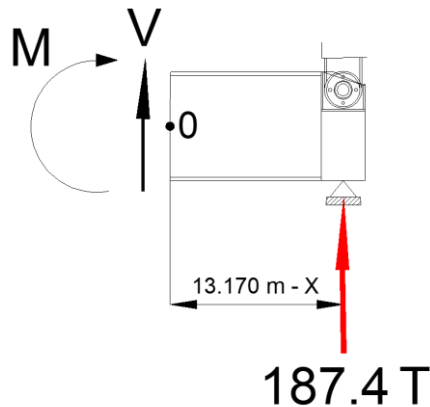
$$M_2 = -6.4 \text{ t} X + 887 \text{ tm}$$

Reemplazando el valor de x: $M_2 = (-6.4 \text{ t} * 8.735 \text{ m}) + 887 \text{ tm}$

Por lo tanto, el momento flector es:

$$M_2 = 831.1 \text{ tm}$$

Sección 3: $8.735 \text{ m} \leq X \leq 13.170 \text{ m}$



$$\sum F_y = 0 \rightarrow V + 187.4 \text{ t} = 0$$

La fuerza cortante es:

$$V_3 = -187.4 \text{ t}$$

De la ecuación:

$$\sum M_O = 0 \rightarrow -M + 187.4 \text{ t} * (13.170 \text{ m} - X) = 0$$

Obtenemos la ecuación de momento polinómica:

$$M_3 = 2\,468.06 \text{ tm} - 187.4X$$

Reemplazando el valor de x: $M_3 = 187.4 \times (13.170 - 13.170)$

Entonces, el momento flector es:

$$M_3 = 0$$

A continuación, veremos el comportamiento grafico para la fuerza cortante y el momento flector internos, producido por las fuerzas que se ejercen sobre la viga principal:

3.3.2. Cálculo Polinómico en Microsoft Excel para obtener los diagramas de fuerza cortante y momento flector

Ecuación genérica:

$$\Delta_v = M = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D \quad (11)$$

Derivada de la ecuación genérica:

$$V = 3Ax^2 + 2Bx + C \quad (12)$$

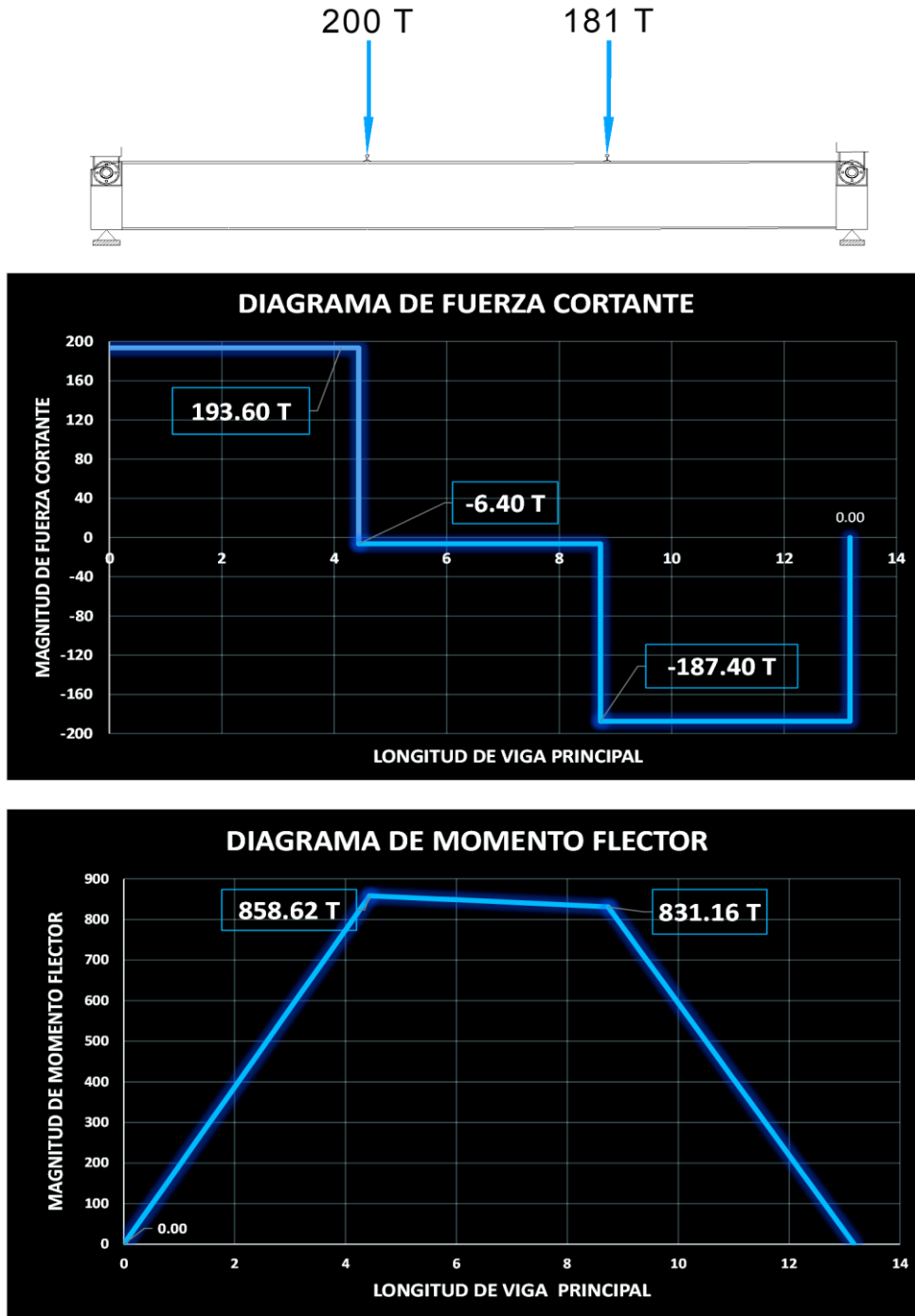
SECCIÓN	A	B	C	D	x inicial	x final
Sección 1	0	0	193.6	0	0	4.435
Sección 2	0	0	-6.4	887	4.435	8.735
Sección 3	0	0	-187.4	2468.1	8.735	13.17
Sección 4	0	0	0	0	0	0
Sección 5	0	0	0	0	0	0
Sección 6	0	0	0	0	0	0
Sección 7	0	0	0	0	0	0
Sección 8	0	0	0	0	0	0
Sección 9	0	0	0	0	0	0
Sección 10	0	0	0	0	0	0

Divisiones	Sección 1			Sección 2			Sección 3		
	x	V	M	x	V	M	x	V	M
1	0.00	193.60	0.00	4.44	-6.40	858.62	8.74	-187.40	831.16
2	0.32	193.60	61.33	4.74	-6.40	856.65	9.05	-187.40	771.80
3	0.63	193.60	122.66	5.05	-6.40	854.68	9.37	-187.40	712.43
4	0.95	193.60	183.99	5.36	-6.40	852.72	9.69	-187.40	653.06
5	1.27	193.60	245.32	5.66	-6.40	850.75	10.00	-187.40	593.70
6	1.58	193.60	306.65	5.97	-6.40	848.79	10.32	-187.40	534.33
7	1.90	193.60	367.98	6.28	-6.40	846.82	10.64	-187.40	474.97
8	2.22	193.60	429.31	6.59	-6.40	844.86	10.95	-187.40	415.60
9	2.53	193.60	490.64	6.89	-6.40	842.89	11.27	-187.40	356.24
10	2.85	193.60	551.97	7.20	-6.40	840.92	11.59	-187.40	296.87
11	3.17	193.60	613.30	7.51	-6.40	838.96	11.90	-187.40	237.50
12	3.48	193.60	674.63	7.81	-6.40	836.99	12.22	-187.40	178.14
13	3.80	193.60	735.96	8.12	-6.40	835.03	12.54	-187.40	118.77
14	4.12	193.60	797.29	8.43	-6.40	833.06	12.85	-187.40	59.41
15	4.44	193.60	858.62	8.74	-6.40	831.10	13.17	-187.40	0.04
Complemento	4.44	-6.40	858.62	8.74	-187.40	831.16	13.17	0.00	0.00

3.3.3. Diagrama de fuerza cortante y momento flector a máxima carga

Figura 48

Diagrama de fuerza cortante y momento flector en la viga principal.

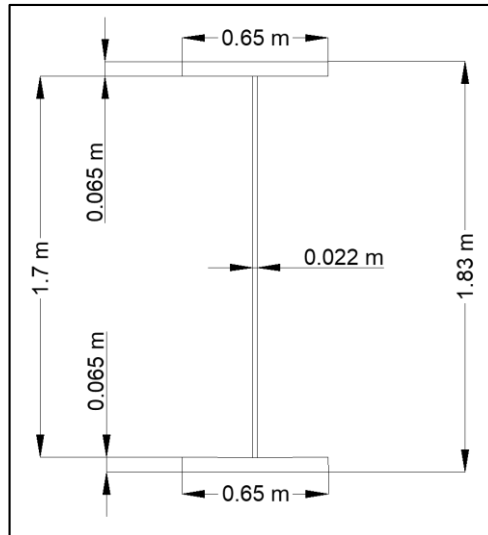


3.4. Cálculo del momento de inercia de la viga principal n° 4

Ilustración de la Sección transversal de la viga principal:

Figura 49

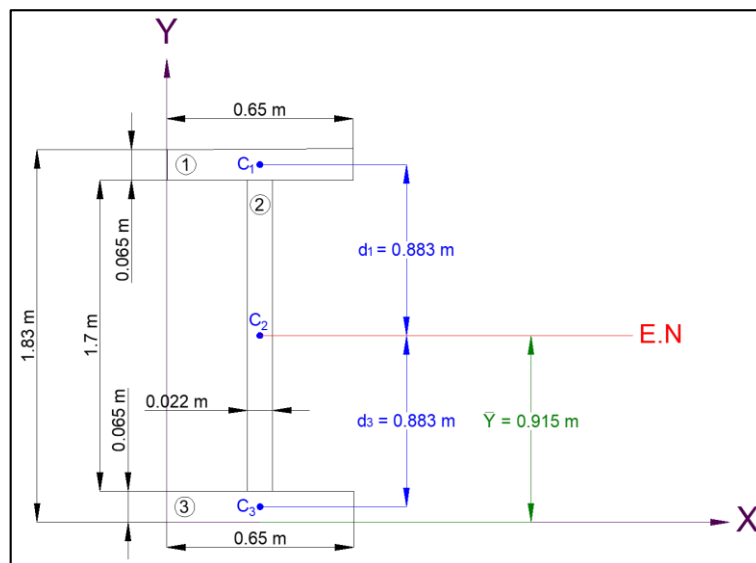
Sección transversal de la viga principal.



Localización del eje neutro y la coordenada \bar{Y} del centroide de la sección:

Figura 50

Localización del eje neutro y centroide de la sección.



Como la sección es simétrica en ambos ejes, la ubicación del centroide se encuentra exactamente a la mitad de la altura y a la mitad de su ancho, se representa con la siguiente ecuación:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} \quad (13)$$

Reemplazando datos:

$$\bar{Y} = \frac{1.83 \text{ m}}{2} = 0.915 \text{ m}$$

3.4.1. Cálculo de las áreas correspondientes a la viga principal:

El cálculo del área de un rectángulo está dado por la fórmula:

$$A_{\text{rectángulo}} = b \times h \quad (14)$$

Entonces, reemplazando datos obtenemos:

$$A1 = 0.65 \text{ m} \times 0.065 \text{ m}$$

$$\mathbf{A1 = 42.25 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

Para el área siguiente A_2 :

$$A2 = 0.022 \text{ m} \times 1.7 \text{ m}$$

$$\mathbf{A2 = 37.4 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

Finalmente, como la figura es simétrica:

$$\mathbf{A3 = A1 = 42.25 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

3.4.2. Inercia:

El valor del momento de inercia con respecto al eje neutro del perfil de la viga se calcula aplicando el Teorema de Steiner, dada la ecuación:

$$I = \frac{1}{12} x b x h^3 + A x d^2 \quad (15)$$

Reemplazamos datos y obtenemos las áreas de inercia

Figura 1:

Reemplazamos los datos en la ecuación anterior:

$$I_1 = \frac{1}{12} x (0.65 \text{ m}) x (0.065 \text{ m})^3 + 42.25 x 10^{-3} \text{ m}^2 x (0.883 \text{ m})^2$$

Entonces, el momento de inercia I_1 es:

$$I_1 = 32.957 x 10^{-3} \text{ m}^4$$

Figura 2:

Reemplazamos los datos:

$$I_2 = \frac{1}{12} x (0.022 \text{ m}) x (1.7 \text{ m})^3$$

Entonces, el momento de inercia I_2 es:

$$I_2 = 9.007 x 10^{-3} \text{ m}^4$$

Figura 3:

Como la sección es simétrica en ambos ejes, entonces:

$$I_3 = I_1 = 32.957 x 10^{-3} \text{ m}^4$$

Finalmente, el valor del momento de inercia total es:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_T = 32.957 x 10^{-3} \text{ m}^4 + 9.007 x 10^{-3} \text{ m}^4 + 32.957 x 10^{-3} \text{ m}^4$$

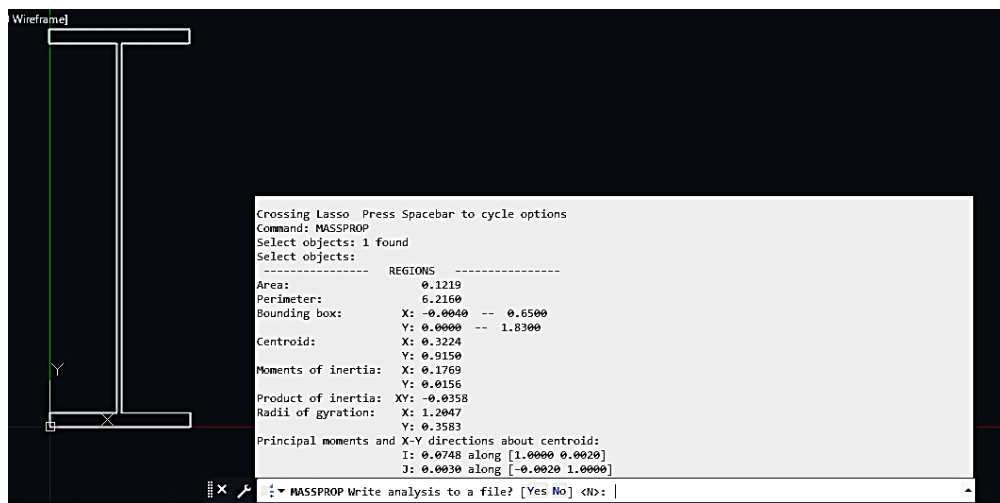
Entonces, el momento de inercia I_T es:

$$I_T = 74.92 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

3.4.3. Cálculo del momento de inercia y ubicación del centroide con el programa AutoCAD

Figura 51

Momento de inercia y ubicación del centroide de la sección con el programa AutoCAD.



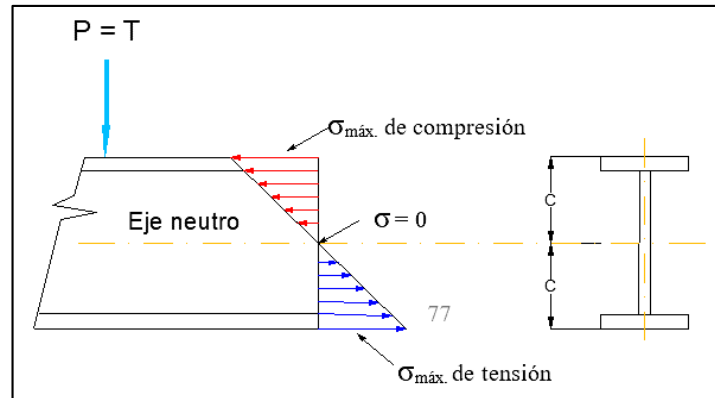
Observamos que los resultados obtenidos con el programa AutoCAD coinciden con los cálculos hechos manualmente.

3.4.4. Cálculo del esfuerzo debido a la Flexión

Vista transversal y vista lateral de la viga principal, distribución de esfuerzos sobre la sección de la Viga Principal:

Figura 52

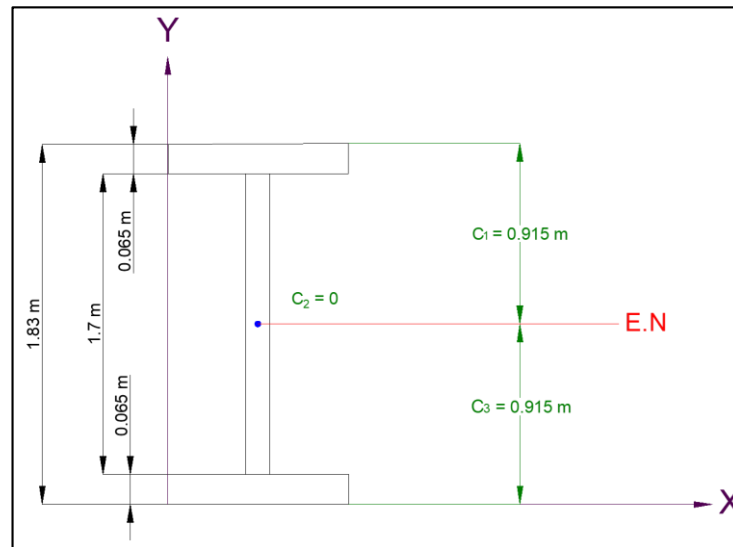
Distribución de esfuerzos sobre la sección de la viga principal.



3.4.4.1. Distancia "C":

Figura 53

Distancia "C" en la sección de la viga principal.



Como la sección es simétrica, observamos que la distancia $C_1 = C_3 = 0.915 \text{ m}$ será el mismo valor para el cálculo de esfuerzos máximos de Tensión y Compresión.

3.4.4.2. Cálculo del Esfuerzo que actúa sobre la sección de la viga principal:

De la fórmula:

$$\sigma_d = \frac{M_{\text{máx.}} \times C_1}{I_T} \quad (16)$$

Datos:

$$M_{\text{máx}} = 858.62 \text{ Tm} \times \frac{9806.65 \text{ Nm}}{1 \text{ Tm}} = 8\,420\,185.8 \text{ Nm} = 8.42 \times 10^6 \text{ Nm}$$

$$C_1 = 0.915 \text{ m}$$

$$I_T = 74.92 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

Reemplazando los datos en la fórmula para calcular el esfuerzo de diseño σ_d :

$$\sigma_d = \frac{8.42 \times 10^6 \text{ Nm} \times 0.915 \text{ m}}{74.92 \times 10^{-3} \text{ m}^4}$$

Convertimos el resultado obtenido a Mpa:

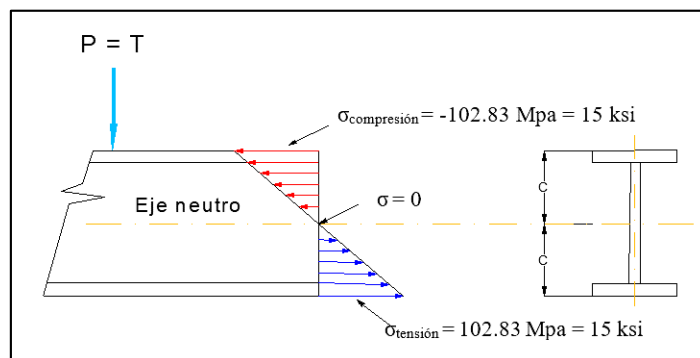
$$\sigma_d = 102.83 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \times 10^{-6} \text{ Mpa}}{1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

Entonces, el valor del esfuerzo de diseño será:

$$\sigma_d = 102.83 \text{ Mpa}$$

Figura 54

Esfuerzo de compresión y tensión.



3.4.4.3. Cálculo del valor requerido del Módulo de Sección elástico de la Viga Principal:

De la fórmula:

$$S = \frac{I_T}{C} = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_d} \quad (17)$$

Datos:

$$I_T = 74.92 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$C_1 = 0.915 \text{ m}$$

$$M_{\text{máx}} = 858.62 \text{ Tm} \times \frac{9806.65 \text{ Nm}}{1 \text{ Tm}} = 8\,420\,185.8 \text{ Nm} = 8.42 \times 10^6 \text{ Nm}$$

$$\sigma_d = 102.83 \text{ Mpa} = 102.83 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Reemplazando los datos en la fórmula para calcular el módulo de sección elástico de la viga principal:

$$S = \frac{74.92 \times 10^{-3} \text{ m}^4}{0.915 \text{ m}}$$

$$S = 81.88 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$S = \mathbf{81.88 \text{ mm}^3 \approx 82 \text{ mm}^3}$$

Comprobamos

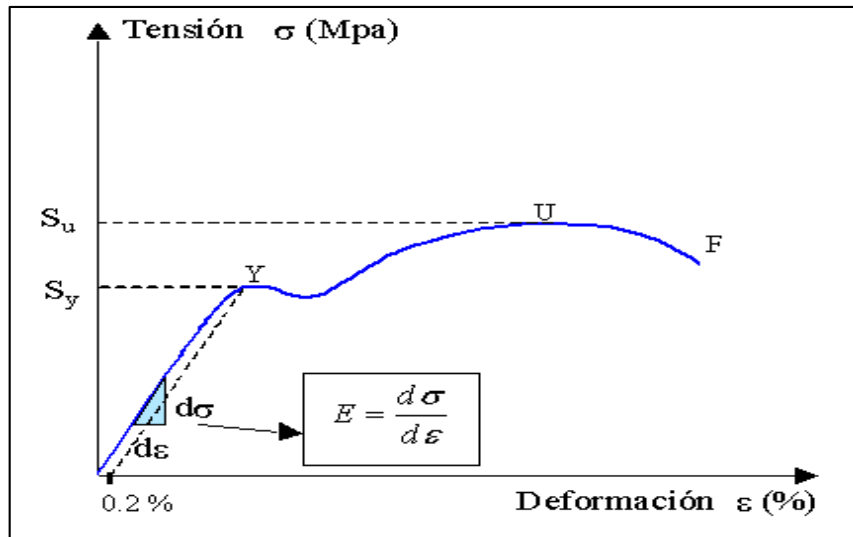
$$S = \frac{8.42 \times 10^6 \text{ Nm}}{102.83 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S = \mathbf{81.88 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \approx 82 \text{ mm}^3}$$

3.4.4.4. Cálculo del porcentaje de deformación en la sección de la viga principal

Figura 55

Diagrama de esfuerzo - deformación del acero.



Fuente: (Mecapedia, 2021).

De la fórmula para el cálculo Módulo de Elasticidad del acero al carbono:

$$E = \frac{\sigma_d}{\epsilon} \quad (18)$$

Relación entre el incremento de Tensión aplicados a la viga principal y el incremento de deformación longitudinal

Entonces:

$$\epsilon = \frac{\sigma_d}{E} \% \quad (19)$$

Datos:

Módulo de elasticidad del acero al carbono:

$$E = 207 \text{ GPa} = 207\,000 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 102.83 \text{ Mpa}$$

Reemplazamos los datos en la fórmula para hallar deformación

$$\varepsilon = \frac{102.83 \text{ MPa}}{207\,000 \text{ MPa}} = 0.000\,496\,763 \times 100 \%$$

$$\varepsilon = 0.049\,676 \% \approx 0.05 \%$$

Figura 56

Deformación Unitaria con programa SolidWorks.

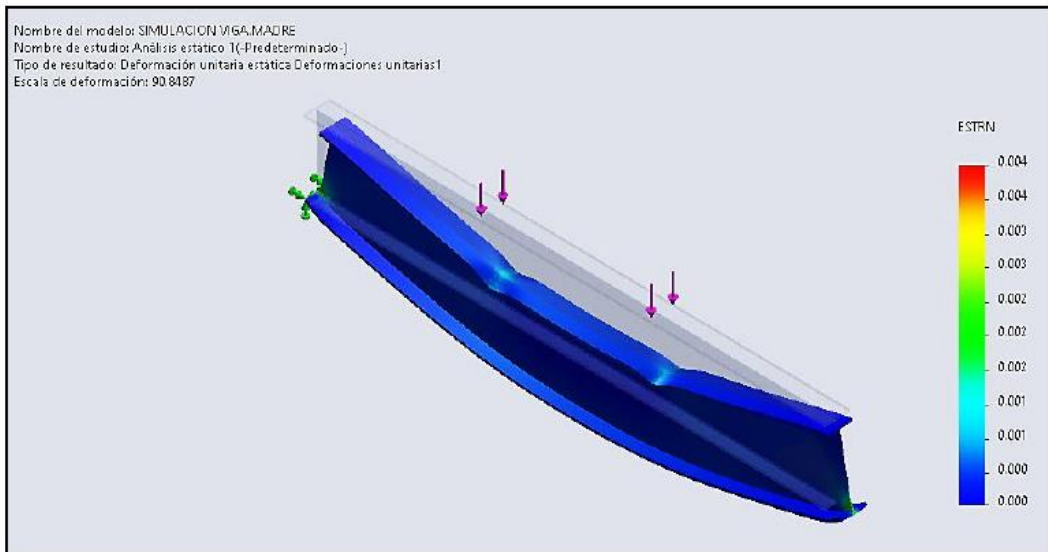
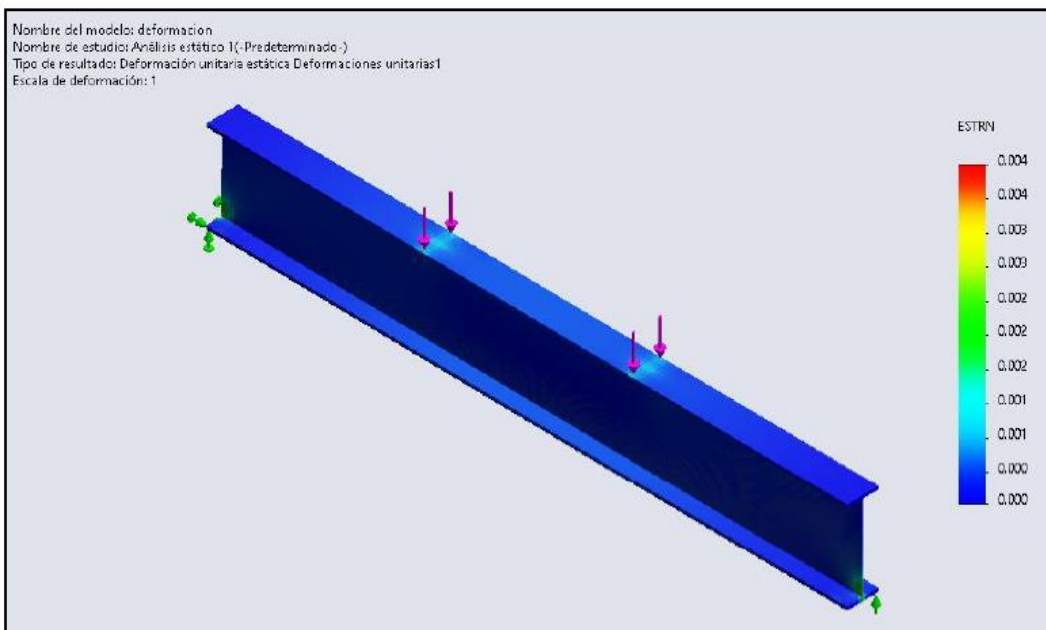


Figura 57

Deformación Unitaria Real con programa SolidWorks.



3.4.4.5. Cálculo del Esfuerzo Admisible o Esfuerzo de trabajo que no debe exceder la sección de la viga principal:

Datos: de la Tabla 6

Límite elástico o Resistencia de fluencia (F_y) = 345 MPa

Factor de seguridad de la viga principal (η) = 2

De la fórmula:

$$\text{Esfuerzo admisible } (\eta) = \frac{\text{resistencia de fluencia } (F_y)}{\text{Factor de seguridad } (\eta)} \quad (20)$$

Reemplazamos datos

$$\text{Esfuerzo admisible } (\eta) = \frac{345 \text{ MPa}}{2}$$

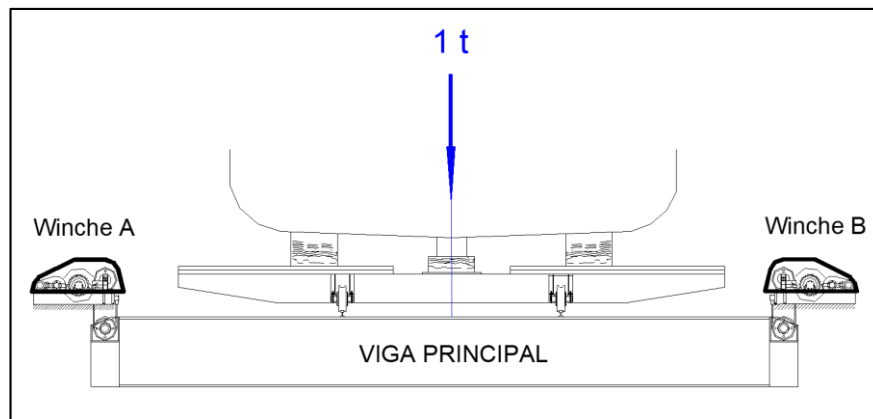
$$\text{Esfuerzo admisible } (\eta) = 172.5 \text{ MPa} \approx 173 \text{ MPa}$$

3.4.5. Cálculo de la deformación máxima producida cuando está a plena carga (Varado)

3.4.5.1. Cálculo del momento en la viga debido a carga virtual

Figura 58

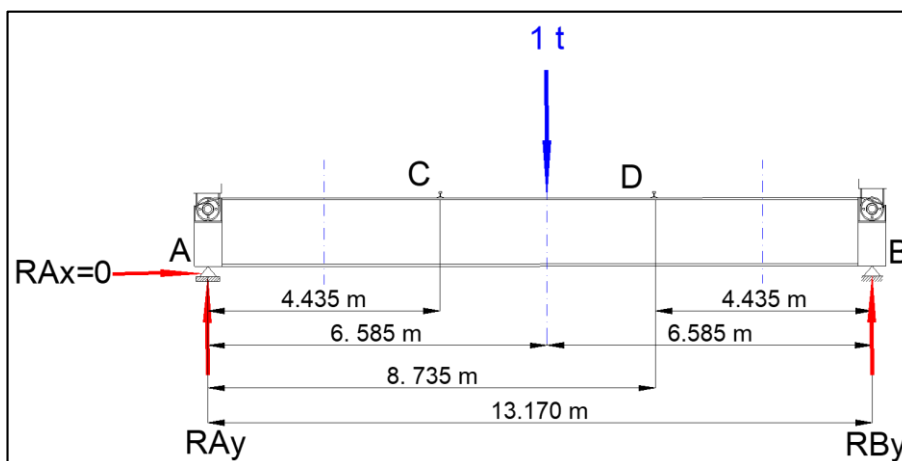
Viga estáticamente determinada sometida al estado de carga ideal.



3.4.5.2. Diagrama de cuerpo libre virtual

Figura 59

Diagrama de cuerpo libre ideal de viga principal



3.4.5.3. Cálculo de las reacciones verticales producidas en la viga transversal

Determinando la fuerza de reacción vertical hacia arriba R_{Ay} y R_{By} en los apoyos de la viga a través de las ecuaciones de equilibrio, se obtiene:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{Ay} - 1 \text{ t} + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} = 1 \text{ t} \dots \text{ ecuación (1)}$$

Efectuamos la multiplicación escalar Fuerza x Distancia:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow (-1 \text{ t})(6.585 \text{ m}) + R_{By}(13.170 \text{ m}) = 0$$

$$-6.585 \text{ tm} + R_{By}(13.170 \text{ m}) = 0$$

La reacción vertical R_{By} es:

$$R_{By} = 0.5 \text{ t}$$

Reemplazamos en la ecuación (1):

$$R_{Ay} + R_{By} = 1 \text{ t}$$

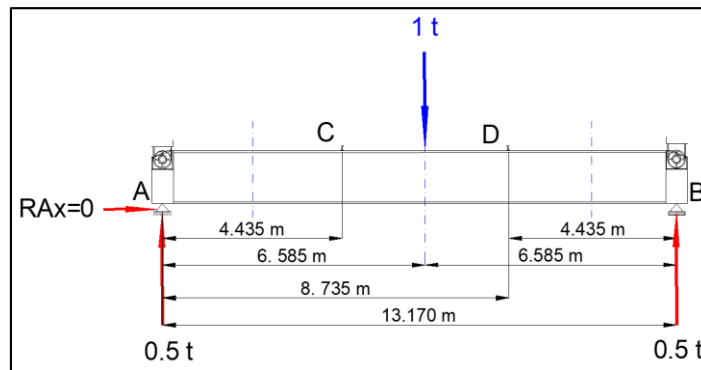
$$R_{Ay} + 0.5 \text{ t} = 1 \text{ t}$$

Por lo tanto, la reacción vertical R_{Ay} es:

$$R_{Ay} = 0.5 \text{ t}$$

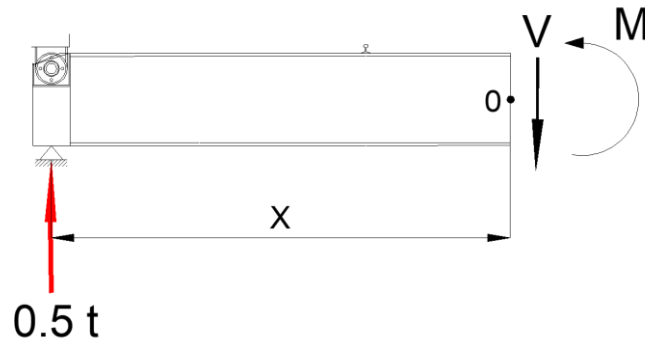
Figura 60

Reacciones verticales en la viga principal.



A continuación, determinaremos las fuerzas cortantes y el momento flector en cada zona seccionando de manera imaginaria la viga:

Sección 1: $0 \leq X \leq 6.585 \text{ m}$



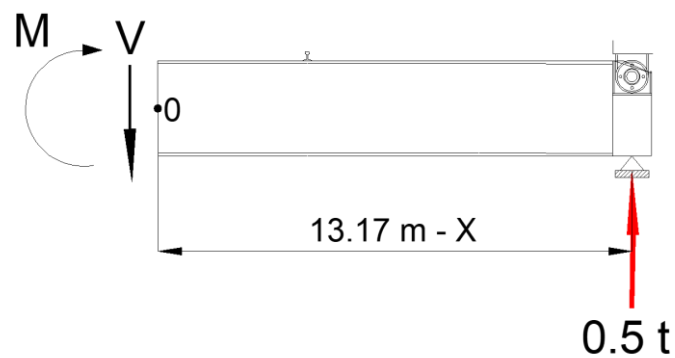
De la ecuación:

$$\sum m_o = 0 \rightarrow M - 0.5 * X = 0$$

Obtenemos la ecuación de momento polinómica:

$$m_1 = 0.5 * X$$

Sección 2: $6.585 \text{ m} \leq X \leq 13.17 \text{ m}$



De la ecuación:

$$\sum m_o = 0 \rightarrow -m + 0.5 t * (13.17 \text{ m} - X) = 0$$

Obtenemos la ecuación de momento polinómica:

$$m_2 = 6.585 \text{ tm} - 0.5X$$

3.4.5.4. Aplicación de la ecuación para el cálculo de la deformación máxima

$$\Delta_v = \int_0^L \frac{M * m}{E * I} dx \quad (21)$$

M = momento debido a carga real

m = momento debido a carga unitaria

a. **Tramo entre:** $0 \leq X \leq 4.435$ m

$$\Delta_{v1} = \int_0^{4.435} \frac{(193.6X) * (0.5X)}{E * I} dx + \int_0^{4.435} \frac{(96.8 X^2)}{E * I} dx = \int_0^{4.435} 96.8 * \frac{X^3}{3}$$

$$\Delta_{v1} = \frac{32.27 * (4.435)^3}{E * I}$$

$$\Delta_{v1} = \frac{2815}{E * I}$$

b. **Tramo entre:** $4.435 \text{ m} \leq X \leq 6.585$ m

$$\Delta_{v2} = \int_{4.435}^{6.585} \frac{(-6.4X + 887) * (0.5X)}{E * I} dx = \int_{4.435}^{6.585} \frac{-3.2X^2 + 443.5X}{E * I} dx$$

$$\Delta_{v2} = \int_{4.435}^{6.585} \frac{-3.2X^3}{3} + \frac{443.5X^2}{2} = \int_{4.435}^{6.585} -1.07X^3 + 221.75X^2$$

$$\Delta_{v2} = [(-1.07 * (6.585)^3 + 221.75 * (6.585)^2)] - [-1.07 * (4.435)^3 + 221.75 * (4.435)^2]$$

$$\Delta_{v2} = (-305.53 + 9615.57) - (-93.34 + 4361.65)$$

$$\Delta_{v2} = \frac{5041.73}{E * I}$$

c. **Tramo entre:** $6.585 \text{ m} \leq X \leq 8.735 \text{ m}$

$$\Delta_{v3} = \int_{6.585}^{8.735} \frac{(-6.4X + 887) * (6.585 - 0.5X)}{E * I} dx = \int_{6.585}^{8.735} \frac{-42.14X + 3.2X^2 + 5\,840.9 - 443.5X}{E * I}$$

$$\Delta_{v3} = \int_{6.585}^{8.735} \frac{3.2X^2 - 485.64X + 5\,840.9}{E * I} = \int_{6.585}^{8.735} \frac{3.2X^3}{3} - \frac{485.64X^2}{2} + 5\,840.9X$$

$$\Delta_{v3} = \frac{1.07X^3 - 242.82X^2 + 5\,840.9X}{E * I}$$

$$\Delta_{v3} = [1.07 * (8.735)^3 - 242.82 * (8.735)^2 + 5\,840.9 * (8.735)] - [1.07 * (6.585)^3 - 242.82 * (6.585)^2 + 5\,840.9 * (6.585)]$$

$$\Delta_{v3} = (713.14 - 18\,527.22 + 51\,020.26) - (305.53 - 10\,529.22 + 38\,462.33)$$

$$\Delta_{v3} = \frac{4\,967.54}{E * I}$$

d. **Tramo entre:** $8.735 \text{ m} \leq X \leq 13.17 \text{ m}$

$$\Delta_{v4} = \int_{8.735}^{13.17} \frac{(2\,468.06 - 187.4X) * (6.585 - 0.5X)}{E * I} dx = \int_{8.735}^{13.17} \frac{16\,252.18 - 1\,234.03X - 1\,234.03X + 93.7X^2}{E * I}$$

$$\Delta_{v4} = \int_{8.735}^{13.17} \frac{93.7X^2 - 2\,468.06X + 16\,252.18}{E * I} = \int_{8.735}^{13.17} \frac{93.7X^3}{3} - \frac{2\,468.06X^2}{2} + 16\,252.18X$$

$$\Delta_{v4} = \int_{8.735}^{13.17} 31.23X^3 - 1\,234.03X^2 + 16\,252.18X$$

$$\Delta_{v4} = [31.23 * (13.17)^3 - 1\,234.03 * (13.17)^2 + 16\,252.18 * (13.17)] - [31.23 * (8.735)^3 - 1\,234.03 * (8.735)^2 + 16\,252.18 * (8.735)]$$

$$\Delta_{v3} = (71\,339.38 - 214\,041.15 + 214\,041.21) - (20\,814.25 - 94\,156.77 + 141\,962.79)$$

$$\Delta_{v4} = \frac{2\,719.17}{E * I}$$

Suma total de las integrales

$$\Delta_{vT} = \Delta_{v1} + \Delta_{v2} + \Delta_{v3} + \Delta_{v4}$$

$$\Delta_{vT} = 2\,815 + 5\,041.73 + 4\,967.54 + 2\,719.17$$

$$\Delta_{vT} = 15\,543.44 \text{ tm}^3$$

3.4.5.5. Cálculo de la deformación máxima producida a plena carga

Datos:

Módulo de elasticidad del acero al carbono:

$$E = 207 \text{ GPa} = 207\,000 \text{ MPa} = 2\,111 \text{ t/cm}^2$$

$$I = 74.92 \times 10^{-3} \text{ m}^4 = 7\,492\,000 \text{ cm}^4$$

Reemplazamos datos

$$\Delta_v = \frac{15\,543.44 \text{ t} \cdot \text{m}^3}{2\,111 \text{ t/cm}^2 \cdot 7\,492\,000 \text{ cm}^4} \cdot \frac{(100^3 \text{ cm})^3}{(1 \text{ m})^3}$$

$$\Delta_v = 0.982 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm} \downarrow$$

$$\Delta_v = 10 \text{ mm} \downarrow$$

Se comprueba que existe deflexión en la viga con máxima carga.

Figura 61

Cálculo del desplazamiento con el programa SolidWorks.

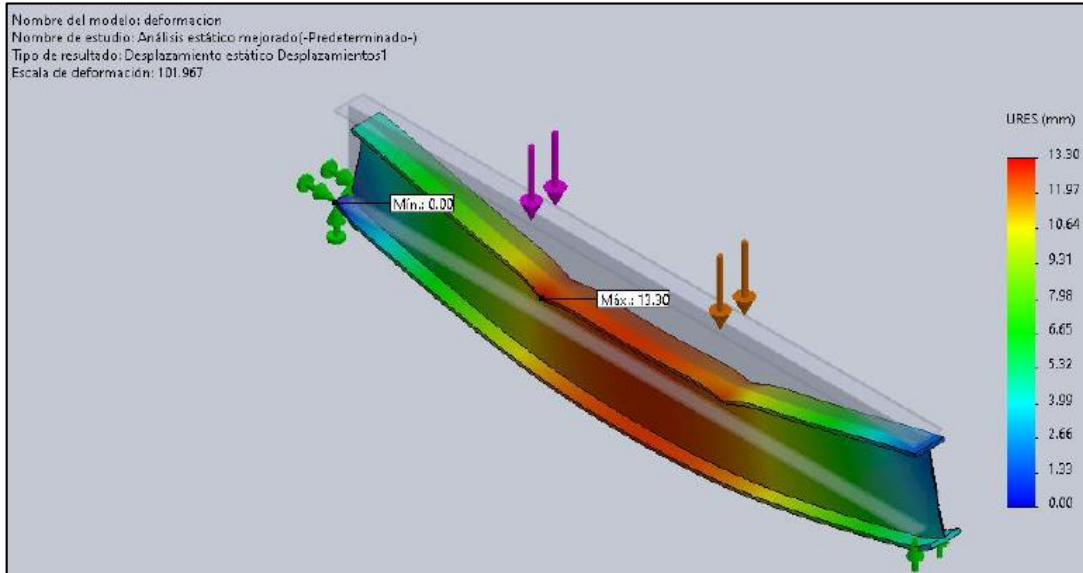
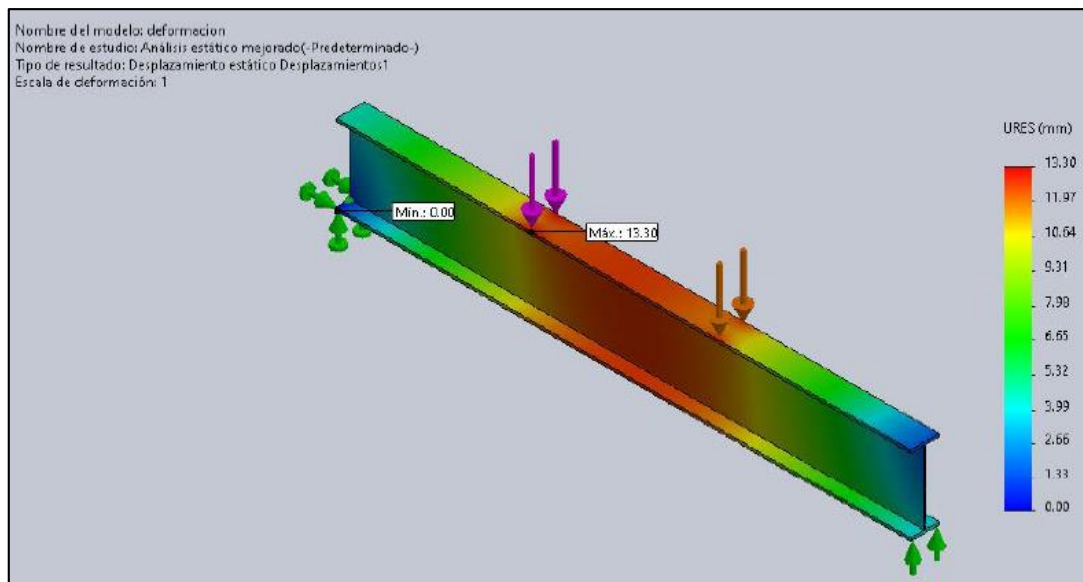


Figura 62

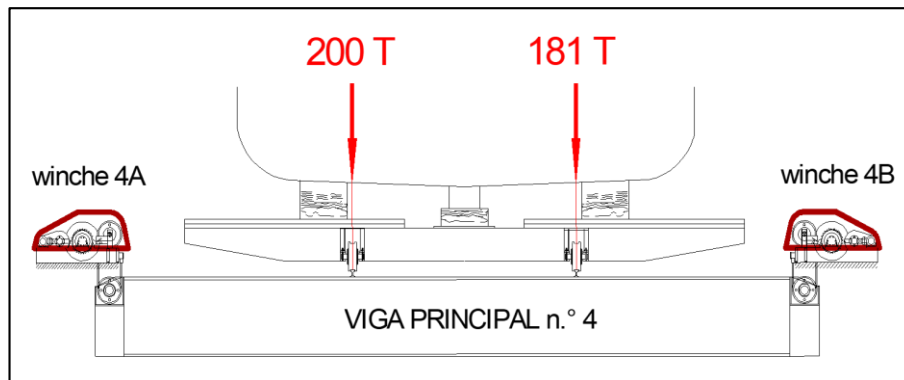
Zona de máxima carga.



3.5. Cables metálicos

3.5.1. Cálculos del esfuerzo en el cable sometido a sobrecarga de 200 t

De la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Datos del cable:

Diametro

$$d = 1 \frac{3}{8} \text{ pulg} \times 6 \text{ toroides} \times 36 \text{ alambres} = 1.375 \text{ pulg} \times 6 \times 36$$

Longitud

$$L = 100 \text{ m}$$

Material: cable de acero flexible con alma independiente plastificado, sentido de giro RH derecho.

Factor de Seguridad: 3

Diametro de la Polea:

$$D = 33 \frac{3}{4} \text{ pulg} = 33.75 \text{ pulg}$$

De la Tabla 5, obtenemos el diametro de la polea con mejores medidas:

$$D = 27 \times d = 27 \times 1.375 \text{ pulg}$$

$D = 37.125 \text{ pulg}$ se comprueba que el diámetro de la polea se encuentra dentro del rango correcto de trabajo.

Diametro de los alambres: según Tabla 5

$$d_w = 0.048 \times d = 0.048 \times 1.375''$$

$$d_w = 0.066 \text{ pulg}$$

Area del metal: según tabla 5

$$A_m = 0.40 \times d^2 = 0.40 \times 1.375^2$$

$$A_m = 0.756 \text{ pulg}^2$$

Modulo de Young del cable: según tabla 5

$$E_r = 12 \times 10^6 \text{ psi (libras/pulg}^2\text{)} = 82\,737.09 \text{ MPa}$$

3.5.2. Calculo del Esfuerzo de Flexion en los alambres exteriores del cable al pasar alrededor de la polea de 33.75"Ø:

De la ecuacion **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

$$\sigma_f = E_r \times \frac{d_w}{D}$$

Reemplazamos datos en la ecuación anterior para obtener el esfuerzo de tensión en los alambres exteriores al pasar por la polea.

$$\sigma_f = 12 \times 10^6 \text{ psi} \times \frac{0.066 \text{ pulg}}{33.75 \text{ pulg}}$$

$$\sigma_f = 23\,466.67 \text{ psi}$$

3.5.3. Calculo de la Carga de Flexion equivalente

De la ecuacion (5):

$$F_b = \sigma_f \times A_m = \frac{E_r \times d_w \times A_m}{D}$$

Reemplazamos datos en la ecuación anterior para obtener la carga de flexión equivalente

$$F_b = \frac{12 \times 10^6 \text{ libras/pulg}^2 \times 0.066 \text{ pulg} \times 0.756 \text{ pulg}^2}{33.75 \text{ pulg}}$$

$$F_b = 17\,740.8 \text{ libras} \approx 8.05 \text{ toneladas}$$

3.5.4. Cálculo del Esfuerzo de contacto

Presión del cable en la ranura de la polea.

De la ecuación (6):

$$p = \frac{2 \times F}{d \times D}$$

La fuerza de tensión “F” que está sometido el cable del winche 4A según los datos al momento de la varada de la embarcación en estudio JIN HAI 868 el peso soportado en el winche 4ª es:

$$F = 200 \text{ Toneladas} = 440\,925 \text{ libras}$$

Reemplazamos datos

$$p = \frac{2 \times 440\,925 \text{ libras}}{1.375 \text{ pulg} \times 33.75 \text{ pulg}}$$

$$p = 19\,002.83 \text{ libras/pulg}^2 \text{ (psi)}$$

$$p = 0.13 \text{ kN/mm}^2$$

3.5.5. Cálculo de la Resistencia última a la tensión del Alambre:

En la práctica, se debe determinar la resistencia del alambre S_u del cable en consideración con la ecuación (7):

$$S_u = \frac{2000 \times F}{d \times D}$$

Reemplazamos datos

$$S_u = \frac{2000 \times 440\,925 \text{ libras}}{1.375 \text{ pulg} \times 33.75 \text{ pulg}}$$

$$S_u = 19\,002\,828.3 \text{ libras/pulg}^2 \text{ (psi)}$$

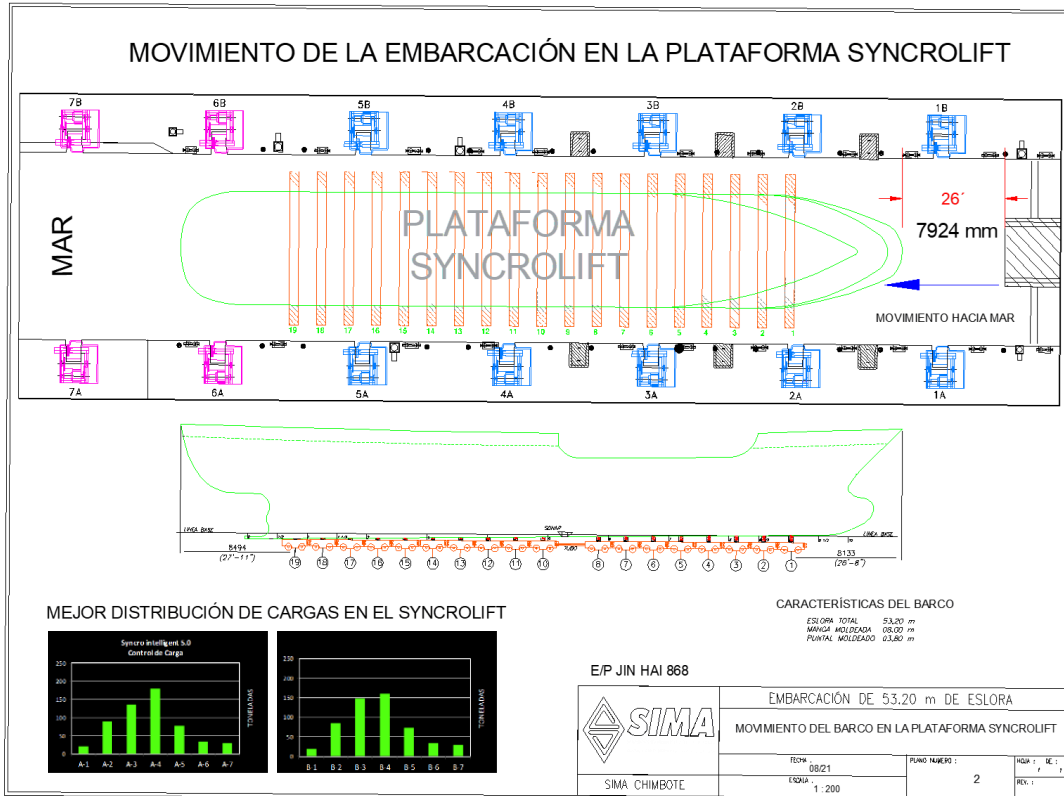
$$S_u = 131 \text{ kN/mm}^2$$

La falla por fatiga de un cable metálico no es repentina, como en los cuerpos sólidos, sino progresiva y se manifiesta a través de la ruptura de un alambre exterior. Esto significa que el comienzo de la fatiga se puede detectar mediante una inspección periódica de rutina. Por lo que resulta muy importante que se especifique e insista en que se lleven a cabo inspecciones periódicas, lubricación y procedimientos de mantenimiento durante toda la vida del cable.

3.6. Propuesta de mejora: Plataforma sometida a cargas ideales

Figura 63

Desplazamiento hacia mar de embarcación potera en el Syncrolift.



3.6.1. Registro de cargas en los winches desplazando la embarcación 7924 mm (26 ‘pies) hacia mar

Figura 64

Registro de cargas mejoradas en los winches del Syncrolift.

VARADAS Y DESVARADAS PLATAFORMA SYNCROLIFT						CARGAS EN WINCHES														CARGA DE WINCHES LAFOA	CARGA DE WINCHES LADO B	TONELAJE TOTAL EN WINCHES
						WINCHES LADO A							WINCHES LADO B									
						180 T				135 T			180 T				135 T					
ACCIÓN	PESO PLATF. SYNCRO.	CANT. C. CUNA	PESO C.CUNA	PESO EMBARC.	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	LAFOA	LADO B	WINCHES	
VAR	270	18	117	726	21	89	136	179	77	34	30	19	85	147	160	73	33	30	566	547	1113	

Observamos que con el desplazamiento hecho los winches A – 4 y B – 4 minimizan las cargas que soportaban anteriormente.

Tabla 13

Registro de distancia - cargas ideales en los winches lado "A".

WINCHE LADO "A"	X – Distancia (metros)	Y – Cargas (Toneladas)
A – 1	5. 325	21
A – 2	15. 975	89
A – 3	26. 625	136
A – 4	37. 275	179
A – 5	47. 925	77
A – 6	58. 575	34
A – 7	69. 225	30

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Línea de tendencia polinómica de cargas ideales en los winches lado "A":

Figura 65

Línea de tendencia polinómica de cargas ideales en los winches lado "A".

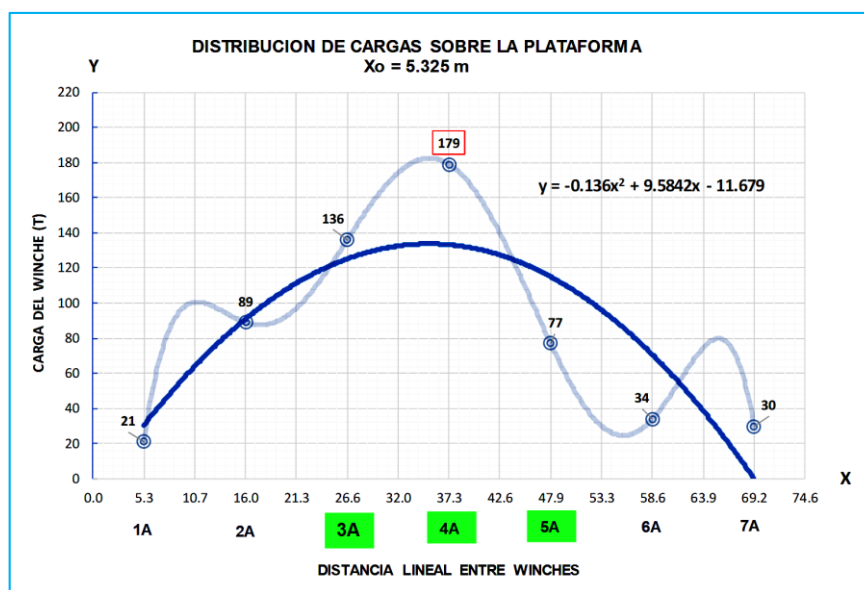


Tabla 14

Registro de distancia – cargas ideales en los winches lado "B".

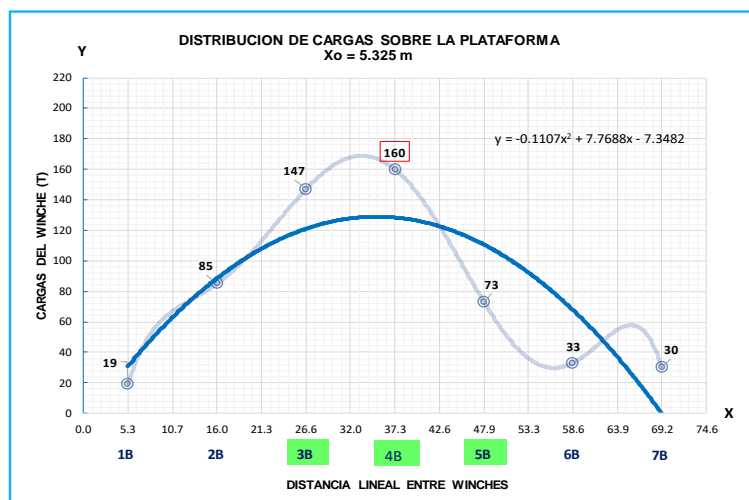
WINCHE LADO "B"	X – Distancia (metros)	Y – Cargas (Toneladas)
B – 1	5. 325	19
B – 2	15. 975	85
B – 3	26. 625	147
B – 4	37. 275	160
B – 5	47. 925	73
B – 6	58. 575	33
B – 7	69. 225	30

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3. Línea de tendencia polinómica de cargas ideales en los winches lado "B":

Figura 66

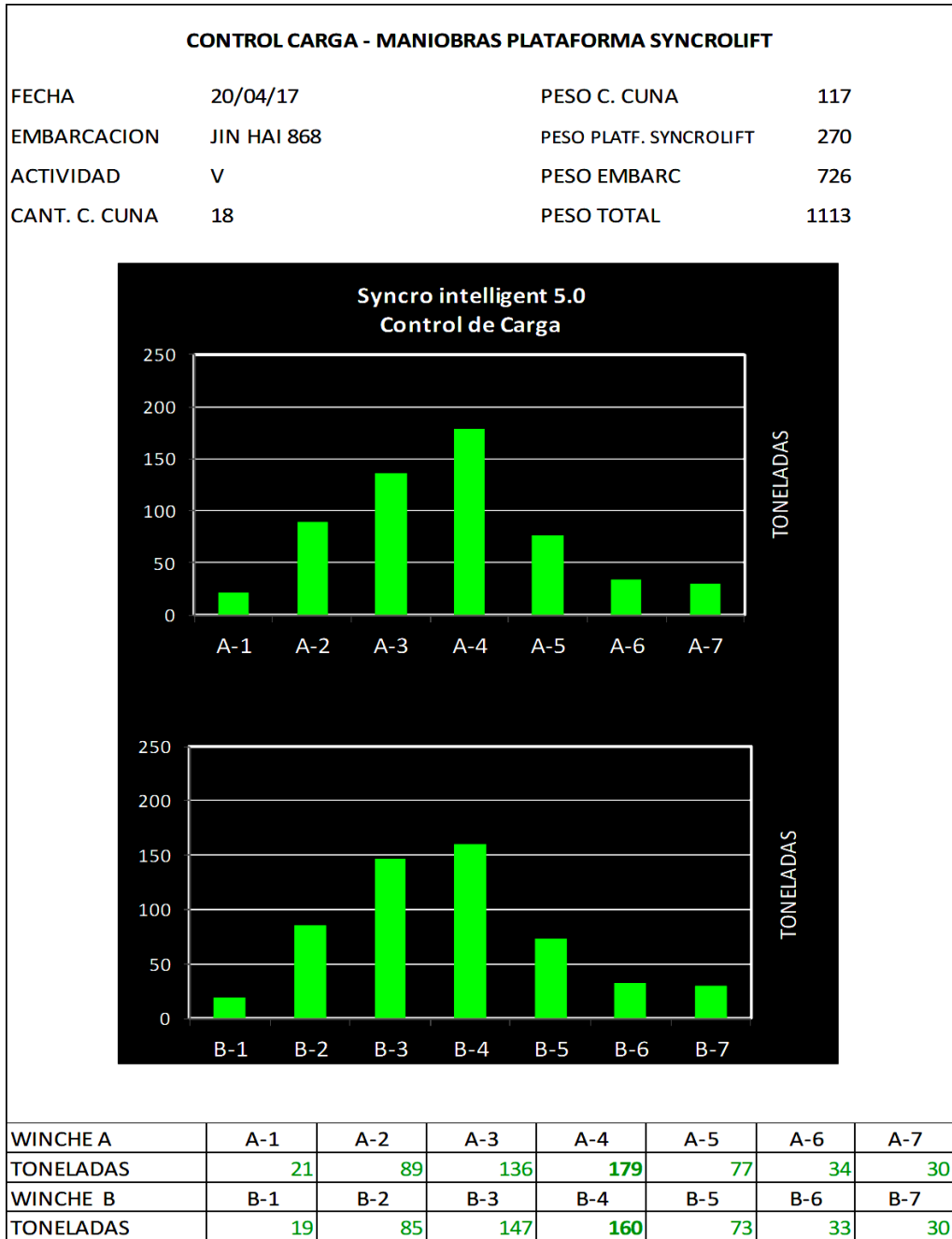
Línea de tendencia polinómica de cargas ideales en los winches lado "B".



3.6.4. Registro de cargas ideales en la pantalla de control del Syncrolift

Figura 67

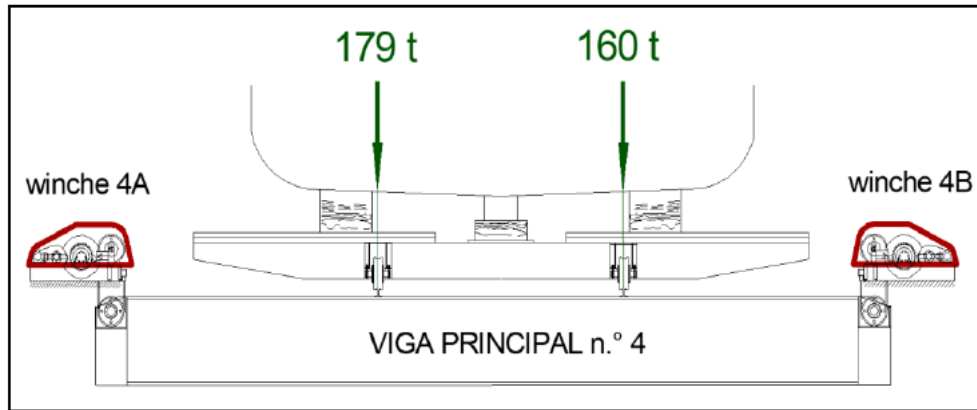
Monitoreo de cargas ideales en la pantalla de control del Syncrolift.



3.6.5. Analisis estructural de la viga principal con carga ideal

Figura 68

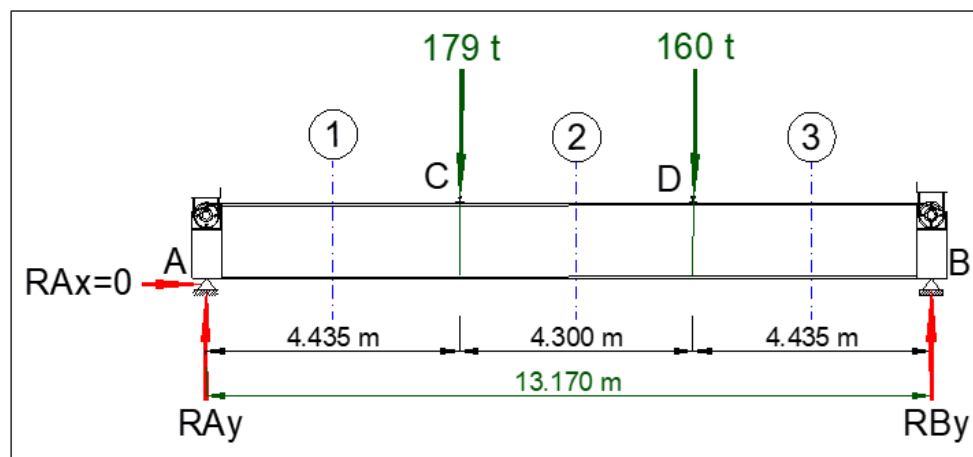
Viga estáticamente determinada sometida al estado de carga ideal.



3.6.5.1. Diagrama de cuerpo libre de viga principal n.º 4

Figura 69

Diagrama de cuerpo libre ideal de viga principal.



3.6.5.2. Cálculo de las reacciones verticales producidas en la viga transversal

Determinando la fuerza de reacción vertical hacia arriba R_{Ay} y R_{By} en los apoyos de la viga a través de las ecuaciones de equilibrio, se obtiene:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{Ay} - 179 \text{ t} - 160 \text{ t} + R_{By} = 0$$
$$R_{Ay} + R_{By} = 339 \text{ t} \dots \text{ ecuación (1)}$$

Efectuamos la multiplicación escalar Fuerza x Distancia:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow (-179 \text{ t})(4.435 \text{ m}) - (160 \text{ t})(8.735 \text{ m}) + R_{By}(13.17 \text{ m}) = 0$$
$$-793.87 \text{ tm} - 1397.6 \text{ tm} + R_{By}(13.170 \text{ m}) = 0$$

La reacción vertical R_{By} es:

$$\mathbf{R_{By} = 166.4 \text{ t}}$$

Reemplazamos en la ecuación (1):

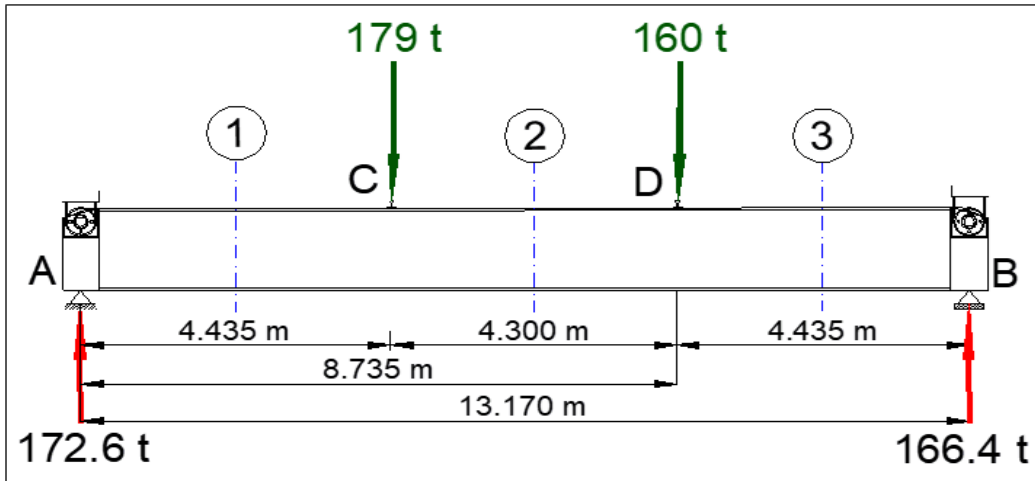
$$R_{Ay} + R_{By} = 339 \text{ t}$$
$$R_{Ay} + 166.4 \text{ t} = 339 \text{ t}$$

Por lo tanto, la reacción vertical R_{Ay} es:

$$\mathbf{R_{Ay} = 172.6 \text{ T}}$$

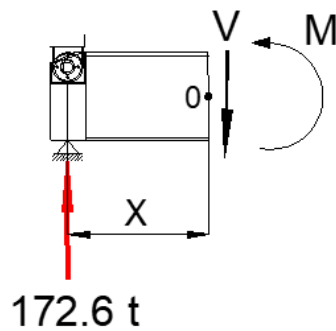
Figura 70

Reacciones verticales ideales en la viga principal.



A continuación, determinaremos las fuerzas cortantes y el momento flector en cada zona seccionando de manera imaginaria la viga:

Sección 1: $0 \leq X \leq 4.435 \text{ m}$



$$\sum F_y = 0 \rightarrow 172.6 \text{ t} - V = 0$$

La fuerza cortante es:

$$V_1 = 172.6 \text{ t}$$

De la ecuación:

$$\sum M_o = 0 \rightarrow M - 172.6X = 0$$

Obtenemos la ecuación de momento polinómica:

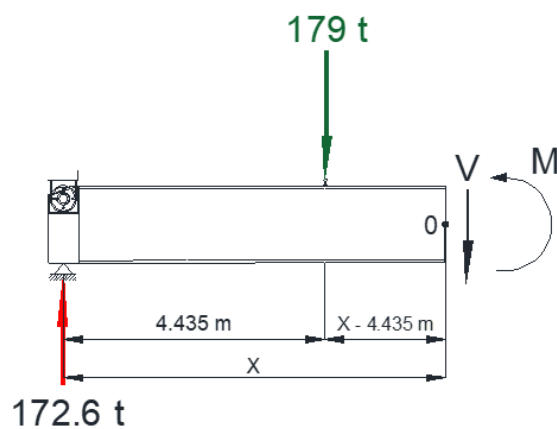
$$M_1 = 172.6X$$

Reemplazando el valor de x: $M_1 = 172.6 \text{ t} * 4.435 \text{ m}$

Entonces, el momento flector máximo es:

$$M_1 = 765.5 \text{ tm}$$

Sección 2: $4.435 \text{ m} \leq X \leq 8.735 \text{ m}$



La fuerza cortante es:

$$V_2 = -6.4 \text{ T}$$

De la ecuación:

$$\sum M_o = 0 \rightarrow M + 179 \text{ t} * (X - 4.435 \text{ m}) - 172.6X = 0$$

$$M + 179X - 793.87 \text{ t} - 172.6X = 0$$

Obtenemos la ecuación de momento polinómica:

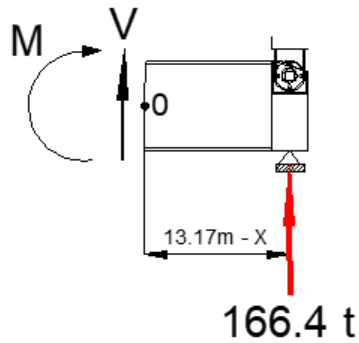
$$M_2 = -6.4X + 793.87$$

Reemplazando el valor de x: $M_2 = (-6.4 * 8.735) + 793.87$

Por lo tanto, el momento flector es:

$$M_2 = 737.97 \text{ tm}$$

Sección 3: $8.735 \text{ m} \leq X \leq 13.17 \text{ m}$



$$\sum F_y = 0 \rightarrow V + 166.4 \text{ t} = 0$$

La fuerza cortante es:

$$\mathbf{V_3 = -166.4 \text{ t}}$$

De la ecuación:

$$\sum M_O = 0 \rightarrow -M + 166.4 \text{ t} * (13.17\text{m} - X) = 0$$

Obtenemos la ecuación de momento polinómica:

$$M_3 = 166.4 \text{ t} * (13.17\text{m} - X)$$

$$M_3 = 2\,191.5 - 166.4X$$

Reemplazando el valor de x: $M_3 = 2\,191.5 - (166.4 * 13.17)$

Entonces, el momento flector es:

$$\mathbf{M_3 = 0}$$

A continuación, veremos el comportamiento grafico para la fuerza cortante y el momento flector internos, producido por las fuerzas que se ejercen sobre la viga principal:

3.6.5.3. Cálculo Polinómico en Microsoft Excel para obtener los diagramas de fuerza cortante y momento flector

De la ecuación (11):

$$M = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$$

De la ecuación (12):

$$V = 3Ax^2 + 2Bx + C$$

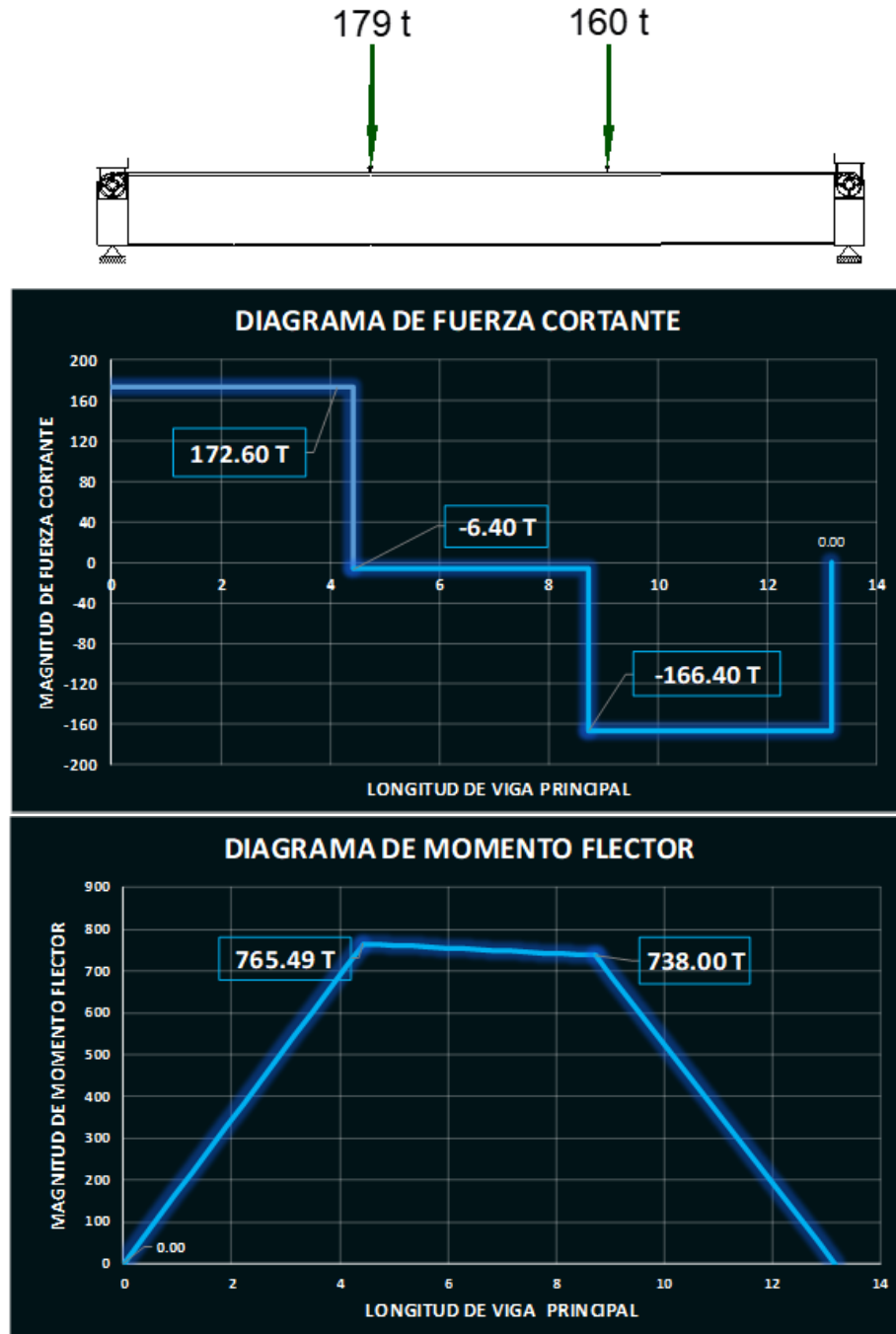
SECCIÓN	A	B	C	D	x inicial	x final
Sección 1	0	0	172.6	0	0	4.435
Sección 2	0	0	-6.4	793.87	4.435	8.735
Sección 3	0	0	-166.4	2191.5	8.735	13.17
Sección 4	0	0	0	0	0	0
Sección 5	0	0	0	0	0	0
Sección 6	0	0	0	0	0	0
Sección 7	0	0	0	0	0	0
Sección 8	0	0	0	0	0	0
Sección 9	0	0	0	0	0	0
Sección 10	0	0	0	0	0	0

Divisiones	Sección 1			Sección 2			Sección 3		
	x	V	M	x	V	M	x	V	M
1	0.00	172.60	0.00	4.44	-6.40	765.49	8.74	-166.40	738.00
2	0.32	172.60	54.68	4.74	-6.40	763.52	9.05	-166.40	685.28
3	0.63	172.60	109.35	5.05	-6.40	761.55	9.37	-166.40	632.57
4	0.95	172.60	164.03	5.36	-6.40	759.59	9.69	-166.40	579.86
5	1.27	172.60	218.71	5.66	-6.40	757.62	10.00	-166.40	527.14
6	1.58	172.60	273.39	5.97	-6.40	755.66	10.32	-166.40	474.43
7	1.90	172.60	328.06	6.28	-6.40	753.69	10.64	-166.40	421.72
8	2.22	172.60	382.74	6.59	-6.40	751.73	10.95	-166.40	369.00
9	2.53	172.60	437.42	6.89	-6.40	749.76	11.27	-166.40	316.29
10	2.85	172.60	492.09	7.20	-6.40	747.79	11.59	-166.40	263.58
11	3.17	172.60	546.77	7.51	-6.40	745.83	11.90	-166.40	210.86
12	3.48	172.60	601.45	7.81	-6.40	743.86	12.22	-166.40	158.15
13	3.80	172.60	656.13	8.12	-6.40	741.90	12.54	-166.40	105.44
14	4.12	172.60	710.80	8.43	-6.40	739.93	12.85	-166.40	52.73
15	4.44	172.60	765.48	8.74	-6.40	737.97	13.17	-166.40	0.01
Complemento	4.44	-6.40	765.49	8.74	-166.40	738.00	13.17	0.00	0.00

3.6.5.4. Diagrama de fuerza cortante y momento flector

Figura 71

Diagrama de fuerza cortante y momento flector ideal.



3.6.5.5. Cálculo de la deformación máxima, de la viga sometida a carga ideal, de la ecuación (21):

$$\Delta_v = \int_0^L \frac{M * m}{E * I} dx$$

M = momento debido a carga real

m = momento debido a carga unitaria

a. Tramo entre: $0 \leq X \leq 4.435$ m

$$\Delta_{v1} = \int_0^{4.435} \frac{(172.6X) * (0.5X)}{E * I} dx + \int_0^{4.435} \frac{(86.3 X^2)}{E * I} dx = \int_0^{4.435} \frac{86.3X^3}{3 E * I}$$

$$\Delta_{v1} = \frac{28.77 * (4.435)^3}{E * I}$$

$$\Delta_{v1} = \frac{2\ 509.7}{E * I}$$

b. Tramo entre: $4.435 \text{ m} \leq X \leq 6.585$ m

$$\Delta_{v2} = \int_{4.435}^{6.585} \frac{(-6.4X + 793.87) * (0.5X)}{E * I} dx = \int_{4.435}^{6.585} \frac{-3.2X^2 + 396.94X}{E * I} dx$$

$$\Delta_{v2} = \int_{4.435}^{6.585} \frac{-3.2X^3}{3} + \frac{396.94X^2}{2} = \int_{4.435}^{6.585} -1.07X^3 + 198.47X^2$$

$$\Delta_{v2} = [-1.07 * (6.585)^3 + 198.47 * (6.585)^2] - [-1.07 * (4.435)^3 + 198.47 * (4.435)^2]$$

$$\Delta_{v2} = (-305.53 + 8\ 606.1) - (-93.34 + 3\ 903.75)$$

$$\Delta_{v2} = \frac{4\ 303.48}{E * I}$$

c. Tramo entre: $6.585 \text{ m} \leq X \leq 8.735 \text{ m}$

$$\Delta_{v3} = \int_{6.585}^{8.735} \frac{(-6.4X + 793.87) * (6.585 - 0.5X)}{E * I} dx = \int_{6.585}^{8.735} \frac{-42.14X + 3.2X^2 + 5\,227.63 - 396.94X}{E * I}$$

$$\Delta_{v3} = \int_{6.585}^{8.735} \frac{3.2X^2 - 439.08X + 5\,227.63}{E * I} = \int_{6.585}^{8.735} \frac{3.2X^3}{3} - \frac{439.08X^2}{2} + 5\,227.63X$$

$$\Delta_{v3} = \frac{1.07X^3 - 219.54X^2 + 5\,227.63X}{E * I}$$

$$\Delta_{v3} = [1.07 * (8.735)^3 - 219.54 * (8.735)^2 + 5\,227.63 * (8.735)]$$

$$- [1.07 * (6.585)^3 - 219.54 * (6.585)^2 + 5\,227.63 * (6.585)]$$

$$\Delta_{v3} = (713.14 - 16\,750.95 + 45\,663.35) - (305.53 - 9\,519.74 + 34\,423.94)$$

$$\Delta_{v3} = \frac{4\,415.81}{E * I}$$

d. Tramo entre: $8.735 \text{ m} \leq X \leq 13.17 \text{ m}$

$$\Delta_{v4} = \int_{8.735}^{13.17} \frac{(2\,191.5 - 166.4X) * (6.585 - 0.5X)}{E * I} dx = \int_{8.735}^{13.17} \frac{14\,431.03 - 1\,095.75X - 1\,095.75X + 83.2X^2}{E * I}$$

$$\Delta_{v4} = \int_{8.735}^{13.17} \frac{83.2X^2 - 2\,191.5X + 14\,431.03}{E * I} = \int_{8.735}^{13.17} \frac{83.2X^3}{3} - \frac{2\,191.5X^2}{2} + 14\,431.03X$$

$$\Delta_{v4} = \int_{8.735}^{13.17} 27.73X^3 - 1\,095.75X^2 + 14\,431.03X$$

$$\Delta_{v4} = [27.73 * (13.17)^3 - 1\,095.75 * (13.17)^2 + 14\,431.03 * (13.17)]$$

$$- [27.73 * (8.735)^3 - 1\,095.75 * (8.735)^2 + 14\,431.03 * (8.735)]$$

$$\Delta_{v3} = (63\,344.25 - 190\,056.63 + 190\,056.67) - (18\,481.56 - 83\,605.97 + 126\,055.05)$$

$$\Delta_{v3} = \frac{2\,413.65}{E * I}$$

Suma total de las integrales

$$\Delta_{vT} = \Delta_{v1} + \Delta_{v2} + \Delta_{v3} + \Delta_{v4}$$

$$\Delta_{vT} = 2\,509.7 + 4\,303.48 + 4\,415.81 + 2\,413.65$$

$$\Delta_{vT} = \mathbf{13\,642.64\,tm^3}$$

3.6.5.6. Cálculo de la deformación máxima producida a plena carga

Datos:

Módulo de elasticidad del acero al carbono:

$$E = 207\text{ GPa} = 207\,000\text{ MPa} = 2\,111\text{ t/cm}^2$$

$$I = 74.92 \times 10^{-3}\text{ m}^4 = 7\,492\,000\text{ cm}^4$$

Reemplazamos datos

$$\Delta_v = \frac{13\,642.64\text{ t} \cdot \text{m}^3}{2\,111\text{ t/cm}^2 \cdot 7\,492\,000\text{ cm}^4} \cdot \frac{(100^3\text{ cm})^3}{(1\text{ m})^3}$$

$$\Delta_v = 0.86\text{ cm} \downarrow$$

$$\Delta_v = \mathbf{8.6\text{ mm}} \downarrow$$

Comprobamos mejoras respecto a la deflexión en la viga sometida a carga ideal.

4. Análisis y discusión

Con respecto a la investigación de Padilla Vasquez (2018), se concuerda que para mejorar la productividad en el área de maniobras de varado y desvarados de embarcaciones navales es necesario diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo del Carro Varal, para ello se realizó la inspección de los equipos y componentes estructurales y mecánicos. En la presente investigación se identificaron las zonas de máximos esfuerzo de la estructura, lo cual permitió dar solución uniformizando las cargas a la que se somete la plataforma y la importancia de mantener en estado óptimo los equipos para dar un servicio de calidad y con máxima seguridad y de esta manera evitar accidentes al momento de poner en función el Syncrolift. La información existente fue obtenida mediante un diagnóstico realizado en la zona en estudio y complementándolo con los alcances técnicos obtenidos en la empresa Sima Chimbote S.A.

Según Fernández Barranco (2016) menciona que a la hora de diseñar un elevador de embarcaciones náuticas de hasta 12 m aproximadamente, se debe tomar en consideración los cálculos y las acciones que afectan a la estructura. A partir de la instrucción de Acero Estructural y de la instrucción IAP, se calculan las acciones que afectan a la estructura, creando unas combinaciones para las diferentes cargas que se aplican. En nuestro trabajo de investigación se tuvo mucha importancia a esos parámetros como son los cálculos de los esfuerzos y deformación máxima de la estructura del Syncrolift de acuerdo al material de fabricación y cálculo de los esfuerzos de los cables que la elevan y descienden, observando si dichos cálculos afectan de manera notoria a la estructura.

La presente investigación está de acuerdo con lo mencionado por Meza Cabrera & Ortega García (2015), que menciona realizar una propuesta técnico económica para mejorar los carros de transferencia de Astinave EP., determina el cálculo y diseño de 02 carros de transferencia, tabulando todas las fuerzas que intervienen, con la finalidad de realizar un análisis de cada uno de los elementos que componen la estructura propuesta, por medio de cálculos y diseño seleccionan los perfiles adecuados que soporten la carga distribuida de la embarcación, y con el

análisis realizado se considerará los esfuerzos determinados en los cálculos anteriores, para establecer un excelente diseño y la comparación con los actuales carros de transferencia, de esta forma se garantiza tener un diseño óptimo y un análisis comparativo preciso. La estructura del Syncrolift Sima Chimbote soporta cargas muchas veces por encima de lo nominal y no se ha realizado ni detallado análisis de esfuerzos máximos soportados, lo cual específico en esta investigación con la finalidad de saber el estado óptimo de trabajo de dicho equipo para minimizar gastos por mantenimiento y reparación de la estructura, resultando satisfactorio para dicha empresa naval, fomentando así futuros estudios técnico - comparativos.

La presente investigación concuerda con lo mencionado por Morán Bermúdez (2014), en la cual indica que cada embarcación tiene su plano de varamiento de acuerdo a las formas del casco y a la distribución de pesos, y cada astillero o varadero que desee varar una embarcación debe modificar o adaptar su estándar de cuna de varado al Plano de Varamiento ya establecido; estas modificaciones o adaptaciones determinan el tiempo de la maniobra, cantidad de gente y recursos a utilizar, y la seguridad de las maniobras. En esta investigación se detallan las medidas y los puntos de cargas de las embarcaciones poteras al momento del varado de acuerdo al plano estructurado y que muchas veces sobredimensionan la plataforma y los cables, en la presente investigación damos una opción de cambio o movimiento del conjunto de cuna de varado/embarcación con la finalidad de uniformizar dichas cargas excesivas.

Además, en el trabajo de Rodríguez Ybañez (2016), desarrolla un programa de mantenimiento preventivo para la Plataforma Syncrolift en SIMA Astillero – Chimbote que permita corregir deficiencias en su operación de varado y desvarado de las embarcaciones, así como paradas intempestivas en las operaciones mencionadas, que ocasionan grandes pérdidas. El plan de mantenimiento consistió en cambiar las vigas y rieles con defectos, así como realizar el pintado de las mismas. Respecto a los winches, se planteó una limpieza y lubricación de los cables de acero, así como el cambio de aceite de transmisión y cambio de los cables de acero con fallas. En nuestro trabajo de investigación aplicamos un método analítico y comparativo para el estudio

de las vigas y los cables, en base a ello se determinó que existe un efecto nocivo a consecuencia del exceso de cargas en la estructura y los cables que la sujetan; cabe mencionar que con esta investigación se pretende generar resultados que favorezcan y den seguridad en los trabajos que se realizan a diario en el Syncrolift, minimizando los costos por mantenimiento o reparación, que en este caso resultaría satisfactorio para la empresa Sima Chimbote Astillero S.A.

También debo mencionar a Álvarez Liñan & Mateos Carrión (2014), en su trabajo resalta los aspectos más importantes del cálculo estructural, este proyecto pretende adquirir una visión más global de todo el proceso de diseño asociado a las estructuras de dos sistemas de varada: Syncrolift y Travelift, (especificaciones previas, normativa, estudio de casos, dimensionado etc.). Asimismo, los objetivos de este Proyecto Final de Carrera es la de diseñar sendas estructuras y comprobar que cumplen con las hipótesis. En el presente trabajo de investigación se propone el cálculo estructural en los puntos con mayor sobrecarga del Syncrolift la cual soporta cargas por encima de su capacidad nominal de trabajo a consecuencia del varado de las embarcaciones poteras, dando así a conocer la deformación máxima producida a plena carga y el desgaste del material por el esfuerzo de la plataforma al momento de varar dichas embarcaciones en estudio.

La presente investigación tiene concordancia con la investigación realizada por Churampi - Román (2013), nos menciona que tiene como objetivo principal aumentar la capacidad de izaje de la plataforma del Syncrolift, empleada para varar/desvarar embarcaciones, de la empresa Servicios Industriales de la Marina (Perú) en Chimbote. Para ello hizo un estudio computarizado usando software de modelación sólida que acompañados por un análisis de elementos finitos permite encontrar y recomendar reforzar las zonas críticas donde los esfuerzos y deformaciones elevados se presentaron. En nuestro trabajo de investigación aplicamos un método analítico y comparativo para el estudio de las vigas y los cables, en base a ello se determinó que existe un efecto nocivo a consecuencia del exceso de cargas en la estructura y los cables que la sujetan, se diseñó la viga principal para realizar el análisis de deformación y encontrar los puntos de máximo esfuerzo y se procedió a realizar un estudio de

cálculo estructural y de los cables a plena carga. A diferencia del autor no fue la finalidad nuestra el aumento de la capacidad de izaje de la plataforma Syncrolift de la investigación.

5. Conclusiones

En este trabajo de investigación el objetivo guía era determinar el efecto de la carga que las embarcaciones poteras generan en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017. Este objetivo se pudo cumplir a partir del desarrollo del análisis estructural de la viga con mayor carga sometida a flexión, calculando las reacciones y momento flector máximo, posteriormente a ese estudio se realizó el análisis de la deformación máxima producida cuando la viga está sometida a plena carga (varado) dándonos como resultado que la viga sufre fatiga a consecuencia de sobrecarga expuesta. Cabe destacar que este estudio nos dará resultados que favorezcan y den seguridad a los trabajos que se realizan a diario en el Syncrolift, minimizando así las fallas en la estructura y los costos por mantenimiento o reparación, que en este caso resultaría satisfactorio para la empresa Sima Chimbote Astillero S.A. Lo que más me ayudo en la investigación para determinar el efecto de la carga que las embarcaciones poteras generan en la distribución de la cuna de varado/desvarado, fue la experiencia y apoyo de los técnicos e ingenieros encargados del Syncrolift porque gracias a su apoyo incondicional obtuve información relevante que me sirvió de mucho para mi investigación, lo más complicado fue el tiempo dedicado a la investigación ya que fue un tiempo adicional a mi jornada laboral, también tuve algunas restricciones o limitaciones en la obtención de datos por política de seguridad de información de la empresa Sima Chimbote S.A.

Dentro de los puntos que consideramos tienen más importancia en esta investigación son el de minimizar el rango de exceso de tonelaje, uniformizando las cargas aplicadas a la estructura a través del movimiento de la embarcación en la plataforma optimizando así el funcionamiento estructural del Syncrolift Sima Chimbote S.A.

Como mencionamos en esta investigación y en relación al objetivo de determinar el efecto de flexión de las vigas principales en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote, un aspecto relevante fue el resultado de la deformación máxima producida (varado) dándonos como resultado 10 mm de deflexión a plena carga lo cual determina fatiga a consecuencia del exceso de

las mismas, por lo que se debería inspeccionar las tensiones futuras para medir el comportamiento elástico – plástico del acero ASTM 572 GRADO 50.

En la introducción de esta investigación hablamos sobre cuáles son los objetivos que se desean lograr con el proyecto, y mencionamos que los motivos que me llevaron a investigar la influencia de cargas y el análisis de esfuerzos máximos a los que están sometidos la estructura de la Plataforma Syncrolift, se centran en que con este tipo de embarcaciones la plataforma expone al máximo su funcionalidad y capacidad de izaje, trato entonces proporcionar información válida, confiable y oportuna contribuyendo de esta manera al mejor desarrollo de las actividades de varado/desvarado de embarcaciones en los Servicios Industriales de la Marina S.A., generando conocimientos que ayuden a mejorar la calidad del servicio en la industria naval y dando una actitud de mejora continua dentro de las instalaciones de la institución antes mencionada. Si estrictamente se implementa el sistema de desplazamiento de la embarcación en estudio de su posición real en la plataforma Syncrolift para distribuir de manera más uniforme las cargas que soporta, podemos decir entonces que nuestra investigación ha sido exitosa.

Otro punto que consideramos clave para llevar a cabo esta investigación es determinar el efecto de concentración de máxima carga en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote, aplicamos el cálculo matemático para determinar los máximos esfuerzos, momentos y porcentaje de deformación de la viga sometida a mayor sobrecarga, obtenidos los resultados, posteriormente se procedió al diseño y simulación de la viga principal con programa SolidWorks para comprobar los puntos de máximo esfuerzo, fatiga y deformación de la misma.

Se plantea el cálculo de la viga sometido a carga ideal, para comparar los esfuerzos en la plataforma antes y después de mover la embarcación potera, con la finalidad de uniformizar las cargas distribuidas y dar a conocer que los resultados con carga ideal son más eficientes y menos perjudiciales para la plataforma Syncrolift, dándonos como resultado de máxima deformación a plena carga (varado) 8.6 mm

Hay otros puntos que podríamos mencionar que hemos aprendimos en esta investigación, pero los más importante son los que mencionado anteriormente, sin embargo, de la experiencia que hemos adquirido, se puede decir que es mejor realizar un análisis de esfuerzos de toda la estructura del Syncrolift y de los cables que la sujetan para reducir el riesgo de mal funcionamiento. Realizar un análisis detallado como el que se hace en este proyecto aumenta las probabilidades de tener éxito porque sabes antemano lo que quieres lograr y como lo harás.

6. Recomendaciones

Se recomienda seguir con estudios analíticos más minuciosos y de mayor alcance para dar continuidad a la presente investigación y determinar el estado tenso – deformativo de los demás componentes de la Plataforma Syncrolift. Se debe realizar pruebas de cargas en todos los elementos de la estructura al momento del varado de embarcaciones que expondrán tonelajes por encima de lo nominal aceptado.

Realizar un monitoreo continuo de las sobrecargas en la estructura de la Plataforma Syncrolift para establecer una línea base de datos estadísticos sobre el funcionamiento y comportamiento del mismo al pasar el tiempo de uso, para tomar decisiones correctivas y prevenir situaciones de riesgos y accidentes, relacionados con la deformación de las vigas principales, las cuales soportan todo el peso de las embarcaciones.

Se recomienda antes de realizar estudios correspondientes a la Plataforma Syncrolift, tener los requerimientos técnicos de la empresa Sima Chimbote S.A.

Es importante realizar el estudio de esfuerzos máximos debido a que en la actualidad la Plataforma Syncrolift soporta cargas por encima de las que se aprecia en este informe de investigación.

Realizar una evaluación de las máximas cargas soportadas por el Syncrolift, de ser posible hacer una revisión mediática con los técnicos especializados para que revisen punto a punto la influencia que le generan estos excesos de cargas.

Realizar una evaluación periódica y un análisis de laboratorio de los cables metálicos que sostienen a la plataforma, con la finalidad de evitar fallas y anomalías al momento de poner en función el Syncrolift.

Se recomienda a la empresa Sima Chimbote S.A. fomentar y promulgar políticas de cuidado, mantenimiento permanente, evaluación y recuperación de los equipos electromecánicos correspondientes al Syncrolift, así como también a la estructura de acero de la Plataforma a través de normas, reglamentos o manuales que sirvan como aporte técnico para todos los profesionales comprometidos con el diseño y de esta manera evitar que la vida útil del Syncrolift se vea reducida.

7. Referencias bibliográficas

- Álvarez Liñan, E., & Mateos Carrión, D. (2014). Diseño y comparación de dos sistemas de varada: Syncrolift y Travelift. [Proyecto final de carrera. Universidad Politécnica de Catalunya. Facultad de Náutica de Barcelona, España]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099.1/22259>
- Añazgo Miranda, V. (1986). Diseño y fabricación de una plataforma de 1000 T de capacidad nominal de carga para varado y lanzamiento de embarcaciones. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_4cf11d3027c0ad8bdc4d787a10eb1850/Description#tabnav
- Budynas, R. G., & Keith Nisbett, J. (2012). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. Obtenido de <http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf>
- Cervera Ruiz, M., & Blanco Díaz, E. (Mayo de 2001). Mecánica de Estructuras - Libro 1 - Resistencia de Materiales. Obtenido de http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Mec%C3%A1nica_de_estructuras_I_Resistencia_de_Materiales.pdf
- Churampi - Román, D. F. (2013). Análisis Computacional para mejorar Operación de varado y desvarado de Plataforma Syncrolift Sima - Chimbote. Tesis de Master en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con Mención en Sistemas Energéticos y Mantenimiento. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú. Piura: <https://hdl.handle.net/11042/1853>. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1853>
- Díaz de León Santiago, V., González Ajuech, V., Rosete Fonseca, J., & Díaz de León Mendoza, N. (2018). Mecánica de Materiales - Teoría y Aplicaciones. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=wI55DwAAQBAJ&pg=PA182&dq=fuerza+cortante+y+momento+flector&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjZqaGJnILyAhWRFbkGHU9oAgU4ChDoATABegQIBRAC#v=onepage&q=fuerza%20cortante%20y%20momento%20flector&f=false>
- Fernández Barranco, V. (2016). Diseño y cálculo de un elevador de embarcaciones náuticas. Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Catalunya. <http://hdl.handle.net/2117/89547>.

- Hernández Parra, Y. (26 de Octubre de 2018). Estudio de la Soldabilidad del Acero Estructural ASTM 572 GRADO 50 con Proceso SAW. Obtenido de https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3046/1/TGT_1630.pdf
- Mecánica de Sólidos. (2021). Fuerza Cortante y Momento Flexionante en Vigas. Obtenido de <http://www.dicis.ugto.mx/profesores/balvantin/documentos/Mecanica%20de%20Solidos/UDA%204%20-%20Fuerza%20Cortante%20y%20Momento%20Flexionante.pdf>
- Mecapedia. (2021). Módulo de Elasticidad. Obtenido de https://www.google.com.pe/search?q=diagram+tension+deformacion+acero&tbm=isch&ved=2ahUKEwjEncWattbyAhULkZUCHdckACoQ2-cCegQIABAA&oq=diagram+tension+deformacion+acero&gs_lcp=CgNpbWcQAZoGCAAQBxAeOggIABAIEAcQHIDpig1Y0JcNYOmhDWgAcAB4AIAbQGIAb4HkgEDMC44mAEAoAE
- Meza Cabrera, P., & Ortega García, M. (2015). Propuesta técnico económica para mejorar los carros de transferencia de astinave E.P. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/29556>.
- Morán Bermúdez, J. (2014). Análisis de la implementación de brazos hidráulicos en la plataforma de varamiento de astinave. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/25534>.
- Padilla Vasquez, J. (2018). Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Carro Varal utilizado en la Maniobra de Varado de Barcos para Incrementar la Productividad en el Astillero Varadero Construcciones A. Maggiolo S.A Callao - 2018. Tesis de grado. Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30763>. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30763>
- Prado Souza , P. (2016). Diseño de una Fatigadora de cables de acero a flexión sobre poleas. Santiago , Chile: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/138433>. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/138433>
- Rodriguez Ybañez, M. (2016). Programa de Mantenimiento para la Plataforma Syncrolift en Sima Astilleros - Chimbote. Tesis de grado. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería Trujillo, Perú. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5110>. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5110>

- Sima Chimbote. (2021). Plataforma Syncrolift Sumergida Previo a la Maniobra de Varado. Chimbote, Perú:
<http://www.sima.com.pe/OperationCenter/Chimbote>.
- Solano, A. (2016). Influencia de las capacidades dinámicas de la empresa en el desempeño exportador: Un estudio empírico en México. Informe de Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, Doctorado en Negocios y Gestión de la Actividad Empresarial con Aplicación a PYMEs, Emprendimiento y Empresa Familiar del Departamento de Administración de Empresas, Cantabria, España.
- Vanegas Useche, L. (2018). Diseño de Elementos de Máquinas. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8889/Dise%C3%B1o%20Elementos%20Maquinas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. Agradecimiento

En primero lugar doy gracias a Dios por darme la salud y bienestar de poder haber tenido tan buena experiencia dentro de la Universidad San Pedro y de convertirme en el profesional de la carrera que tanto me apasiona.

Expreso mi agradecimiento a mi asesor Mg. Alva Julca Ruber director de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, quien con su experiencia, conocimientos y apoyo me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba. Gracias por la confianza ofrecida desde que llegue a esta facultad.

Así mismo quiero agradecer a la empresa Sima Chimbote S.A. por brindarme todos los recursos académicos y herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso de investigación. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional apoyo.

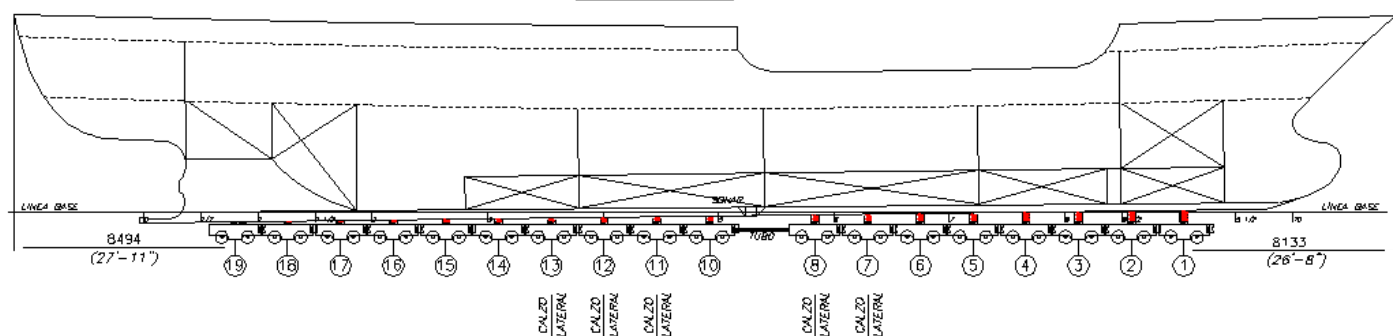
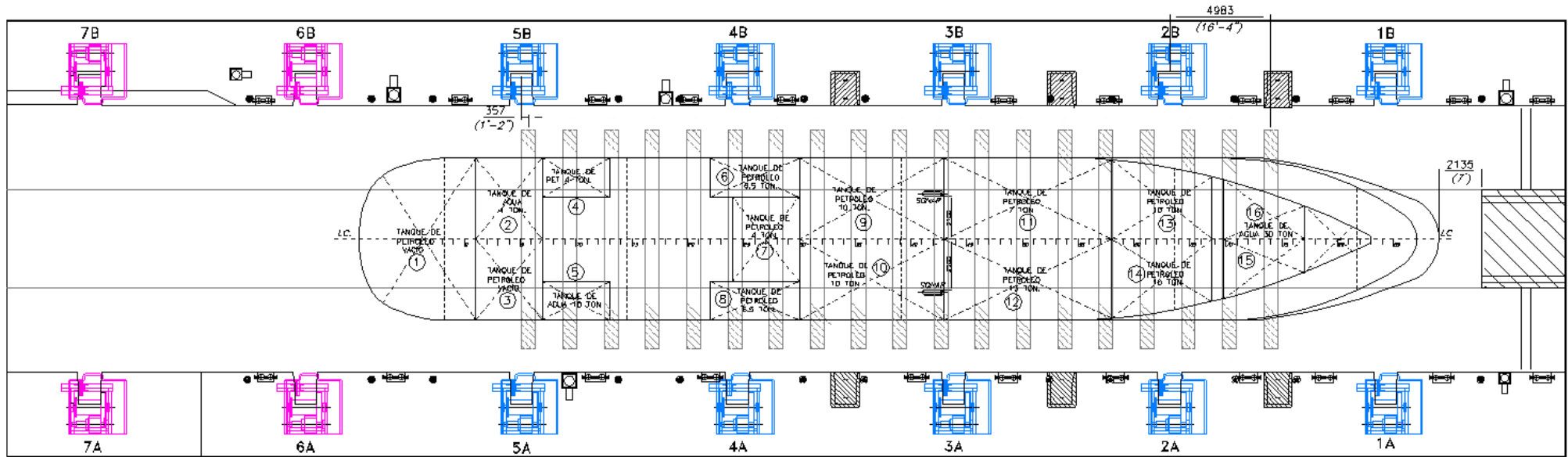
Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que involucran a otras personas. En este caso mi más sincero agradecimiento al ingeniero Hugo Llenque Tume con cuyo aporte intelectual y personal estaré siempre en deuda. Gracias por su amabilidad, su tiempo y sus ideas.

Por ultimo quiero agradecer a todos mis compañeros, colegas y familia, por su apoyo personal y humano aun cuando mis ánimos decaían. En especial, quiero hacer mención de mi esposa Milagritos por su paciencia, comprensión y amabilidad, siempre estuvo ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

Muchas gracias todos.

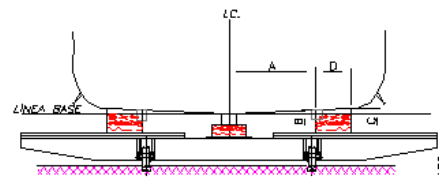
9. Anexos y apéndice

CARRO	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ALTURA (mm)	50 (2")	75 (3")	100 (4")	125 (5")	150 (6")	175 (7")	200 (8")	225 (9")	250 (10")	275 (11")	VER NOTA N°9	325 (13")	350 (14")	375 (15")	400 (16")	425 (17")	450 (18")	475 (19")	535 (20")



CARRO	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
17	1900 (75")	660 (26")	755 (30")	914 (36")
18	2130 (84")	645 (25")	725 (28")	914 (36")
11	2250 (89")	572 (22")	597 (23")	914 (36")
12	2200 (87")	572 (22")	635 (25")	914 (36")
13	2000 (79")	886 (35")	813 (32")	914 (36")

WINCHE	7	6	5	4	3	2	1
CARGA (ton) (REAL-A)	23	18	14.3	9.5	10.9	12.3	3.2
CARGA (ton) (REAL-B)	26	17	14.3	8.4	11.1	12.3	3.2



- TOLERANCIAS EN DIMENSIONES Y UBICACIÓN DE LOS CALZOS LATERALES: ±25 mm
- TOLERANCIAS EN LA POSICIÓN DE LOS CARROS CUNA Y EMBARCACIÓN SOBRE LA PLATAFORMA: ±150 mm
- LA EMBARCACIÓN DEBE SER VARADA CON DESPLAZAMIENTO EN LÍMPIO.
- UTILIZAR (18) CARROS CUNA TIPO B, D Y E.
- VARAR PROA A TIERRA
- LA EMBARCACIÓN SERÁ INSPECCIONADA PARA VERIFICAR SUS APÉNDICES, SONARES, ETC.
- SUMERGIR LA PLATAFORMA A UNA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE 14 PIES.
- CALADO PROA : 7.5 pies ; CALADO POPA : 13 pies.
- SE INSTALARÁ UN TUBO DE 4" EN LUGAR DEL CARRO CUNA 14
- EN LA PRÓXIMA CARENA DE LA EMBARCACIÓN, SE RECOMIENDA VARAR POPA A TIERRA

(EMBARCACIÓN CON CARROS CUNA TIPO B, D Y E)

ESLORA TOTAL 53.20 m
MANGA MOLDEADA 06.00 m
PUNTA MOLDEADA 03.80 m

ZHOUSHAN JIN HAI OCEAN FISHERIES CO. TD

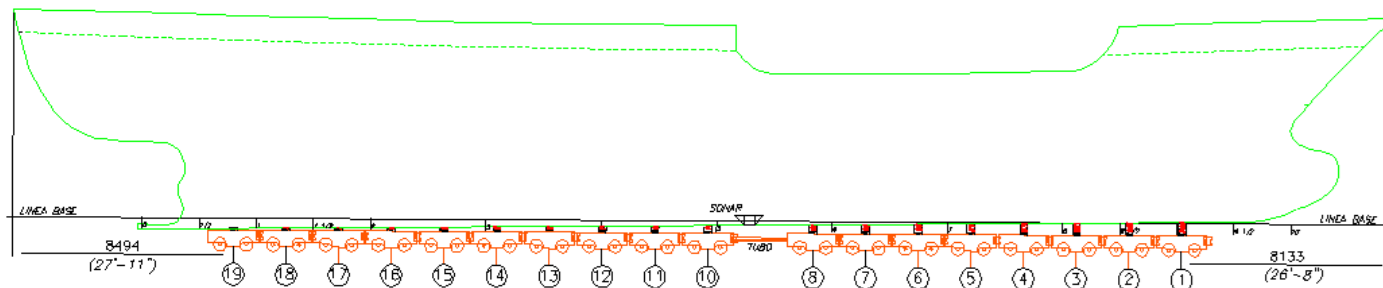
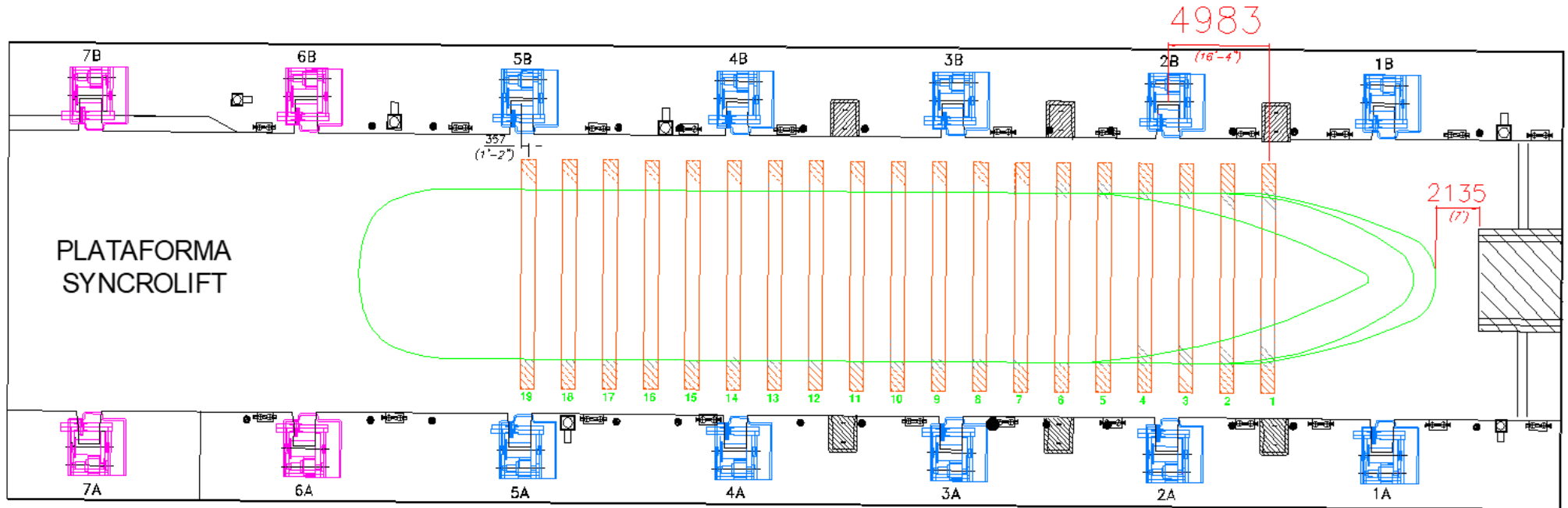
EMBARCACIÓN DE 53.20 m DE ESLORA



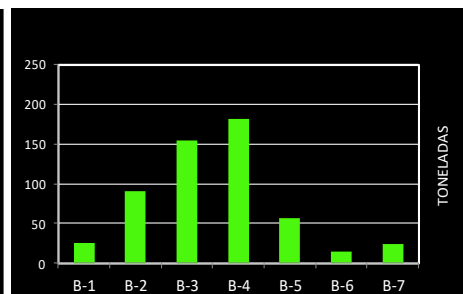
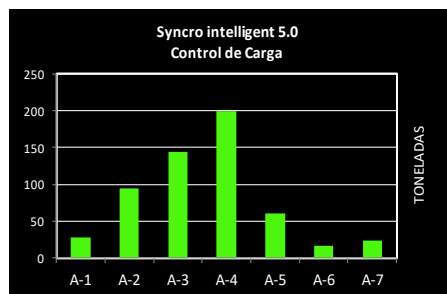
SIMA CHIMBOTE

FECHA :	2018-05-03	PLANO NUMERO :	SCH 0182	HOUA : DE :	1 : 1
ESCALA :	1 : 200	REV. :			

POSICIÓN DE LA EMBARCACIÓN EN LA PLATAFORMA SYNCROLIFT



CONTROL DE CARGAS EN EL SYNCROLIFT



CARACTERÍSTICAS DEL BARCO

ESLORA TOTAL 53,20 m
MANGA MOLDEADA 08,00 m
PUNTA MOLDEADO 03,80 m

E/P JIN HAI 868



SIMA CHIMBOTE

EMBARCACIÓN DE 53.20 m DE ESLORA

POSICIÓN DE BARCO EN LA PLATAFORMA SYNCROLIFT

FECHA : 08/2021

ESCALA : 1 : 200

PLANO NUMERO :

1

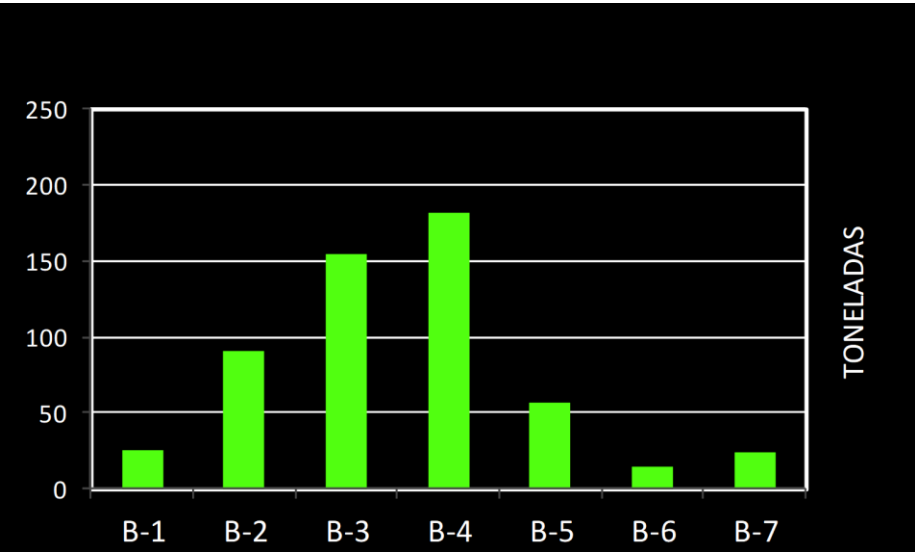
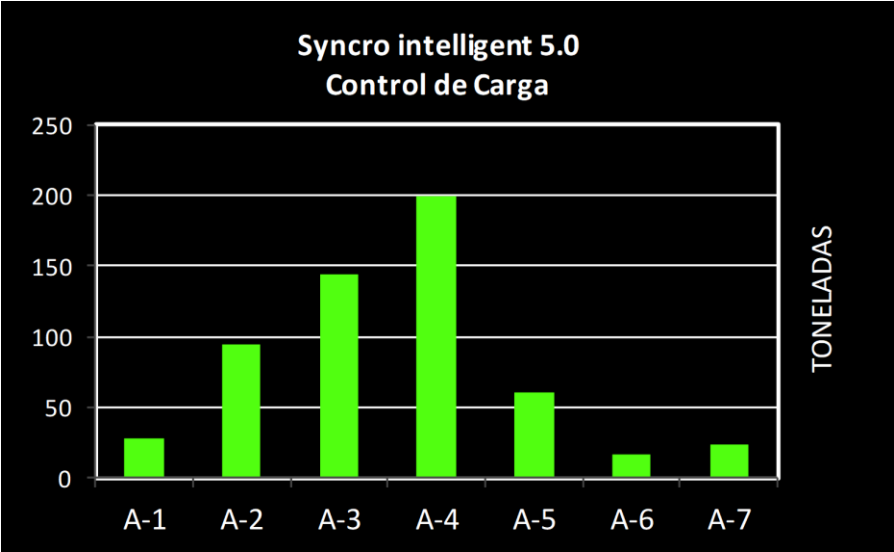
HOJA : DE :

REV. :

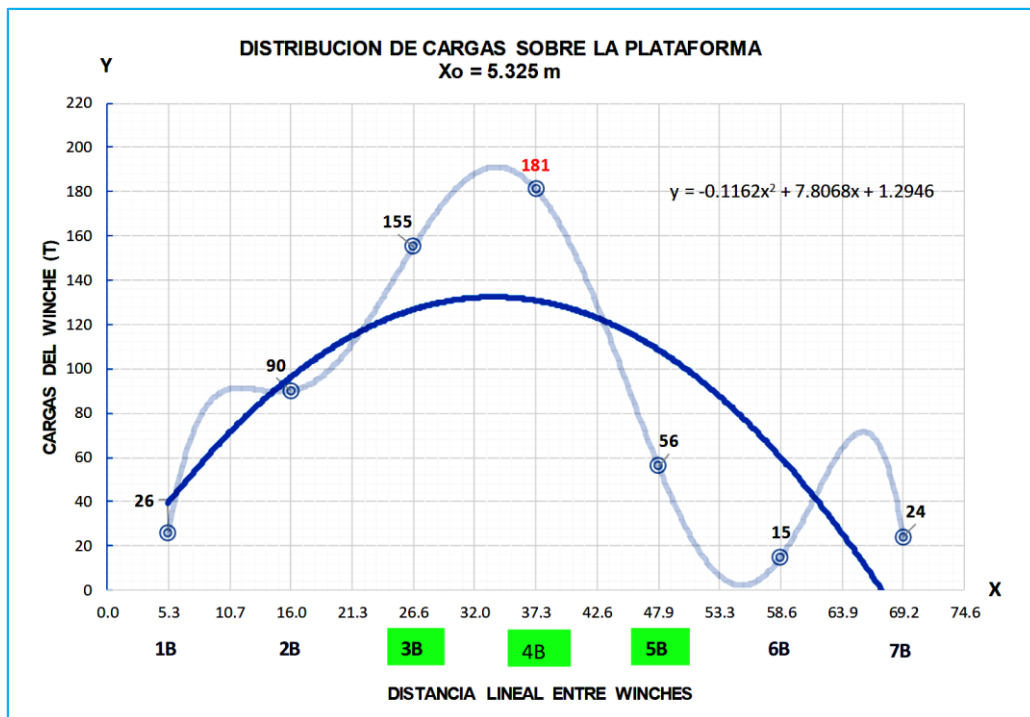
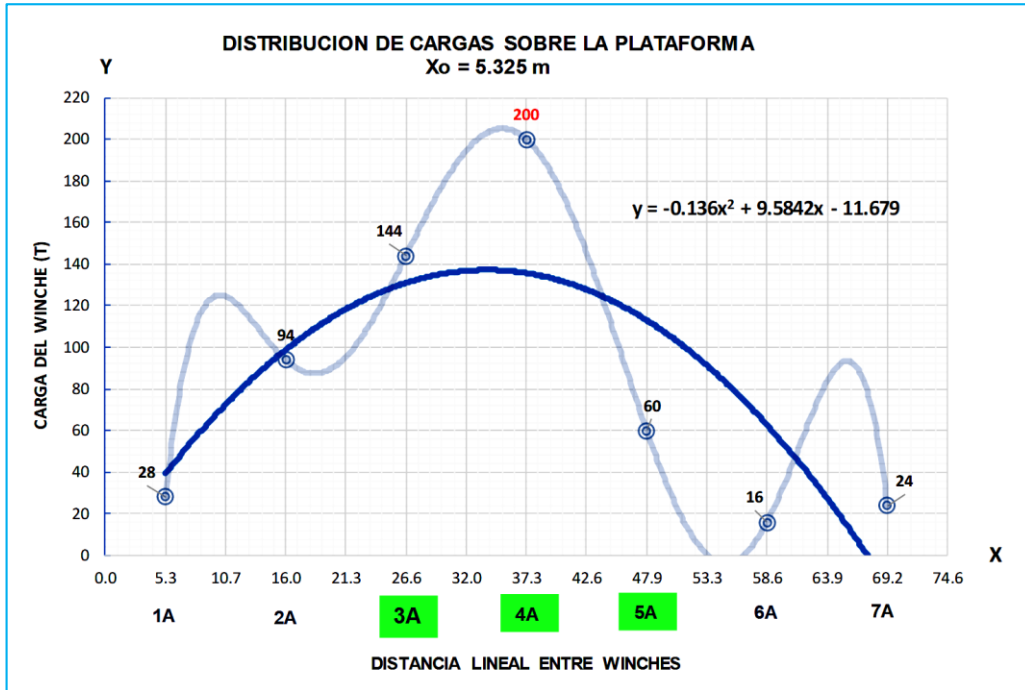
115

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN LA PLATAFORMA SYNCROLIFT

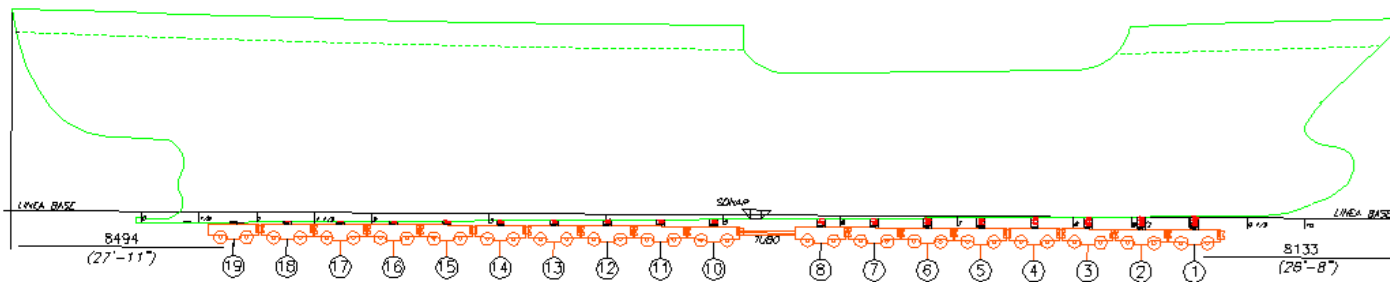
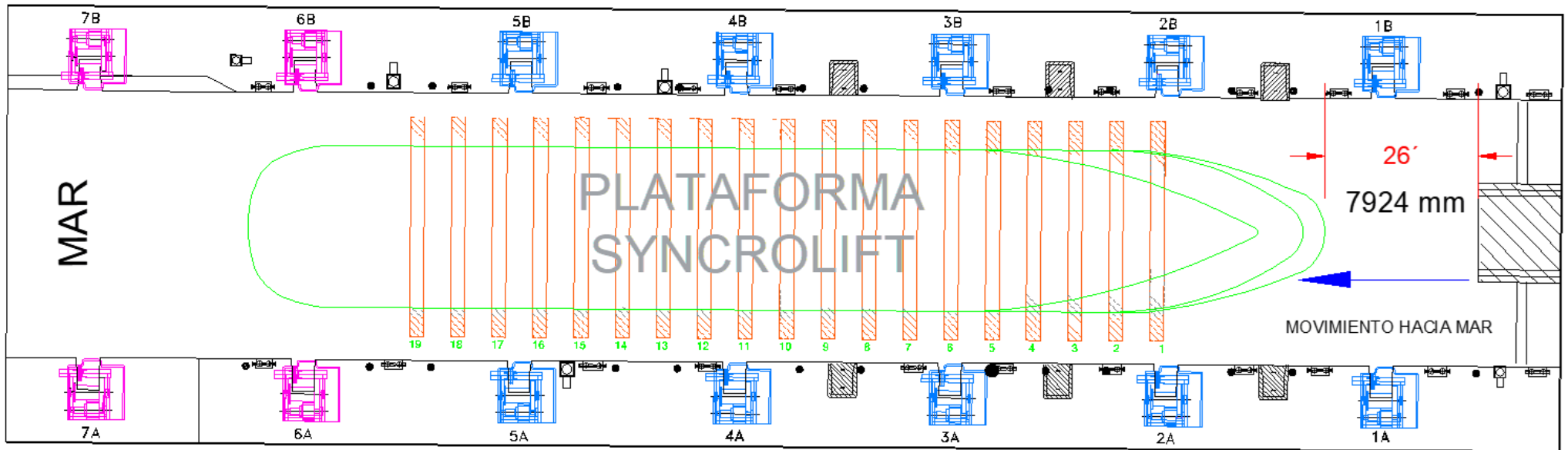
VARADAS Y DESVARADAS PLATAFORMA SYNCROLIFT					CARGAS EN WINCHES														CARGA DE WINCHES LAFO A	CARGA DE WINCHES LADO B	TONELAJE TOTAL EN WINCHES
					WINCHES LADO A							WINCHES LADO B									
					180 T					135 T		180 T					135 T				
ACCIÓN	PESO PLATF. SYNCRO.	CANT. C. CUNA	PESO C. CUNA	PESO EMBARC.	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	LAFO A	LADO B	WINCHES
VAR	270	18	117	726	28	94	144	200	60	16	24	26	90	155	181	56	15	24	566	547	1113



LÍNEA DE TENDENCIA POLINÓMICA DE CARGAS



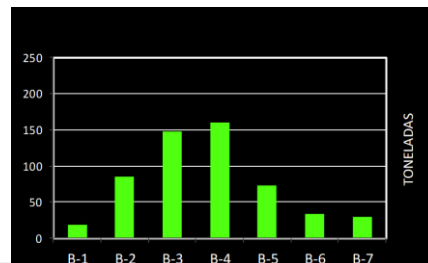
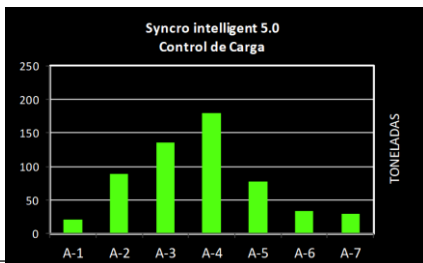
MOVIMIENTO DE LA EMBARCACIÓN EN LA PLATAFORMA SYNCROLIFT



MEJOR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN EL SYNCROLIFT

CARACTERÍSTICAS DEL BARCO

ESLORA TOTAL 53.20 m
 MANCA MOLDEADA 08.00 m
 PUNTA MOLDEADA 03.80 m



E/P JIN HAI 868



SIMA CHIMBOTE

EMBARCACIÓN DE 53.20 m DE ESLORA

MOVIMIENTO DEL BARCO EN LA PLATAFORMA SYNCROLIFT

FECHA : 08/21

ESCALA : 1 : 200

PLANO NUMERO :

2

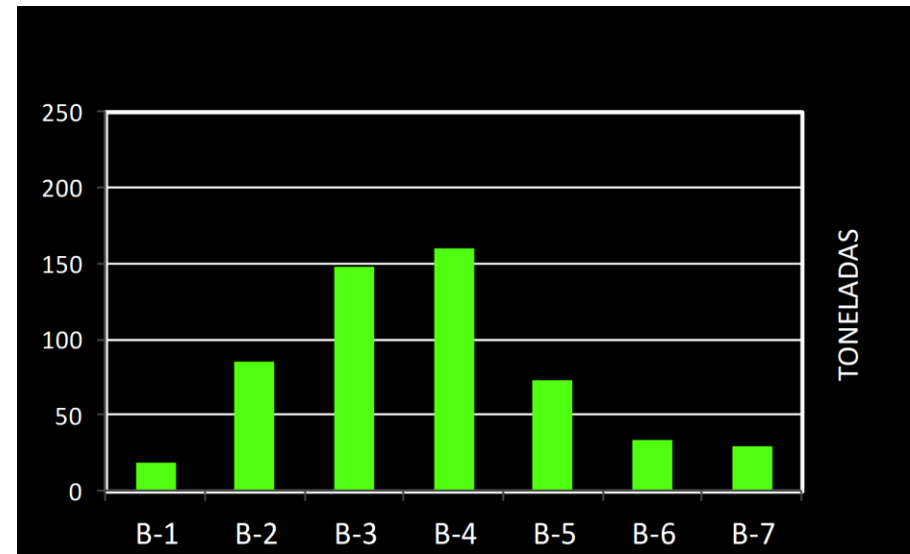
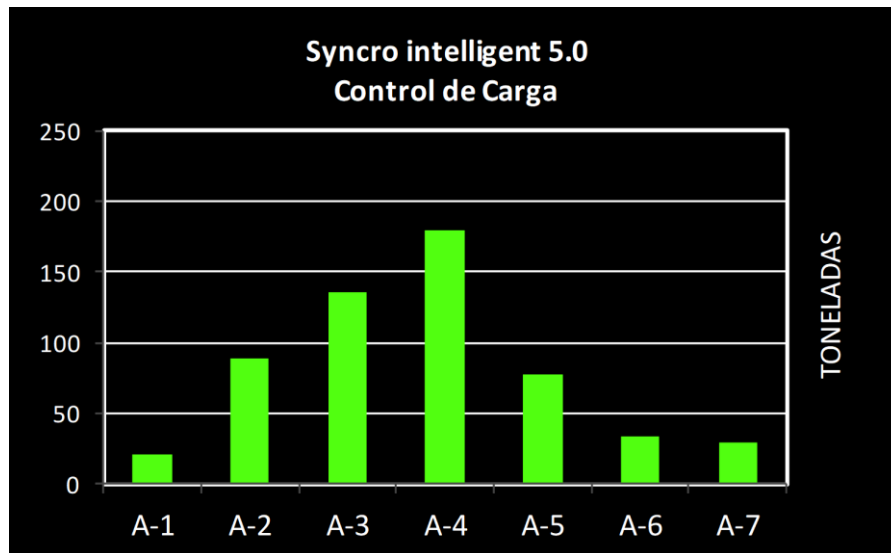
HOJA : DE .

REV. :

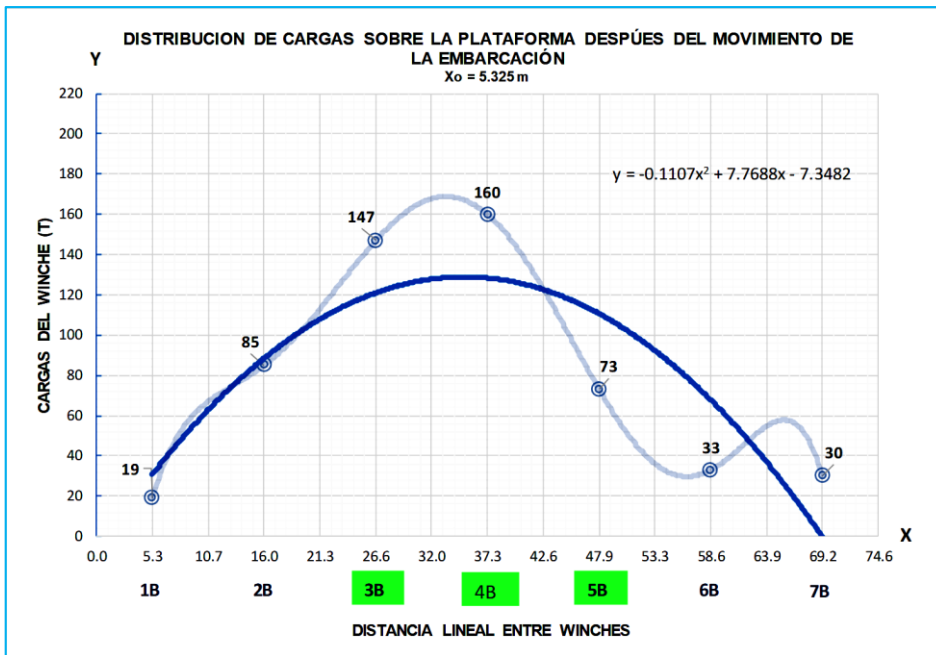
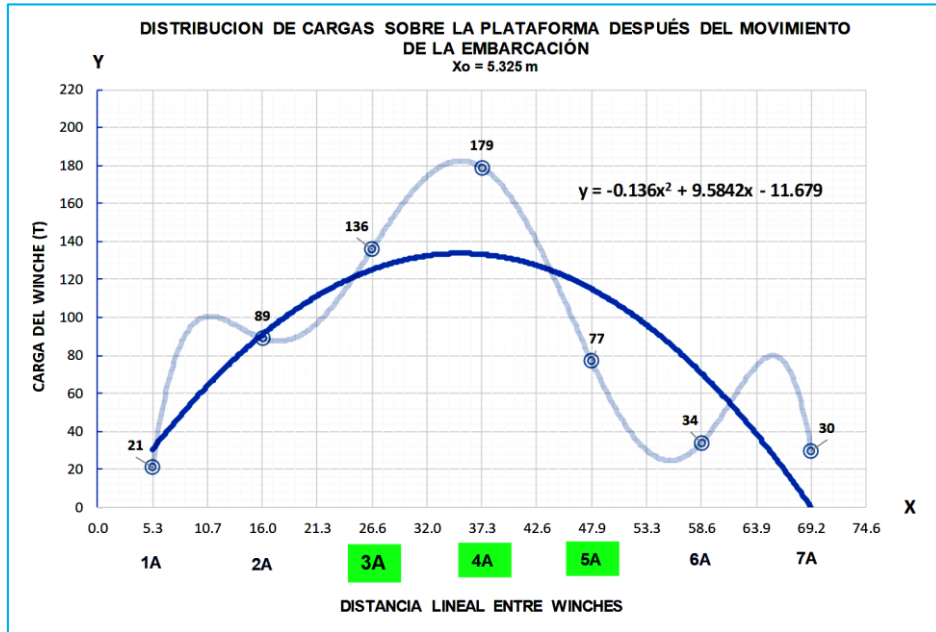
118

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS MEJORADAS EN LA PLATAFORMA SYNCROLIFT

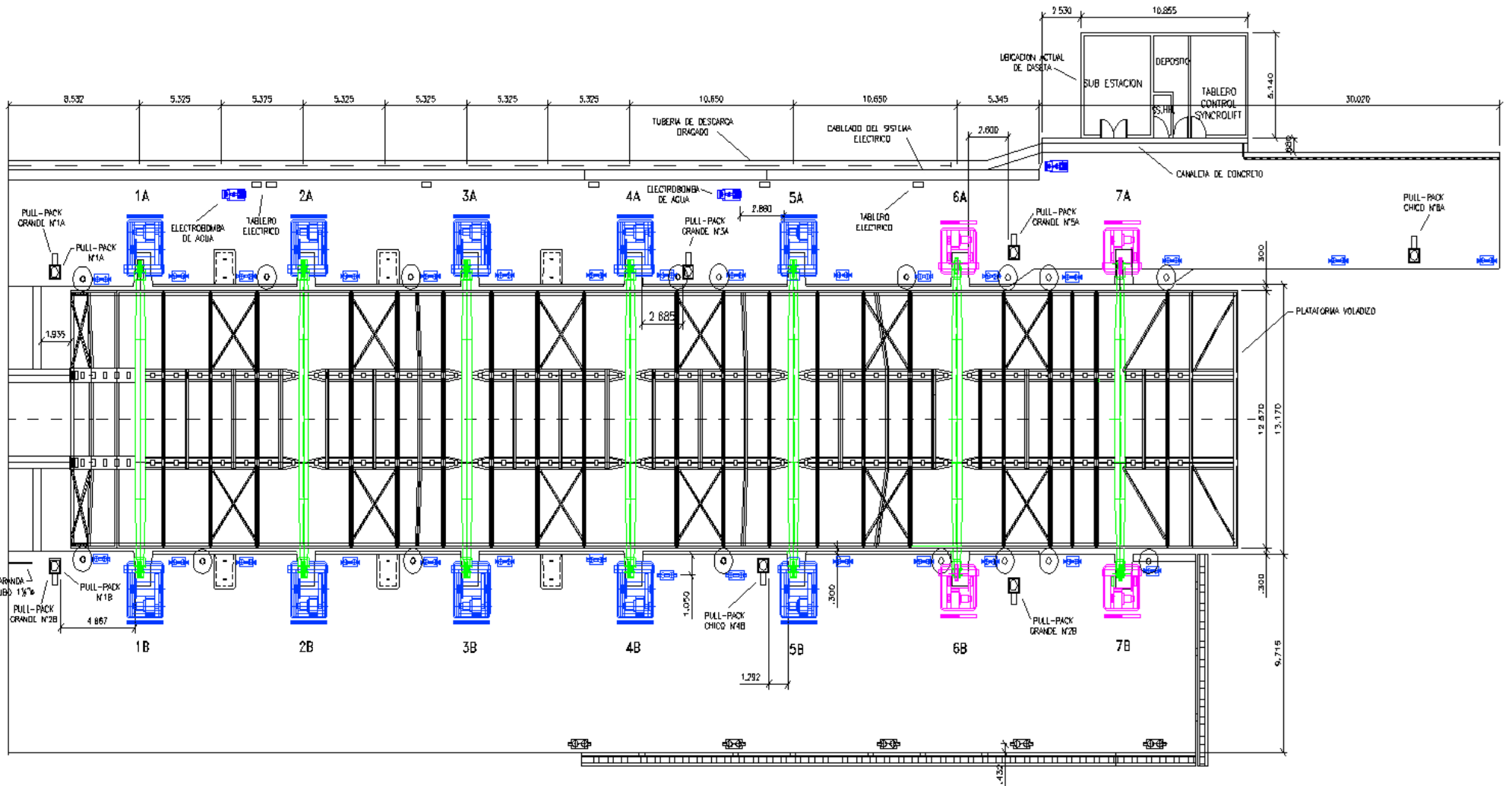
VARADAS Y DESVARADAS PLATAFORMA SYNCROLIFT					CARGAS EN WINCHES														CARGA DE WINCHES LAFOA	CARGA DE WINCHES LADO B	TONELAJE TOTAL EN WINCHES
					WINCHES LADO A							WINCHES LADO B									
					180 T					135 T		180 T					135 T				
ACCIÓN	PESO PLATF. SYNCRO.	CANT. C. CUNA	PESO C.CUNA	PESO EMBARC.	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7			
VAR	270	18	117	726	21	89	136	179	77	34	30	19	85	147	160	73	33	30	566	547	1113



LÍNEA DE TENDENCIA POLINÓMICA MEJORADA DE CARGAS



PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
Problema general.-	Objetivo general.-	Hipótesis general.-	V. Independiente	
¿Cuál es el efecto de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017?	Determinar el efecto de la carga de embarcaciones poteras en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017.	La carga de embarcaciones poteras tiene un efecto significativo en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote.	<p>CARGA DE EMBARCACIONES POTERAS</p> <ul style="list-style-type: none"> Flexión de las vigas principales <ul style="list-style-type: none"> Concentración de máxima carga Fatiga de la plataforma Esfuerzo de tracción en los cables 	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Descriptivo</p> <p>Diseño: No experimental – Transversal</p>
Problemas Específicos.-	Objetivos Específicos.-	Hipótesis Específicas.-	V. Dependiente	Población y muestra:
<p>1. ¿Cuál es el efecto de Flexión de las vigas principales en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017?</p> <p>2. ¿Cuál es el efecto de Concentración de máxima carga en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017?</p> <p>3. ¿Cuál es el efecto de Fatiga de la plataforma en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017?</p> <p>4. ¿Cuál es el efecto del Esfuerzo de tracción en los cables en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017?</p>	<p>a. Determinar el efecto de flexión de las vigas principales en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017</p> <p>b. Determinar el efecto de concentración de máxima carga en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017</p> <p>c. Determinar el efecto de fatiga de la plataforma en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017</p> <p>d. Determinar el efecto del esfuerzo de tracción en los cables en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote – 2017</p>	<p>1. La Flexión de las vigas principales tendrá efectos favorables en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote</p> <p>2. La Concentración de máxima carga tendrá efectos favorables en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote</p> <p>3. La fatiga de la plataforma tendrá efectos favorables en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote</p> <p>4. El esfuerzo de tracción en los cables tendrá efectos favorables en la distribución de la cuna de varado/desvarado en el Syncrolift Sima Chimbote</p>	<p>DISTRIBUCIÓN DE LA CUNA DE VARADO/DESVARADO</p> <ul style="list-style-type: none"> Movimiento de la carga variable en el Syncrolift Esfuerzos internos de la Plataforma Esfuerzos en los cables de acero 	<p>• Población:</p> <p>El universo de la población está constituido por el Syncrolift Sima Chimbote S.A.</p> <p>• Muestra:</p> <p>Estudio no probabilístico, tipo de muestreo discrecional</p> <p>• Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Observación ✓ Simulación <p>• Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ficha de observación ✓ Instrumento de medición directa (wincha) ✓ AutoCAD ✓ SolidWorks ✓ Celular



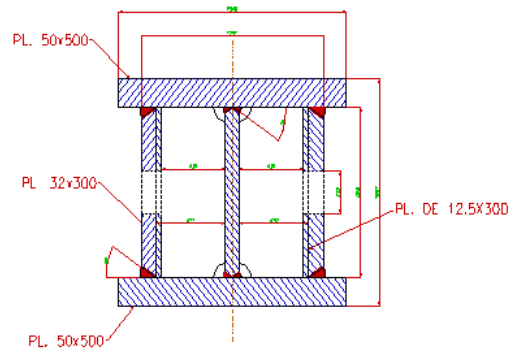
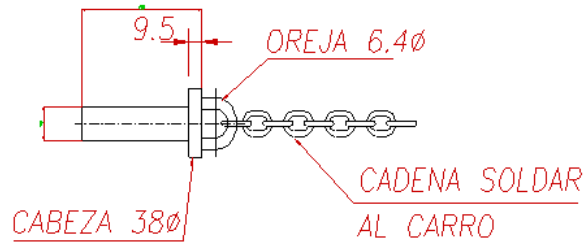
VISTA DE PLANTA



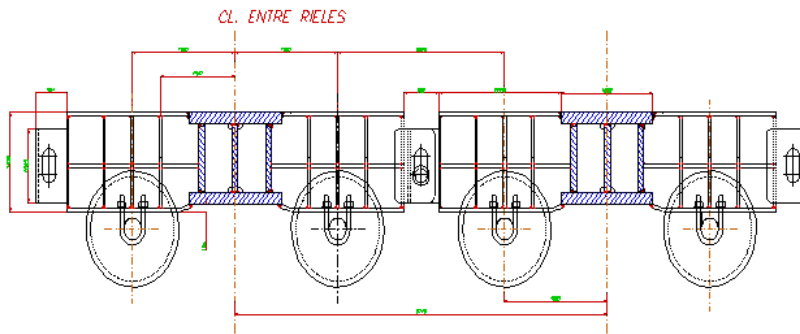
PLATAFORMA "SYNCROLIIFT"

DISPOSICIÓN GENERAL DE LA PLATAFORMA SYNCROLIIFT

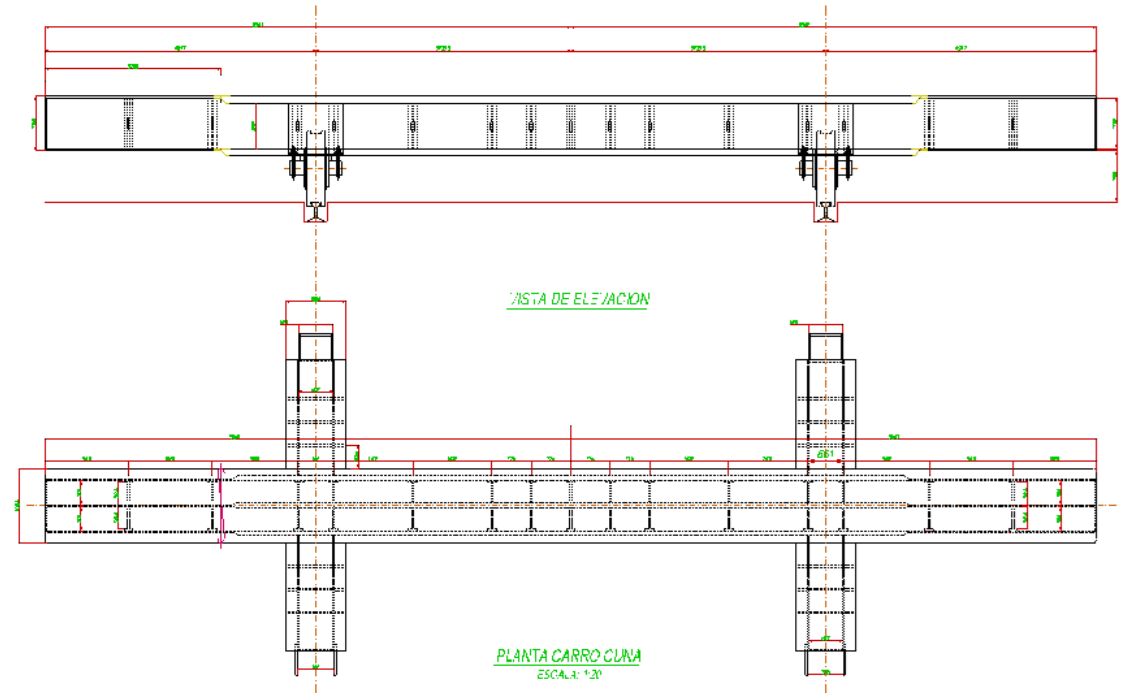
PLANO NÚMERO :	3	HOU :	DE :	REC :	1
FECHA :	13/08/2021	ESCALA :	1:200	UNIDADES :	mm.
		ING. PROYECTO :			



SECCION MEDIA
ESCALA: 1:7.5



VISTA LATERAL
ESCALA: 1:20

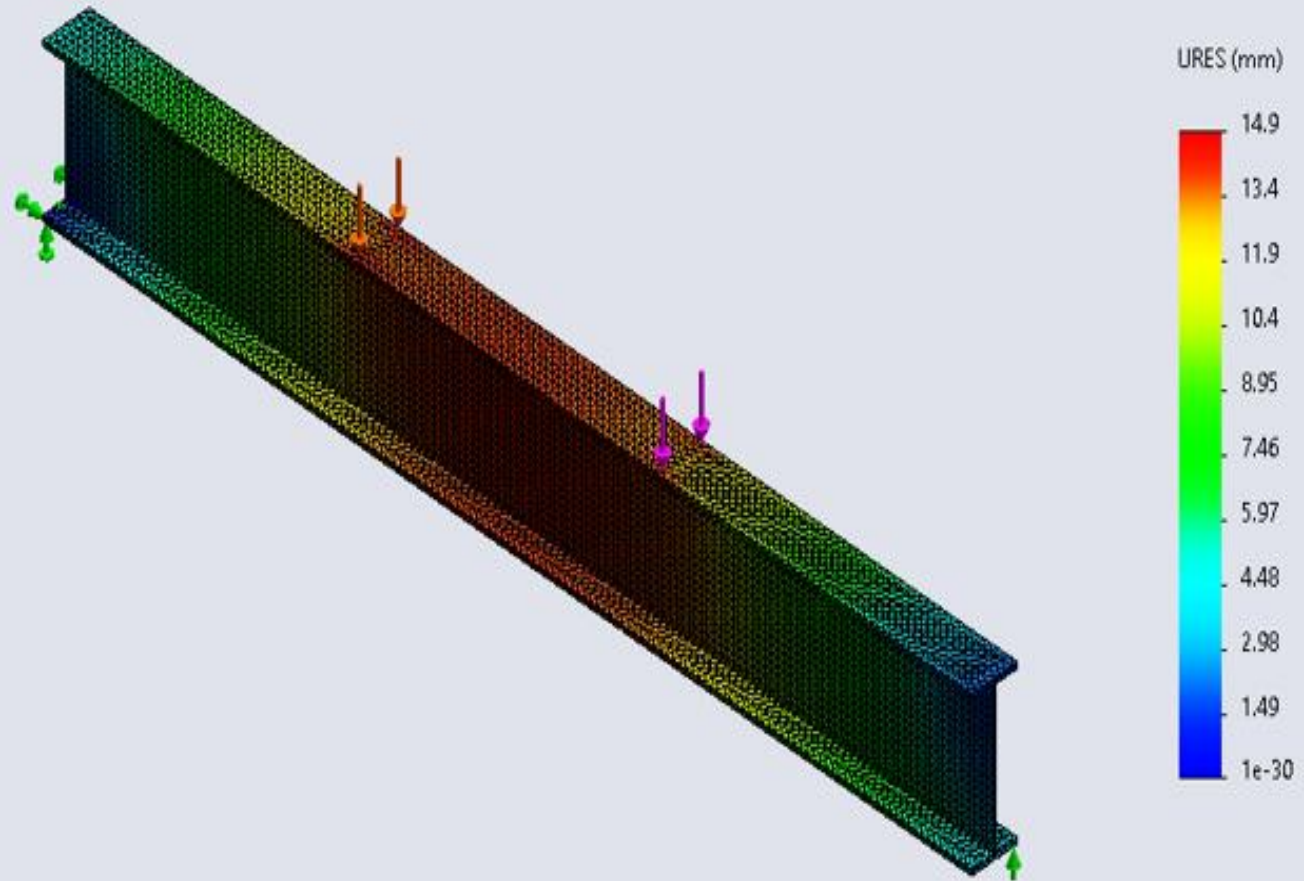


PLATAFORMA "SYNCROLIFT"

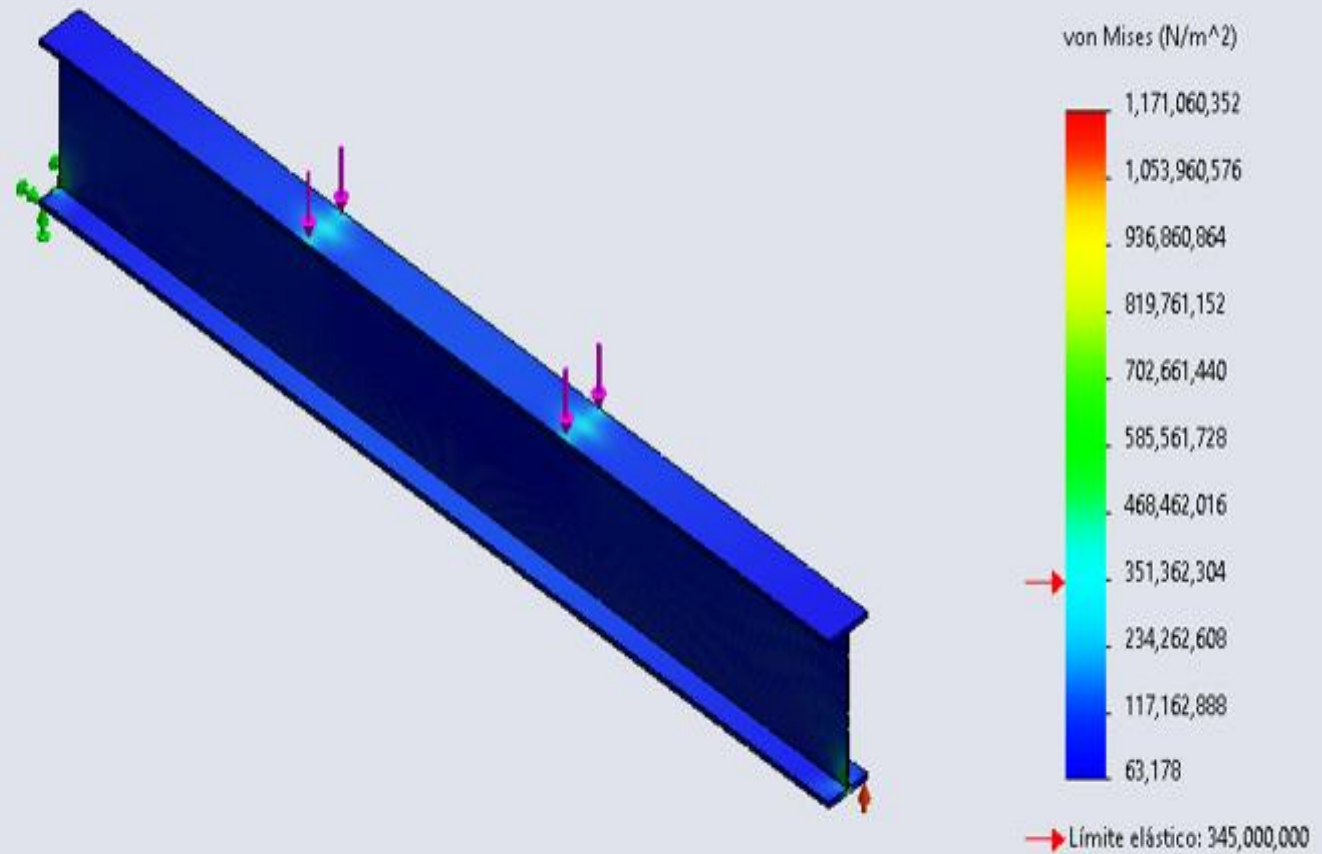
DISPOSICIÓN GENERAL DEL
CARRO CUNA

PLANO NUMERO	3	FOLIO	7	DE	7	REV	1
FECHA	13/08/2021	ESCALA	1:200	UNIDADES	mm.	NO. PROYECTO	

Nombre del modelo: SIMULACION VIGA.MADRE
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1



Nombre del modelo: SIMULACION VIGA,MADRE
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 1

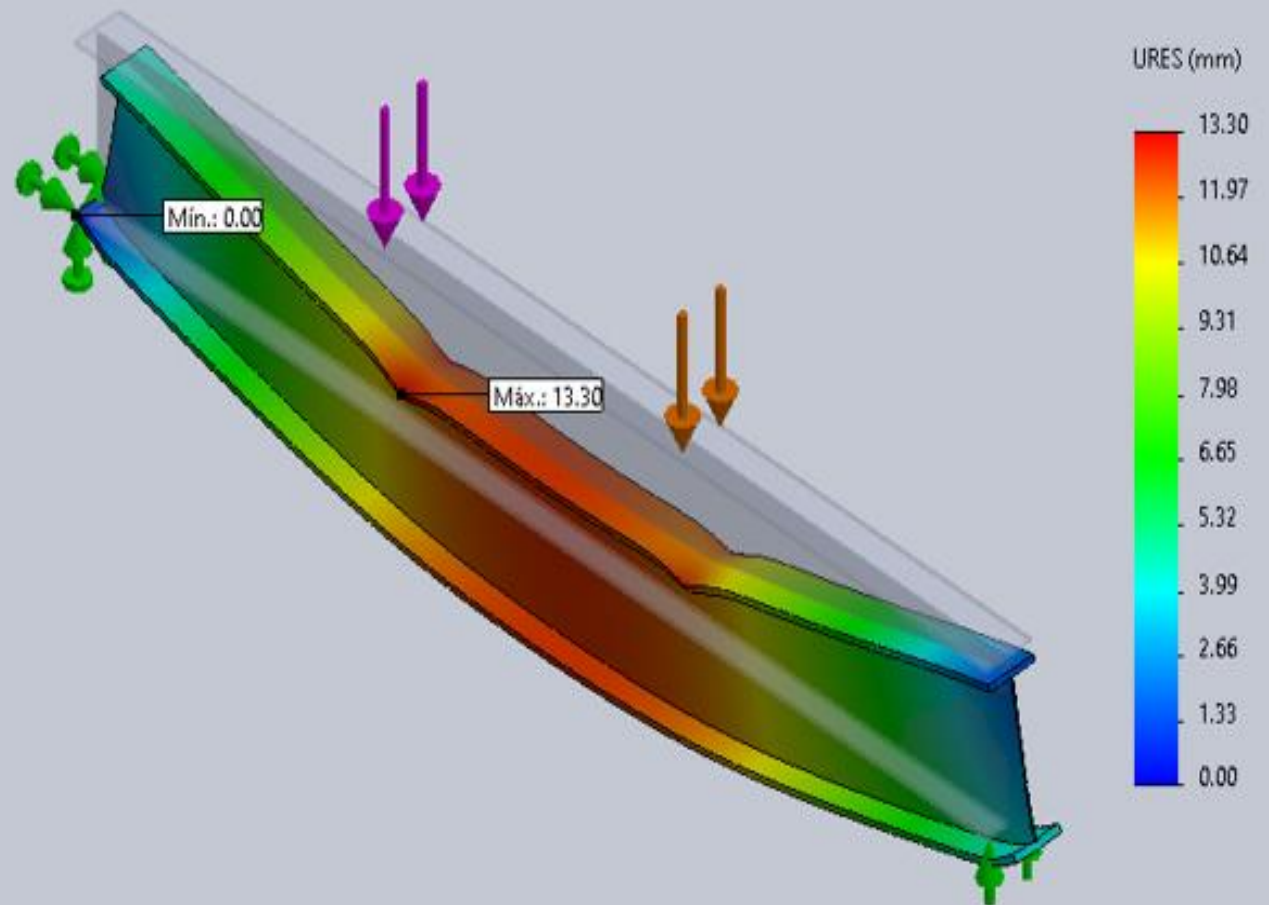


Nombre del modelo: deformacion

Nombre de estudio: Análisis estático mejorado(-Predeterminado-)

Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1

Escala de deformación: 101.967

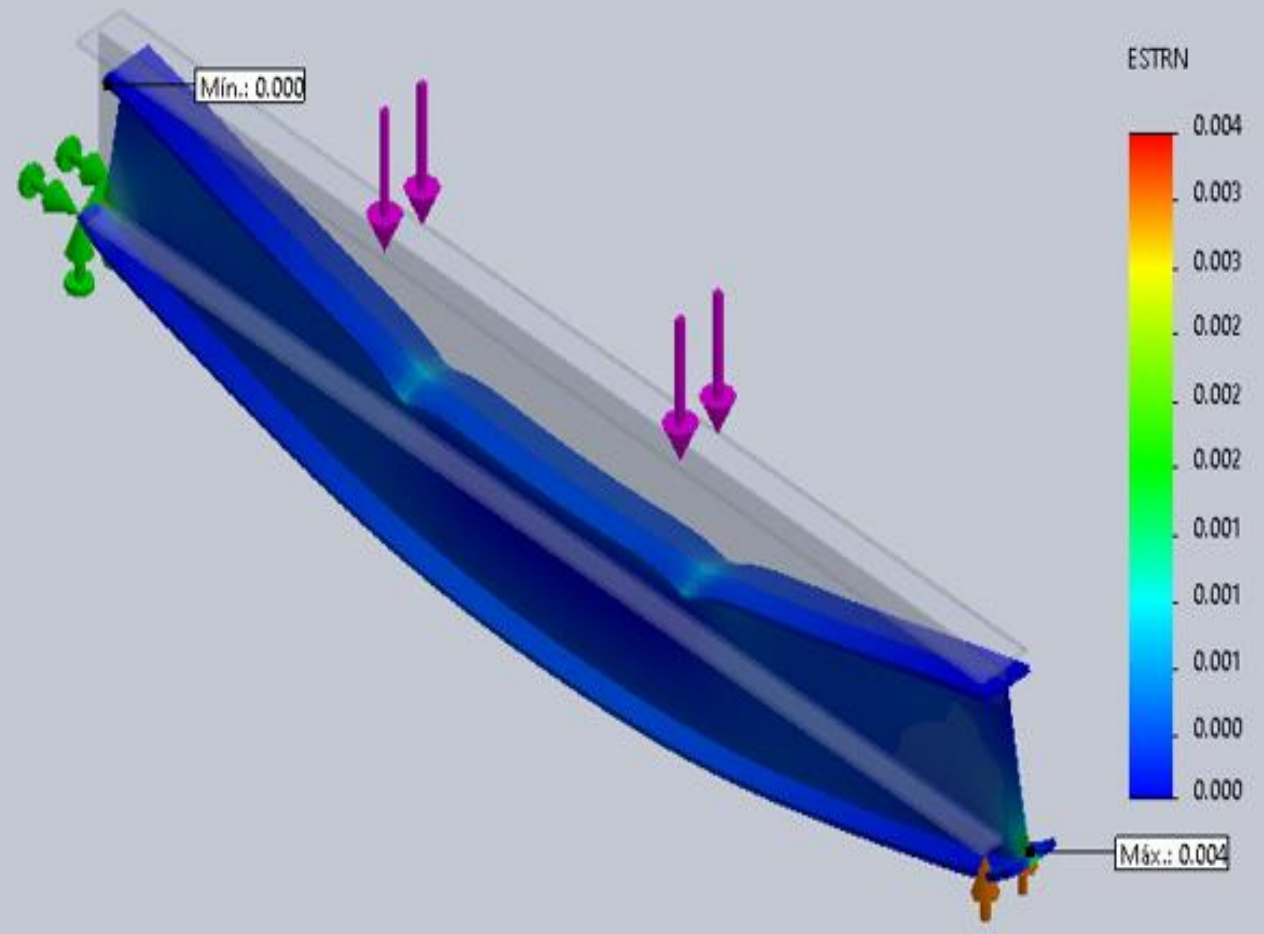


Nombre del modelo: deformacion

Nombre de estudio: Análisis estático mejorado(-Predeterminado-)

Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1

Escala de deformación: 101.967



PRESUPUESTO DE REPARACION DE PLATAFORMA SYNCROLIFT

ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	MATERIALES	OTROS GASTOS	TOTAL
I. Desmontaje de vigas y estructura de la Plataforma Syncrolift		S/ 648.17	S/ 2,071.60	S/ 17,468.26	S/ 20,188.03
1	Retiro de rieles desde viga principal VP 1 a VP 7				
2	Desmontaje de vigas transversales secundarias entre vigas principales VP 2 y VP 3 (Nro. 10, 11, 12, 13, 14 y 15)				
3	Desmontaje de vigas longitudinales entre vigas principales VP 2 y VP 3 (Nro. L-3-A y L-3-B)				
4	Desmontaje de vigas transversales secundarias entre vigas principales VP 1 y VP 2 (Nro. 4, 5, 6, 7, 8 y 9)				
5	Desmontaje de vigas longitudinales entre vigas principales VP 1 y VP 2 (Nro. L-2-A y L-2-B)				
6	Recuperacion de vigas y estructuras ubicadas entre vigas principales VP 3 y VP4 (Nro. 16, 17, 18, 19, 20 y 21. L-4-A y L-4-B)				
7	Desmontaje de vigas transversales secundarias entre vigas principales VP 4 y VP 5 (Nro. 22, 23, 24, 25, 26 y 27)				
8	Desmontaje de vigas longitudinales entre vigas principales VP 4 y VP 5 (Nro. L-5-A y L-5-B)				
9	Retirar winches y cables de acero lado norte - sur				
10	Desmontaje de vigas principales VP 2, 3, 4, 5, 6 y 7				
II. Mantenimiento mecanico, electrico, electronico y obra civil		S/ 7,129.84	S/ 188,778.09	S/ 7,450.00	S/ 203,357.93
1	Mantenimiento mecanico, electrico, electronico y obra civil				
2	Reparacion de obra civil afectada, en losa de muelle cerca a winche N° 3B				
3	Encofrado y vaciado de concreto de bases de winches				
III. Fabricación / Reparación de vigas de Plataforma Syncrolift		S/ 84,696.16	S/ 233,247.64	S/ 281,919.35	S/ 599,863.15
III.1 Vigas Principales VP 3 y VP 4					
1	Reparacion de vigas principales				
2	Arenado y pintura de vigas principales				
3	Vigas Principales listas para montaje				
III.2 Vigas Longitudinales L-5-A y L-5-B					
1	Reparacion de vigas longitudinales/verificacion de longitudes por Control de Calidad				
2	Arenado y pintura de vigas longitudinales				
3	Vigas Longitudinales listas para montaje				
III.3 Vigas Longitudinales L-4-A y L-4-B					
1	Reparacion de vigas longitudinales/verificacion de vigas longitudes por Control de Calidad				
2	Arenado y pintura de vigas longitudinales				
3	Vigas Longitudinales listas para montaje				
III.4 Vigas Principales VP 2					
1	Fabricacion de viga principal				
2	Traslado de viga principal a zona de arenado				
3	Arenado y pintura de viga principal				
4	Traslado de viga principal a parqueadero para continuar plan de pintado				
5	Termino de aplicacion de plan de pintado				
6	Viga principal lista para montaje				
III.5 Vigas Longitudinales L-3-A y L-3-B					
1	Fabricacion de vigas longitudinales/verificacion de vigas longitudes por Control de Calidad				
2	Arenado y pintura de vigas longitudinales				
3	Vigas Longitudinales listas para montaje				
III.6 Vigas Longitudinales L-2-A y L-2-B					
1	Reparacion de vigas longitudinales/verificacion de vigas longitudes por Control de Calidad				
2	Arenado y pintura de vigas longitudinales				
3	Vigas Longitudinales listas para montaje				
III.7 Vigas transversales secundarias (05 Pz nuevas y 19 Pz reparacion)					
	Fabricacion de vigas trasversales secundarias				
	Reparacion de vigas trasversales secundarias				
	Arenado y pintura de vigas trasversales secundarias				
	Vigas transversales secundarias listas para montaje				
III.8 Fabricacion de vigas nuevas					
IV. Inspecciones de Calidad		S/ -	S/ 405.72	S/ 9,700.00	S/ 10,105.72
IV.1	Inspecciones de calidad (vigas, estructuras, sistema mecanico, electrico, electronico, obra civil)				
V. Montaje de vigas		S/ 1,296.34	S/ 2,360.22	S/ 23,219.84	S/ 26,876.40
V.1	Montaje de vigas principales VP 2, 3 y 4 y nivelacion transversal y longitudinal (voguetas)				
V.2	Montaje de winches y cables de acero lado norte (alineamiento entre poleas superior e inferior)				
V.3	Montaje de vigas longitudinales entre vigas principales VP 1 y 5 (N° L-2-A y L-2-B, L-3-A y L-3-B, L-4-A y L-4-B, L-5-A y L-5-B)				
V.4	Montaje de vigas transversales secundarias y soldeo				
V.5	Instalacion de cables de acero de winches lado sur				
V.6	Instalacion de cables de acero de winches lado norte				
V.7	Instalacion y alineamiento de rieles desde viga principal VP 1 a VP 5 (instalacion de lminas y chequeo de contraflechas)				
V.8	Instalacion de angulos perimetrales				
VI. Pruebas de sincronizacion de Plataforma Syncrolift (ascenso y descenso)		S/ 3,889.01	S/ 282.44	S/ 60,769.06	S/ 64,940.51
VI.1	Pruebas de sincronizacion de Plataforma Syncrolift (ascenso y descenso) con R/Simach - 2				
VI.2	Termino de los trabajos				
Costo Estimado Sub Total - 1		S/ 97,659.52	S/ 427,145.71	S/ 400,526.51	S/ 925,331.74
PRESUPUESTO PERMUTA DE POSICION DE WINCHES EN PLATAFORMA SYNCROLIFT - RECOMENDADO POR PEARLSON SHIPLIFT					
ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	MATERIALES	OTROS GASTOS	TOTAL
I. Permuta de posicion de winches en Plataforma Syncrolift - Recomendado por Pearlson Shiplift		S/ 100,000.00	S/ 207,204.27	S/ 250,000.00	S/ 557,204.27
Costo Estimado Sub Total - 2		S/ 100,000.00	S/ 207,204.27	S/ 250,000.00	S/ 557,204.27
RESUMEN DE TRABAJOS EN LA PLATAFORMA SYNCROLIFT					
ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	MATERIALES	OTROS GASTOS	TOTAL
COSTO ESTIMADO TOTAL		S/ 197,659.52	S/ 634,349.98	S/ 650,526.51	S/ 1,482,536.01

Notas: 1. Los costos considerados son costos directos 2. Los costos no incluyen IGV.