



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
AUTOMOTRIZ

TEMA:

**“Análisis técnico para la adecuación de una grúa hidráulica
en vehículos de hasta 3.5 toneladas, para mantenimiento de
redes eléctricas. 2017”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

AUTORES: GEOVANNY MIGUEL BRAVO VILLAMAGUA
ADDY BENAZIR GUERRERO CUEVA

DIRECTOR: ING. FREDDY PESANTEZ

CUENCA-ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A mis familiares y amigos por su apoyo incondicional en cada momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una mejor persona, pero más que nada, por su amor.

Addy Benazir Guerrero Cueva

Quiero dedicar el presente trabajo a toda mi familia, en especial a mi Madre y mi Padre, quienes siempre han estado apoyándome e incentivando día a día mis deseos de superación.

A todos quienes han estado apoyándome a lo largo de la carrera para que se realice la culminación de esta etapa.

Geovanny Miguel Bravo Villamagua

AGRADECIMIENTO

A mi madre por enseñarme a ser la persona luchadora en la que me he convertido, porque con su amor y ejemplo, encamino mi vida a la superación personal.

A la UNIVERSIDAD DEL AZUAY por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Ing. Freddy Pesantez por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Y por último a todos mis amigos y familiares, los cuales han motivado cada paso durante mi formación profesional.

Addy Benazir Guerrero Cueva

En primer lugar, doy gracias a Dios por haberme permitido tener la mejor experiencia de mi vida dentro de esta institución, a la misma por convertirme en un profesional, a cada uno de los maestros que hicieron parte de este proceso integral de formación para llegar a instaurarme dentro de la sociedad para ir a servir.

A mis amigos, mismos que siempre me dieron su apoyo en cada uno de los peldaños que tuvimos a lo largo de la carrera.

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento al Ingeniero Fredy Pesantez, quien, como director del presente trabajo de investigación, ha apoyado al desarrollo y culminación del mismo.

Geovanny Miguel Bravo Villamagua

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I.....	2
1.1 Definición de grúas	2
1.2 Tipos de grúas	2
1.2.1 Grúa de torre	2
1.2.2 Grúas móviles	3
1.2.3 Grúas pluma	4
1.2.4 Grúas telescópicas.....	5
1.2.5 Grúas que se propulsan por sí mismas	5
1.2.6 Grúa hidráulica articulada.....	6
1.2.7 Nomenclatura de una grúa	7
1.2.8 Identificación de la grúa.....	8
1.2.9 Momento de elevación de la grúa	8
1.2.10 Curvas de carga.....	9
1.3 Identificación del Camión	9
1.3.1 Condiciones de Seguridad.....	10
1.4 Medidas de prevención y protección.....	11
1.4.1 Montaje de la grúa en un vehículo portante.....	11
1.4.2 Sistemas de seguridad del equipo (GHA y chasis)	12
1.5 Normas de seguridad en la preparación del funcionamiento de la grúa.....	13

1.5.1	Emplazamiento del vehículo	13
1.5.2	Nivelación	15
1.5.3	Mandos	17
1.5.4	Sistemas de apoyo	18
1.5.5	Viga del estabilizador.....	20
1.5.6	Gato del estabilizador.....	20
1.6	Plataformas	24
1.6.1	Por su sistema de elevación.....	25
1.6.2	Por su sistema de traslación	26
CAPÍTULO II		28
2.1	Criterios para la selección de grúas	28
2.1.1	Alternativas para selección de grúas	29
2.1.1.1	Palfinger BL13C	29
2.1.1.2	Tehiba TAT-13	30
2.1.1.3	Socage A314	31
2.1.2	Matriz para la selección de alternativas	32
2.1.3	Especificaciones técnicas de la grúa seleccionada.....	33
2.2	Parámetros para la selección del vehículo para la grúa.....	35
2.2.1	Alternativas para la selección del vehículo.....	36
2.2.2	Vehículo y Grúa seleccionada seleccionado	41
Conclusión:		41
2.	CAPÍTULO III	42
3.1	Características del bastidor.....	42
3.2	Puntos de apoyo en el bastidor	42
3.3	Análisis estático del bastidor	44
3.4	Modelamiento del bastidor	46
3.5	Análisis estructural	47

3.5.1	Análisis en posición 0 (Grúa en reposo)	49
3.5.1.1	Diseño Estático.....	50
3.5.2	Análisis en dirección x (Grúa inclina en dirección x).....	53
3.5.2.1	Análisis en la posición a	54
3.5.2.2	Análisis en la posición b	55
3.5.3	Análisis en dirección Y	56
3.5.3.1	Análisis en la posición a	57
3.5.3.2	Análisis en la posición b	58
3.6	Resultados	59
3.6.1	Diseño Estático para la dirección x, en la posición a.....	59
3.6.2	Diseño a Fatiga para la dirección x, en la posición a.....	60
3.6.2.1	Límite de Resistencia a fatiga (Se).....	62
3.6.2.2	Factor de seguridad en condiciones a fatiga para el punto crítico	67
3.6.2.3	Vida útil.....	68
3.6.3	Diseño Estático para la dirección y, en la posición a.....	70
3.6.4	Diseño a Fatiga para la posición (a) y en dirección (y).....	72
3.6.4.1	Límite de Resistencia a fatiga	73
3.6.4.2	Factor de seguridad a fatiga.	75
3.6.4.3	Vida útil.....	75
3.	CAPÍTULO IV	78
4.1	Sistema hidráulico de la grúa.	78
4.1.1	Elementos de un sistema hidráulico general para grúas.	78
4.1.2	Mantenimiento en el sistema hidráulico general para grúas.	81
4.2	Análisis de resultados	84
	CONCLUSIONES	87
	RECOMENDACIONES	88
	BIBLIOGRAFÍA	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Grúas de Torre	3
Figura 1.2: Grúas móviles	4
Figura 1.3: Grúas pluma.....	4
Figura 1.4: Grúas telescópicas	5
Figura 1.5: Grúas autopropulsadas.....	6
Figura 1.6: Partes principales de una grúa hidráulica	7
Figura 1.7: Nomenclatura de una grúa PALFINGER.....	8
Figura 1.8: Brazo de una grúa de 6 extensiones.....	8
Figura 1.9: Momento de elevación.....	9
Figura 1.10 Curvas de carga	9
Figura 1.11: Emplazamiento evitando irregularidades	14
Figura 1.12: Incremento de la superficie de apoyo.....	14
Figura 1.13: Nivelación del camión.....	16
Figura 1.14: Ejemplo de pictogramas para las funciones de trabajo.....	18
Figura 1.15: Procedimiento de apoyo del vehículo.....	19
Figura 1.16: Procedimiento incorrecto de apoyo del vehículo	19
Figura 1.17: Gatos extendidos hasta el tope	20
Figura 1.18: Despliegue de los brazos giratorios.....	21
Figura 1.19: Mando desde el suelo	22
Figura 1.20: Sistema de prolongas	22
Figura 1.21: Puesto de mando elevado	23
Figura 1.22 Plataformas remolcables.....	27
Figura 2.1: Palfinger BL13C.....	30
Figura 2.2: Tehiba TAT-13	31
Figura 2.3: Socage A314.....	31
Figura 2.4: Movimientos permitidos de la grúa.....	35
Figura 2.5: Mazda BT-50 Cabina simple.....	36
Figura 2.6: Chevrolet LUV Dmax	38
Figura 2.7: Ford F150	39
Figura 2.8: Vehículo y grúa seleccionada para este proyecto.....	41
Figura 3.1: Bastidor de la camioneta Chevrolet LUV Dmax.....	42
Figura 3.2: Puntos de apoyo en el bastidor	43

Figura 3.3: Ubicación de las cargas en el bastidor.....	43
Figura 3.4: Diagramas de fuerza cortante y momento flector.....	46
Figura 3.5: Modelamiento del bastidor	47
Figura 3.6: Teoría de energía de la distorsión.....	48
Figura 3.7: Referencia de direcciones x y y de la grúa	49
Figura 3.8: Grúa en posición 0.....	50
Figura 3.9: Factor de seguridad en los largueros del bastidor (posición 0)	50
Figura 3.10: Tensión de Von Mises en los largueros del bastidor (posición 0).....	51
Figura 3.11: Fibras en el punto crítico	52
Figura 3.12: Desplazamientos en los largueros del bastidor (posición 0).....	53
Figura 3.13: Grúa en posición en x	53
Figura 3.14: Trabajo de la grúa seleccionada en la dirección x	54
Figura 3.15: Diagrama de cuerpo libre de la grúa (dirección x-posición a)	55
Figura 3.16: Diagrama de cuerpo libre de la grúa (dirección x-posición b)	56
Figura 3.17: Esfuerzos de la grúa en la dirección x	57
Figura 3.18: Trabajo de la grúa en la dirección y	57
Figura 3.19: Diagrama de cuerpo libre de la grúa (dirección y-posición a)	58
Figura 3.20: Tensión de Von Mises en los largueros (dirección x)	59
Figura 3.21: Factor de seguridad de los largueros en la dirección x.....	59
Figura 3.22: Fibras en el punto crítico	60
Figura 3.23: Punto Crítico de estructura	61
Figura 3.24: Fibras de la sección del chasis	62
Figura 3.25: Sección en corte de la viga principal del chasis	64
Figura 3.26: Fracción de la resistencia a la fatiga.....	69
Figura 3.27: Gráfico S vs N	70
Figura 3.28: Desplazamientos producido en el larguero.....	70
Figura 3.29: Tensión de Von Mises de los largueros en la dirección y	71
Figura 3.30: Factor de seguridad de los largueros en la dirección y.....	71
Figura 3.31: Punto crítico en el chasis	72
Figura 3.32: Fibras en el punto crítico ubicación y de la grúa.....	73
Figura 3.33: Sección del punto Crítico B.....	74
Figura 3.34: Desplazamientos en los largueros (grúa en posición y)	76
Figura 4.1: Sistema Hidráulico	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Tipos de grúa y su capacidad máxima de marca Palfinger.....	10
Tabla 1.2: Presión sobre el suelo permitida (resistencia del suelo)	15
Tabla 2.1: Alternativas de grúas	29
Tabla 2.2: Comparación entre grúas	32
Tabla 2.3: Matriz de selección de la grúa.....	33
Tabla 2.4: Especificaciones técnicas de la grúa Socage A314	34
Tabla 2.5: Especificaciones de Mazda BT-50	37
Tabla 2.6: Especificaciones técnicas de la Chevrolet LUV Dmax.	38
Tabla 2.7: Especificaciones técnicas de F-150	39
Tabla 2.8: Comparación de características de las camionetas	40
Tabla 2.9: Comparación con puntuación	40
Tabla 3.1: Propiedades mecánicas del acero TRIP 780	52
Tabla 3.2: Parámetros en el factor de la condición superficial	63
Tabla 3.3: Factor de confiabilidad	66
Tabla 4.1: tipos de aceite lubricantes	80
Tabla 4.2: Fallas y reparaciones para el mantenimiento correctivo.....	83
Tabla 4.3: Análisis de resultados	84

“Análisis técnico para la adecuación de una grúa hidráulica en vehículos de hasta 3.5 toneladas, para mantenimiento de redes eléctricas. 2017.”

RESUMEN

Implementar una maquinaria de izaje de personal con características adecuadas para inspección, reparación y mantenimiento inmediato de redes eléctricas aéreas, es el objetivo del presente trabajo, para preservar el patrimonio cultural del centro histórico de la ciudad de Cuenca. La selección del vehículo y grúa considera parámetros de seguridad confiables, seleccionando la camioneta Chevrolet Luv Dmax 3.0 con grúa SOCAGE a314, analizando esfuerzos de vida útil y factor de seguridad en el chasis con diferentes posiciones de la grúa, encontrando el punto crítico en la parte posterior, obteniendo un factor de seguridad de 1.3 (análisis dinámico) con tiempo de vida útil de 618,18 años con carga máxima cíclica de veinte veces diarias, para evitar fallas se recomienda reforzar el chasis.

Palabras clave: preservamos, grúa, chasis, análisis de esfuerzos.



ING. FREDDY PESANTEZ

Director de trabajo de Titulación

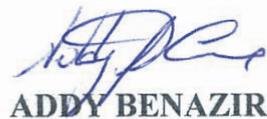


ING. MATEO COELLO

Director de Escuela



**GEOVANNY MIGUEL
BRAVO VILLAMAGUA**



**ADDY BENAZIR
GUERRERO CUEVA**

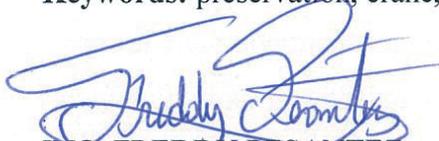
Autores

**TECHNICAL ANALYSIS FOR THE ADEQUACY OF A HYDRAULIC CRANE
IN VEHICLES UP TO 3.5 TONS, TO BE USED FOR ELECTRICAL
NETWORKS MAINTENANCE. 2017.**

ABSTRACT

The objective of this work was to implement a personnel lifting equipment with adequate characteristics for inspection, repair and immediate maintenance of aerial electric networks, to be used for preserving the cultural heritage of the historical center of Cuenca. The selection of the vehicle and crane took into account reliable safety parameters, which included the selection of a Chevrolet LUV Dmax 3.0 pickup truck with a SOCAGE A314 crane. Service life stress and safety factors in the chassis were analyzed with different positions of the crane. The critical point was found at the back, obtaining a safety factor of 1.3 (dynamic analysis) with a lifespan of 618.18 years, at a maximum cyclical load of twenty times a day. In order to avoid failures, the reinforcement of the chassis was recommended.

Keywords: preservation, crane, chassis, stress analysis.



ING. FREDDY PESANTEZ

Thesis Director



GEOVANNY MIGUEL
BRAVO VILLAMAGUA



ING. MATEO COELLO

School Director



ADDY BENAZIR
GUERRERO CUEVA

Authors



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

“Análisis técnico para la adecuación de una grúa hidráulica en vehículos de hasta 3.5 toneladas, para mantenimiento de redes eléctricas. 2017.”

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo analizar y evaluar distintos tipos de camionetas y grúas, para la implementación de un sistema de izaje de personal con el fin de dar mantenimiento y asistencia inmediata a problemas solicitados en la ciudad de Cuenca.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó un proceso de selección para tres tipos de grúas y camionetas de las más comunes dentro del mercado nacional y de acuerdo a un proceso de calificación y ponderación se obtuvo la mejor alternativa. También, se realizó un análisis estructural del chasis y los esfuerzos que soportarían las distintas secciones del mismo. Además, se estableció un sistema hidráulico de doble circuito para el funcionamiento adecuado de la grúa y finalmente, se redactó el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo que debería ser llevado a cabo en la grúa, así como también se mostró los resultados obtenidos del análisis estructural.

Del estudio realizado se determinó el tipo de camioneta y grúa que se puede utilizar para los trabajos mantenimiento y asistencia de las empresas de mantenimiento de redes aéreas. Posteriormente se dio solución a un posible problema de fractura en el chasis a través de una simulación en el programa de solidworks y resultados obtenidos de un estudio estático y dinámico del chasis del vehículo con respecto al factor de seguridad y el tiempo de vida útil.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En lo que a este capítulo se refiere, se desarrollan las bases teóricas con las que se ha realizado el análisis de grúas y vehículos, comparaciones que sirven de sustento para llegar a cumplir con el objetivo del presente trabajo de investigación.

En la primera parte se define a las grúas y los tipos de las mismas; así mismo se da una clara identificación de camión y sus condiciones de seguridad, a continuación se exponen medidas de prevención, protección y normas de seguridad en la preparación del funcionamiento de la grúa, se describe además la elevadora móvil de personal y su clasificación.

1.1 Definición de grúas

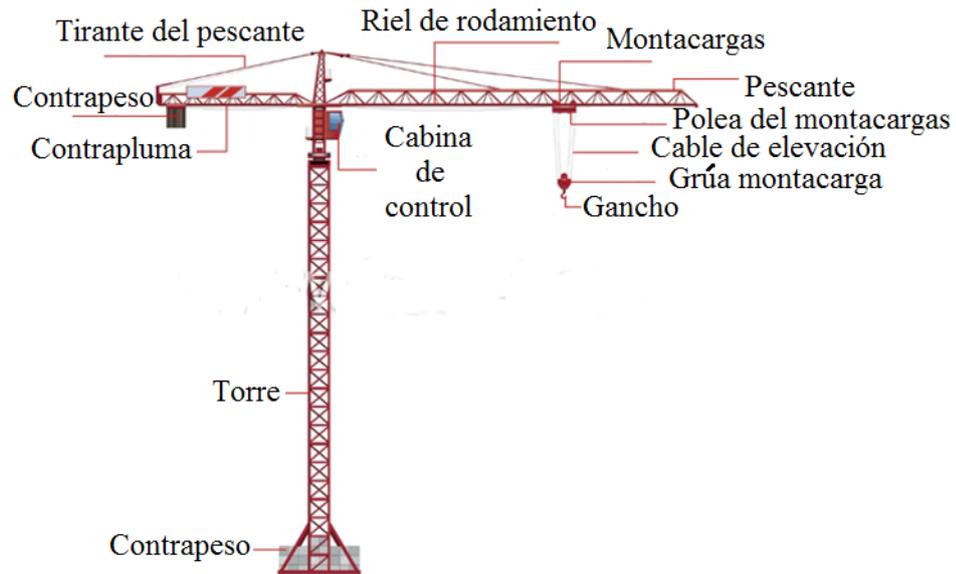
Es una máquina elevadora compuesta por un eje vertical giratorio, con una o varias poleas que se accionan mecánicamente, que sirve para transportar pesos. (Diccionario de la lengua española, 2005)

1.2 Tipos de grúas

1.2.1 Grúa de torre

Este tipo de grúas pueden ser estáticas o auto montantes. En las estáticas se debe considerar un sistema de cimentación en la base en uno de los tramos la misma que permite montar la grúa. También tiene un sistema de subestación que proporciona el fluido eléctrico para sus componentes, se maneja grandes alturas y posee gran cobertura de brazo; mientras que los auto montantes son llevadas a la obra a través de un vehículo, y se auto sustentan usando fuerza hidráulica. Ver figura 1.1.

Figura 1.1: Grúas de Torre



Fuente: (IKONET, 2015)

1.2.2 Grúas móviles

Se caracterizan por estar constituidas por un vehículo colocado sobre ruedas, teniendo así una movilidad y dirección propia. A su vez debe tener un sistema que permita elevar las cargas de tipo pluma y estabilizadores para que no se produzcan accidentes. En cuanto a sus ruedas, el tamaño de las mismas determina la facilidad de manejarlo, si son de un gran tamaño, resultará más asequible controlarlo. Las grúas que se muestran en la figura 1.2 son muy utilizadas en edificaciones y en aquellas que son de un gran tamaño son utilizadas para cargar las grúas de tipo torre.

Figura 1.2: Grúas móviles

Fuente: (GRUASTOOSKA, 2014)

1.2.3 Grúas pluma

Estas grúas pueden subirse a ellas mismas. Una de las características de estas grúas es la capacidad para que la pluma retroceda. Este movimiento se utiliza para movilizar la carga de manera horizontal y resulta muy veloz. Además, posee un sistema de poleas que hacen posibles el transporte vertical. Pueden soportar más de tres toneladas. Ver figura 1.3

Figura 1.3: Grúas pluma

Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2015)

1.2.4 Grúas telescópicas

Como se muestra en la figura 1.4 estas grúas se caracterizan por tener las llamadas flechas. Estas generalmente son rectangulares y están hechas de metales muy duros como son: Aceros con aleaciones y recubrimientos especiales, que sean resistentes y duren mucho tiempo.

Es utilizada en lugares donde haya mucho espacio para poder trabajar, ya que las mismas son grúas de grandes dimensiones, utilizadas para el montaje y/o desmontaje de elementos de gran tamaño.

Figura 1.4: Grúas telescópicas



Fuente: (MANITOWOC, 2015)

1.2.5 Grúas que se propulsan por sí mismas

El trabajo que realizan estas grúas es discontinuo ya que debe subir y repartir la carga, que se mantiene colgada desde un gancho. Estas son utilizadas en grandes edificaciones. Estos son dispositivos muy eficientes y fáciles de maniobrar. Ver figura 1.5 (tiposde.org, 2012)

Figura 1.5: Grúas autopropulsadas



Fuente: (GMVYKON, 2013)

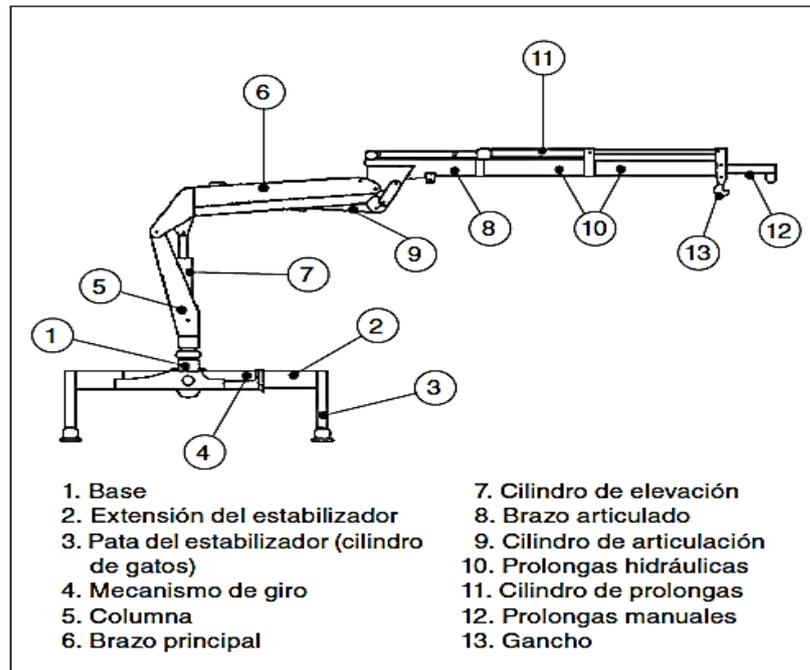
1.2.6 Grúa hidráulica articulada

Las grúas hidráulicas articuladas en su mayoría son manejadas por mando por radio y existen también grúas que son manejadas con sistemas de control remoto.

La grúa hidráulica articulada (GHA) sobre camión, es una máquina diseñada para elevar, transportar, soportar y depositar cargas.

La máquina está compuesta por una columna giratoria que se encuentra apoyada en una base, y un sistema de brazos, ésta debe disponer de estabilizadores que ayuden a tener mejor fijación a la superficie.

Existen diversos tipos de montajes de grúas sobre camión tales como: montadas detrás de la cabina, en la parte posterior, en el centro del remolque, en voladizo en la parte posterior, etc. Ver figura 1.6.

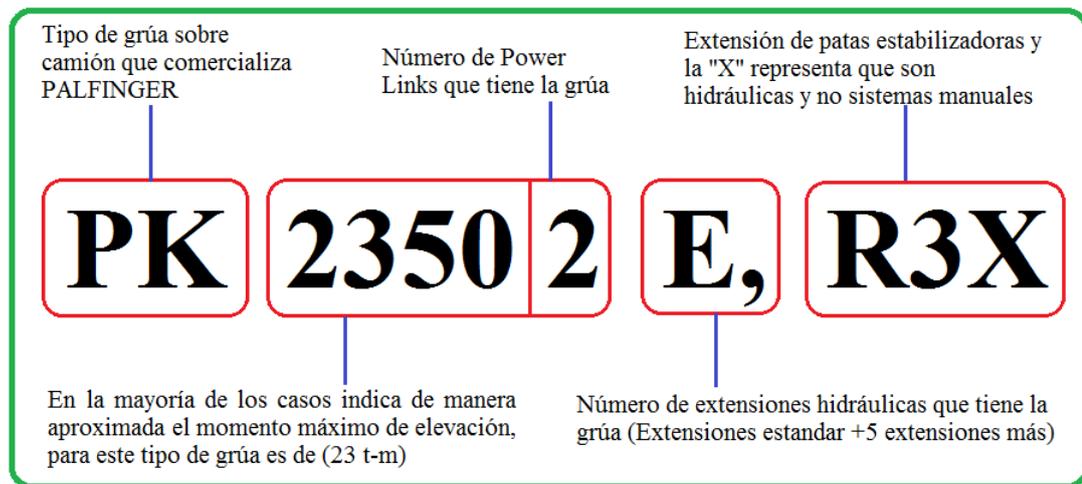
Figura 1.6: Partes principales de una grúa hidráulica

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ecuador, 2010)

- Base: es el dispositivo que soporta la estructura de la grúa, así como los puntos de anclaje y rodamientos de giro de la columna.
- Estabilizadores: dispositivos destinados a aumentar o asegurar la base de apoyo de la grúa en posición de trabajo.
- Mecanismo de giro: estructura orientable capaz de soportar la pluma, contrapeso y todos los mecanismos de accionamiento de la grúa.
- Columna: estructura que soporta el sistema de la pluma.
- Pluma: componente estructural de la grúa capaz de soportar el órgano de aprehensión cargado, asegurando el alcance y la altura de elevación solicitados.
- Brazos: estructura del sistema de la pluma.
- Mecanismos de extensión e inclinación: Mecanismos que sirven para variar el alcance y la altura de elevación por variación de la longitud y ángulo de inclinación de la grúa.

1.2.7 Nomenclatura de una grúa

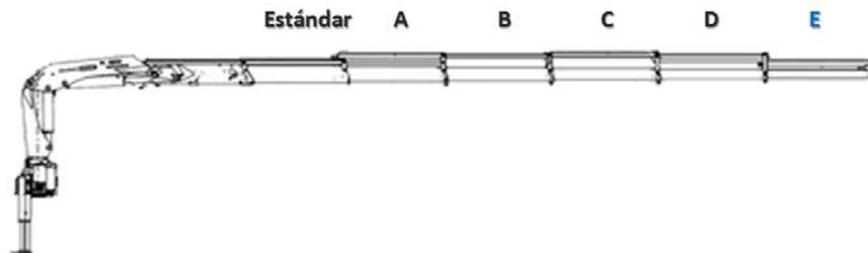
La nomenclatura de la grúa viene dada tal como se muestra en la figura 1.7:

Figura 1.7: Nomenclatura de una grúa PALFINGER

Fuente:(PALFINGER, 2016)

1.2.8 Identificación de la grúa

Las grúas tienen una extensión hidráulica estándar, desde la cual se asigna una letra por cada extensión que posea. Ver figura 1.8

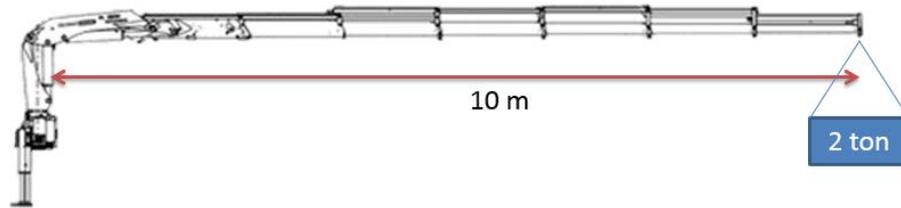
Figura 1.8: Brazo de una grúa de 6 extensiones

Fuente:(PALFINGER, 2016)

1.2.9 Momento de elevación de la grúa

Es la característica técnica que sirve para determinar el modelo de una grúa capaz de realizar el trabajo para el que se le requiere.

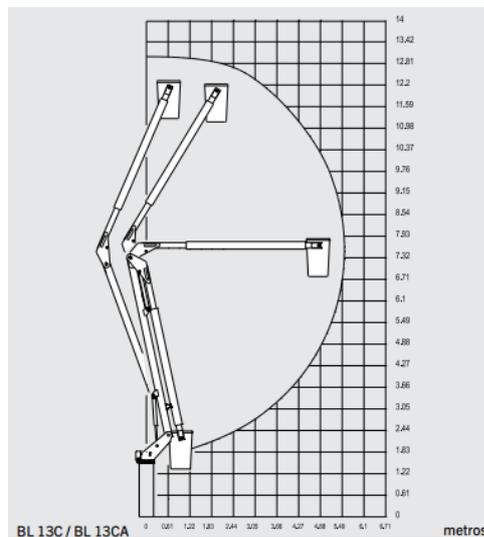
Este momento de elevación se mide en toneladas por metro, representando la capacidad de la carga que tiene la grúa a una determinada distancia. Ver figura 1.9

Figura 1.9: Momento de elevación

Fuente:(PALFINGER, 2016)

1.2.10 Curvas de carga

La capacidad de elevación de las grúas disminuye al tener más extensiones debido a que el cilindro principal debe soportar el peso de todas las extensiones adicionales, razón por la cual se debe revisar los diagramas de carga de las grúas, mismos que los podemos encontrar en los catálogos de las grúas. Ver figura 1.10.

Figura 1.10 Curvas de carga

Fuente:(PALFINGER, 2016)

1.3 Identificación del Camión

Para escoger el tipo de vehículo para el traslado y trabajo de una grúa hidráulica se deberá observar la capacidad de carga, misma que tendrá relación con la del vehículo, es decir si el momento de elevaciones de 10 toneladas, la capacidad del automotor debe ser del mismo valor.

Para mayor facilidad se observar la tabla 1.1, donde se encuentran tabuladas distintos tipos de grúas y sus cargas respectivas:

Tabla 1.1: Tipos de grúa y su capacidad máxima de marca Palfinger

GRÚAS ARTICULADAS			
Modelo	Momento Elevación	Alcance (Hidráulico)	Cap. Max/ Kg
PK4501	4.1 tm	5.30-11.10 m	2,830 kg
PK 6501	5.9 tm	5.40-11.20 m	3,300 kg
PK 8501 HP	7.8 tm	5.60-14.00 m	5,700 kg
PK 11001 HP	10.0 tm	6.20-14-20 m	5,700 kg
PK 12000	11.6 tm	6.20-14.60 m	6,680 kg
PK 15500	14.6 tm	6.20-14.50 m	6,200 kg
PK 18500	18.3 tm	8.20-14.60 m	6,100 kg
PK 23500	23 tm	8.20-16.60 m	6,100 kg
PK 32080	30.4 tm	8.10-14.30 m	8,500 kg
PK 44502	42.5 tm	7.70-18.00 m	14,500 kg
PK 48002	46.5 tm	9.60-16.30 m	18,300 kg
PK 60002	58.3 tm	11.50-20.40 m	21,000 kg
PK 74002	71.1 tm	11.50-20.40 m	23,000 kg
PK 85002	77.6 tm	7.30-20.10 m	25,000 kg
PK 90002	84 tm	9.30-22-00 m	25,000 kg
PK 100002	92.2 tm	9.30-22.00 m	30,000 kg
PK 150002	112.9 tm	8.60-18.80 m	40,000 kg

Fuente: (ameco.com.mx)

1.3.1 Condiciones de Seguridad

Según las notas técnicas de prevención 868 españolas, los riesgos que se presentan con mayor frecuencia en los trabajos realizados con un (GHA) son: el vuelco del vehículo, la caída de la carga, golpes contra personas u objetos, contactos eléctricos indirectos o los atrapamientos.

- **Vuelco del vehículo**

Posicionamiento de estabilizadores o nivelación de manera incorrecta.

Efectos producidos por el viento.

Fallo del terreno donde se realiza el montaje de los estabilizadores

Sobrepasar el momento de carga máximo admisible

- **Caída de la carga**

Fallo en el circuito hidráulico.

Contacto del extremo de la pluma contra un obstáculo.

Por rotura de cables o de otros elementos auxiliares.

Por enganche.

- **Golpes contra objetos o personas**

Manipulación de la carga en proximidad de personas, bienes, etc.

Por rotura de cables o de otros elementos auxiliares

- **Atrapamiento de extremidades**

Entre elementos auxiliares como: ganchos, poleas.

Por las partes móviles del equipo.

- **Contactos eléctricos indirectos**

Cuando la estructura tiene contacto con línea eléctricas.

- **Quemaduras con líquidos o conductos calientes.**

Entrar en contacto con el distribuidor, las válvulas, tuberías y latiguillos, racores, cilindros, etc. del circuito hidráulico calientes por el flujo del aceite al circular por los mismos.

Por rotura de algún elemento del circuito produciéndose la eyección de fluido a alta temperatura.

- **Caídas de altura**

Cuando el operador del equipo sube para efectuar reparaciones, acceder a puestos de mando auxiliares, etc.

- **Trauma sonoro**

Por las emisiones de ruido que produce el motor del vehículo y motor de accesorios.

- **Inhalación de gases de escape**

Monóxido de carbono

Óxidos de nitrógeno

- **Riesgos de diversa índole en el transporte**

Transitar con las extensiones no retraídos en su totalidad

Que los accesorios no sean asegurados correctamente.

Transportarse con la grúa desplegada

- **Riesgos de diversa índole en la zona de trabajo.**

Vuelco del vehículo por falta de estabilidad

Movimiento de las partes móviles del equipo al estabilizarlo.

1.4 Medidas de prevención y protección

1.4.1 Montaje de la grúa en un vehículo portante

Se realizará conforme a las instrucciones de la grúa seleccionada y las indicaciones del

fabricante del vehículo.

Verificar la estabilidad del vehículo en el área de trabajo, realizando el respectivo ensayo de carga, en el cual una rueda, o uno de los estabilizadores se levantará del suelo, pero como requisito indispensable, una de las ruedas bloqueadas por el freno de mano debe mantener contacto con el piso. Este ensayo se realizará con el vehículo descargado y sin conductor.

Según la norma UNE-EN 12999, la carga de ensayo debe ser como mínimo 1,25 por la carga nominal.

Si la capacidad nominal es menor en ciertas partes del giro de la grúa, la misma deberá estar provista de limitadores de giro

1.4.2 Sistemas de seguridad del equipo (GHA y chasis)

Dispositivos incorporados o accesorios utilizados para controlar riesgos sin condicionar las operaciones de la grúa son:

- Limitador de capacidad nominal

Grúa con capacidad nominal de 9.800 N (1000 kg) o un momento neto de elevación de 40.000 N-m (4.078,86 kgf) o mayor, debe tener un dispositivo que impida que la grúa trabaje con momentos mayores a la capacidad nominal, teniendo en cuenta los efectos dinámicos durante el funcionamiento, reduciendo así riesgos de sobrecargas de la estructura, vuelco del vehículo y movimientos peligrosos de carga.

Este sistema inhabilita las funciones de la grúa al llegar la misma a un punto de inestabilidad, permitiendo movimientos solo hacia la zona de estabilidad.

En grúas con capacidad nominal menor de 9.800 N (1000 kg) o un momento máximo de sobrecarga, si no se provee de limitadores de capacidad nominal. Para colocar limitadores de presión se debe consultar el manual del fabricante para cada equipo a instalar.

- **Limitadores de giro**

Se utilizan si la capacidad nominal es menor en el campo de giro.

Deben tener prioridad sobre los mandos cuando se trata de girar a un sector que supone la capacidad nominal, o se eleven cargas nominales superiores a las capacidades nominales dentro de ese sector.

- **Indicador de nivel**

Toda grúa provista con estabilizadores debe contar con indicadores de nivel en cada puesto de control de la grúa para verificar la inclinación del vehículo.

- **Botón de parada de emergencia**

Dispositivo de seguridad que al ser activado bloquea instantáneamente todos los movimientos de la grúa. Debe tenerlo cada puesto de trabajo.

- **Válvulas de sujeción de carga con pilotaje**

Provistas en todos los circuitos que soportan cargas, mismas que evitan movimientos incontrolados en caso de rotura de la conducción hidráulica.

- **Mallas protectoras para latiguillos**

Todas las mangueras con una distancia menor a 1 metro, con una presión de fluido mayor a 5 MPa y una temperatura mayor a 50°C deben estar protegidas, mediante elementos que puedan retener o desviar un probable chorro de fluido.

- **Indicador de transporte**

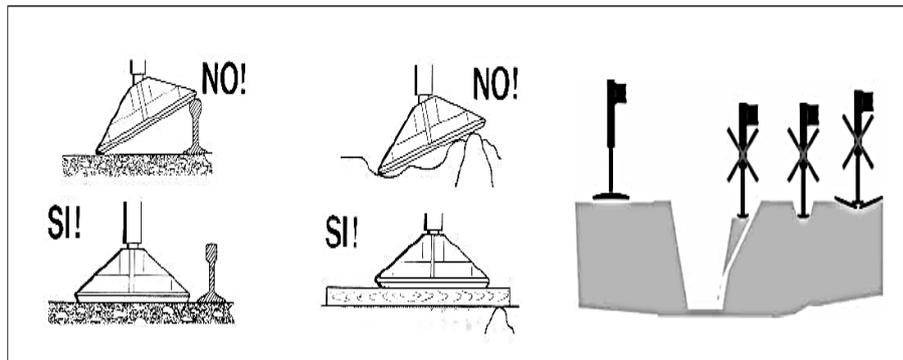
Si el sistema de brazos de una grúa montada en un vehículo se apoyara en la plataforma de carga o sobre la misma durante el transporte.

Se debe prever de un indicador que informe al controlador si la grúa sobrepasa un valor máximo determinado (por ejemplo: sensor de ángulo).

1.5 Normas de seguridad en la preparación del funcionamiento de la grúa

1.5.1 Emplazamiento del vehículo

Se evitarán irregularidades del terreno, o se allanara la superficie si es necesario, de esta manera se conseguirá que la grúa quede nivelada. Ver figura 1.11

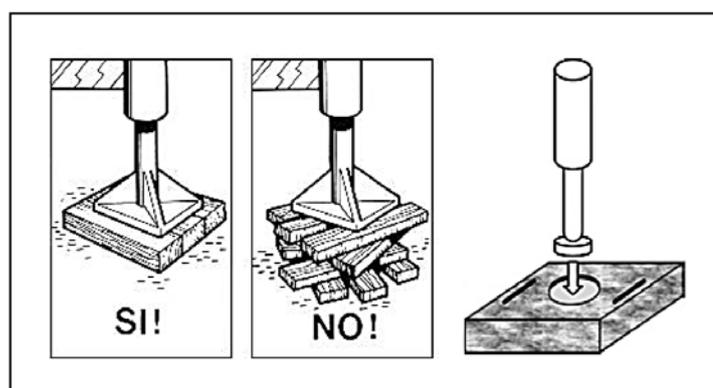
Figura 1.11: Emplazamiento evitando irregularidades

Fuente:(PALFINGER, 2016)

La nivelación debe verificarse antes de realizar cualquier operación, misma que será parada si se observa el hundimiento de algún apoyo.

La comprobación de los niveles se hará en cada puesto de control, si la burbuja del nivel está en el centro, entonces se puede operar.

Si la transmisión de la carga se realiza por medio de estabilizadores y el terreno es arcilloso o no da garantías, se debe ampliar el reparto de carga sobre el mismo, aumentando la superficie de apoyo con bases especiales adaptables a las patas de anclaje. Ver figura 1.12.

Figura 1.12: Incremento de la superficie de apoyo

Fuente:(PALFINGER, 2016)

$$\text{superficie de estabilizacion } A \text{ (cm}^2\text{)} = \frac{\text{fuerza de apoyo } F \text{ (N)}}{\text{capacidad por tanto del suelo } \left(\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}\right)}$$

Fuerza de apoyo = dato dado por la grúa (datos técnicos)

La presión permitida sobre el suelo (resistencia del suelo) se puede ver en la tabla 1.2, definido según DIN 1054

Tabla 1.2: Presión sobre el suelo permitida (resistencia del suelo)

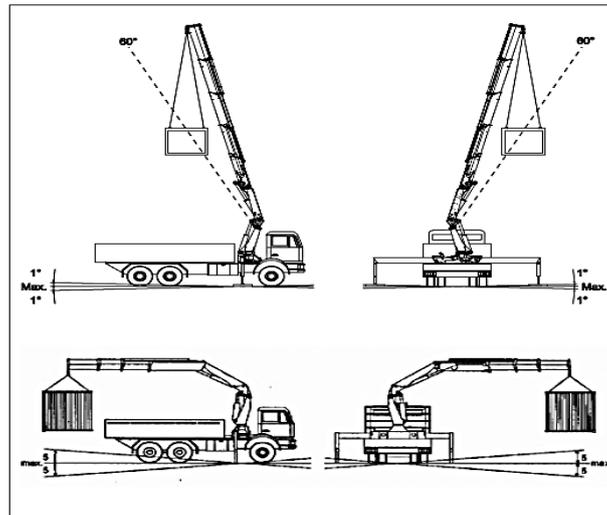
Presión admisible sobre el terreno (capacidad de carga del suelo) según DIN 1054	
Suelo terraplenado sin compactar artificialmente	0-10 N/cm ²
Asfalto	20 N/cm ²
Suelo natural (en principio no modificado)	
1. Lodo, turba, tierra cenagosa	0 N/cm ²
2. Suelos no Cohesivos, Suficientemente consolidados:	
Arena fina y media	15 N/cm ²
Arena gruesa a grava	20 N/cm ²
Grava compactada	25 N/cm ²
3. Suelos Cohesivos:	
Pastosos	0 N/cm ²
Blandos	4 N/cm ²
Consistentes	10 N/cm ²
Semisólidos	20 N/cm ²
Duros (Sólidos)	30 N/cm ²
4. Roca:	
Roca Viva	100 N/cm ²

Fuente: (DIN 1054)

1.5.2 Nivelación

Los trabajos en la grúa no se permitirán hasta que el vehículo este apoyado sobre los estabilizadores y nivelado correctamente.

Comprobar en el manual del fabricante, la inclinación máxima permitida dependiendo de la configuración y ángulos de trabajo. Ver figura 1.13

Figura 1.13: Nivelación del camión

Fuente: (PALFINGER, 2016)

Puestos de mando

- Mandos desde el suelo
- Mandos desde plataforma fija, plataforma giratoria, asiento o cabina elevados
- Mandos a distancia por control remoto
- Cabina

Estos deben cumplir las siguientes especificaciones:

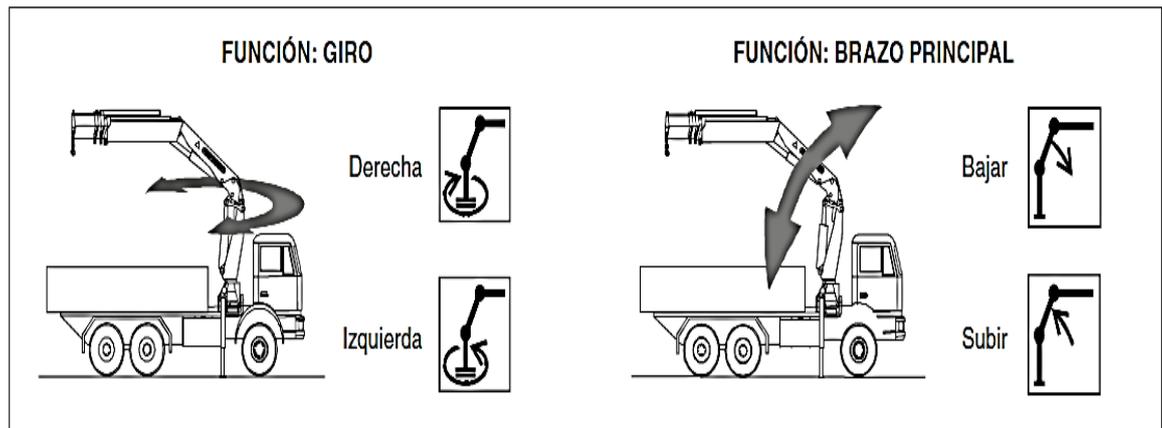
- Si hay más de un puesto de trabajo, se debe impedir el trabajo de manera simultánea de los mismos, excepto si están unidos mecánicamente uno a otro.
- El puesto de mando para la función de extensión del estabilizador debe situarse de manera que el operador tenga visibilidad del movimiento realizado al controlar.
- El puesto de mando debe preverse para que el controlador no pueda ser aplastado, ni sus ropas aplastadas en sus partes móviles de la grúa. Si no es posible instalar resguardos se deben aplicar distancias de seguridad definidas por las normas (“distancias de seguridad” del punto 2 NTP-869)
- Según la UNE-EN 12999:2009, si no es posible cumplir con lo indicado, se deben colocar indicadores de advertencia que definan el riesgo
- En las plataformas de mandos en alto

- Según la legislación española (RD 486/97 y RD 1215/97), a partir de 2cm de altura de trabajo se tomarán precauciones para impedir la caída del operador.
- Durante el funcionamiento el operador debe estar protegido contra atrapamiento en partes móviles de la grúa. Si es necesario preverse de resguardos y/o limitadores de ángulo de giro.
- Asientos elevados
 - Los mandos o la configuración de la grúa no deben impedir el acceso al asiento.
 - El asiento debe tener medios para impedir el riesgo de caída cuando se esté trabajando, no deben impedir el acceso al asiento. Las protecciones laterales, si las hay, deben tener una altura mínima de 100 mm tomadas desde la base según la norma UNE-EN ISO 5353:1999
 - Debe instalarse una plataforma para los pies del operador con una dimensión mínima de 160x300 mm para cada pie.
 - No se permitirá operar la grúa sino desde el asiento en alto.
- Acceso y salida de los puestos de mando elevados
 - Soportes simultáneos de 3 puntos (2 manos, 1 pie o viceversa)
 - Salida segura en todas las condiciones de servicio
 - Pasamanos y agarraderas sin aristas vivas y preferentemente de sección circular.
 - Peldaños de las escalas con anchura mínima de 300mm. Aceptable peldaños de 150mm; si el espacio no lo permite más grandes con un ángulo de inclinación de 75 a 90° sobre la horizontal
 - Datos dimensionales UNE-EN 12999:2009 y la UNE-EN 13586:2005

1.5.3 Mandos

La disposición de los mandos y funciones de la grúa y estabilizadores depende del fabricante, por lo cual e debe consultar su respectivo manual.

Existen mandos bidireccionales y multidireccionales. Todos los mandos al ser liberados deben volver a la posición neutra. Cada embolo tiene que estar marcado y visible permanentemente en cada función de trabajo. Las palancas de mando no se deben accionar contra movimientos involuntarios. Ver figura 1.14

Figura 1.14: Ejemplo de pictogramas para las funciones de trabajo

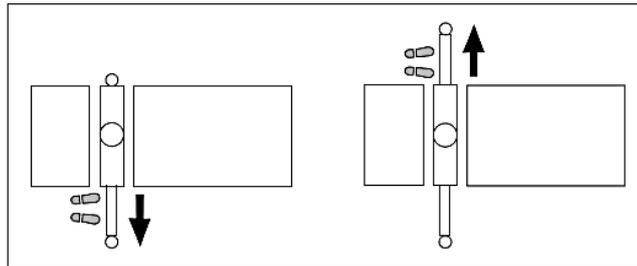
Fuente: (PALFINGER, 2016)

Los mandos bidireccionales deben poseer la secuencia de las funciones de trabajo desde la base de la grúa al dispositivo de manejo de la carga. Las palancas de puesta en posición deben estar separadas por un espacio o claramente diferenciadas por símbolos de otras palancas de mando.

1.5.4 Sistemas de apoyo.

Si el cálculo de estabilidad y de seguridad de la grúa lo permite se puede trabajar con apoyo sobre los neumáticos, transmitiendo los esfuerzos a través de los mismos, para lo cual se recomienda mayor presión de inflado que la de circulación (se debe cambiar la presión para operación y circulación.)

Si el cálculo de estabilidad no permite trabajar sobre las ruedas, se utilizarán sistemas de apoyo de vigas y gatos. Al extender las vigas y los gatos del estabilizador, el puesto de mando debe abarcar con la vista la zona de movimiento completa (figura 1.15), de manera que se vean cada uno de los componentes en movimiento cuando la grúa trabaja. En la zona de movimiento de las vigas del estabilizador/gatos estabilizadores no debe haber personas ni objetos, respetando las distancias mínimas de seguridad.

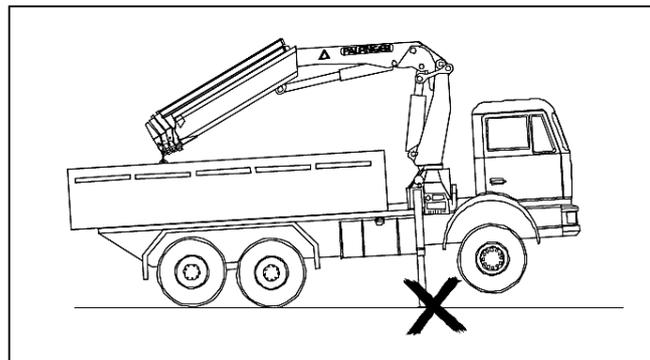
Figura 1.15: Procedimiento de apoyo del vehículo

Fuente: (PALFINGER, 2016)

No apoyar el vehículo sobre huecos o cavidades.

El vehículo no debe ser elevado por los gatos, pues de lo contrario los mismos se sobrecargan reduciendo la eficacia del efecto de frenado.

Los cilindros de apoyo solo compensan el momento de vuelco, por lo que no se debe levantar el vehículo con los mismos. Ver figura 1.16

Figura 1.16: Procedimiento incorrecto de apoyo del vehículo

Fuente: (PALFINGER, 2016)

Si la transmisión de cargas es a través de los neumáticos, se debe bloquear la suspensión para que el chasis mantenga la horizontal y evitar movimientos imprevistos, además de bloquear las ruedas con el freno de mano.

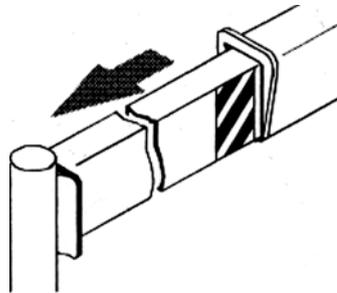
Si el vehículo tiene gatos adicionales y los mismos no han sido retirados, el mismo se puede volcar.

1.5.5 Viga del estabilizador

Para grúas con capacidad de carga de 1000 kg o más, o un par de elevación neto máximo de 40000 N-m o más, la estabilidad del vehículo debe estar en el sistema de sobrecarga de la grúa.

Tal como se muestra en la figura 1.17. Estas extensiones se deben marcar de manera que muestren su correcto despliegue. Los cálculos de estabilidad se deben realizar con los gatos extendidos.

Figura 1.17: Gatos extendidos hasta el tope



Fuente: (PALFINGER, 2016)

Según la norma UNE-EN 12999:2009, en grúas montadas sobre camión y necesitan la utilización de estabilizadores, la utilización de los mismos debe estar supervisada por el limitador de carga nominal y la capacidad de la grúa supeditada a la posición de los estabilizadores.

Existen las extensiones manuales e hidráulicas. Las manuales deben tener agarraderas, bloqueo para posición de trabajo, transporte y topes de extensión. Las hidráulicas deben tener los mismos bloqueos de transporte y trabajo, si los mismos no pueden resistir las fuerzas durante el manejo de cargas. No empujar o arrastrar objetos con los estabilizadores hidráulicos.

1.5.6 Gato del estabilizador

Debe tener “medios” para su apoyo en el suelo, y diseñado para ajustarse a desniveles del suelo de hasta 10°.

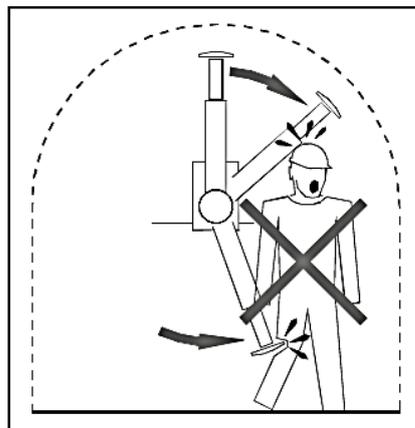
Existen dos tipos de estabilizadores dependiendo de su forma de transporte: fijos o

giratorios con basculamiento manual o hidráulico.

Si se tiene dispositivos de basculamiento, deben preverse dispositivos de boqueo para soportar las fuerzas normales de funcionamiento, para asegurar el gato en la posición de trabajo y transporte.

En el radio de giro del gato estabilizador portante no deben encontrarse ni el operador ni otras personas. Ver figura 1.18

Figura 1.18: Despliegue de los brazos giratorios



Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ecuador, 2010)

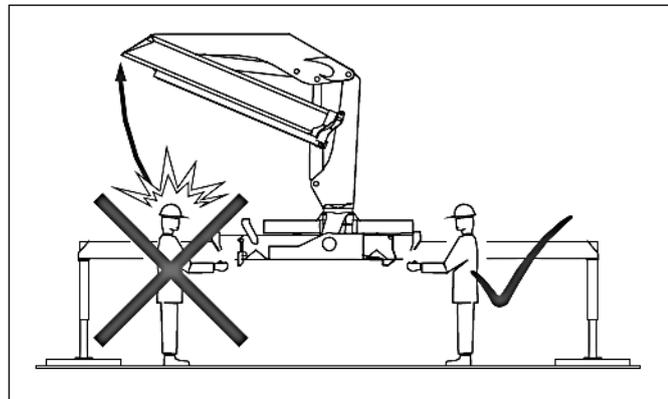
- Posición de trabajo. Despliegue de la grúa.

Se deberá seguir un procedimiento para poner en marcha la grúa:

- Que las extensiones estén aseguradas mediante pernos y pasadores.
- El vehículo este apoyado correctamente sobre los estabilizadores
- En la zona de movimiento de la grúa no se encuentren personas ni objetos
- Todos los movimientos de la grúa deben encontrarse en el campo visual del operador.
- Condiciones meteorológicas: no hacer funcionar la grúa con velocidad del viento de 50 Km/h o superiores. Si la misma está funcionando debe ser parada.
- Accionamiento de los mandos: deben situarse en los mandos más adecuados para cada caso particular.
 - Desde el suelo: poner el brazo principal en la posición de trabajo desde el puesto de trabajo, mismo que debe estar situado en el lado opuesto de apoyo

del brazo principal. Si se despliega la grúa de la manera opuesta puede haber grave riesgo de accidente por el brazo de carga. Ver figura 1.19

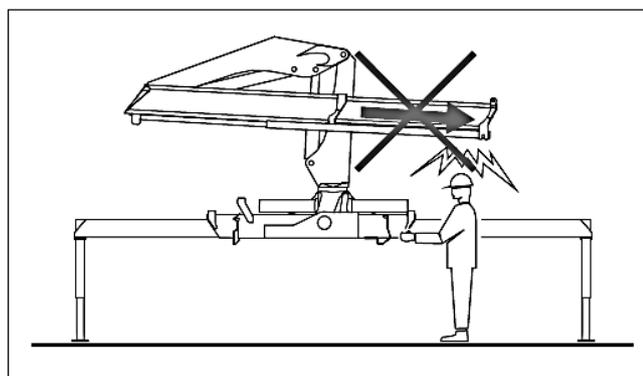
Figura 1.19: Mando desde el suelo



Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ecuador, 2010)

- No extender el sistema de prolongaciones si la grúa no está desplegada. Si se extienden los brazos de extensión antes de que el brazo principal este izado, existe peligro de accidente. Ver figura 1:20

Figura 1.20: Sistema de prolongas

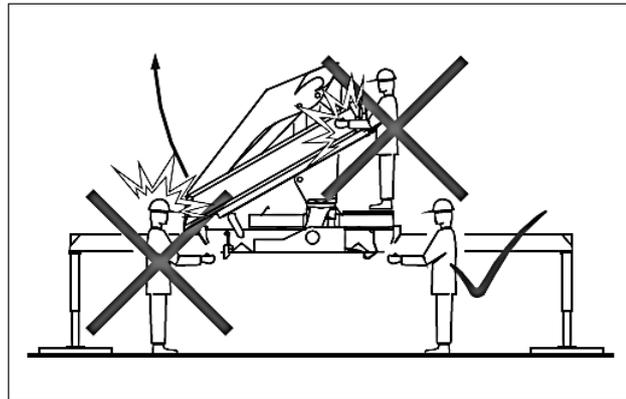


Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ecuador, 2010)

- Sistema de radiocontrol a distancia: elegir un lugar fuera de la zona de peligro.
- Mando desde el asiento elevado: colocar el brazo de carga en la posición de trabajo desde el asiento elevado.

- Mando desde el puesto elevado: poner el brazo de carga en posición de trabajo desde el puesto de mando situado en el suelo en el lado opuesto al brazo de apoyo. Ver figura 1.21

Figura 1.21: Puesto de mando elevado



Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ecuador, 2010)

Son equipos que eliminan o controlan los riesgos. Son los siguientes:

- Limitador del momento de carga. - $M=Q \times L$; Q= carga, L= alcance/radio
- Señal de alarma al 75% del máximo admisible.
- Bloqueo al 85%.
- Válvulas de seguridad.
- Enclavamientos que bloquean circuitos hidráulicos (fugas).
- Limitador de fin de carrera de gancho.
- Indicador de ángulo de pluma.
- Indicador de longitud de pluma.
- Pestillo de seguridad en el gancho.
- Detector de tensión.

Las máquinas con carga máxima de utilización de 9.800 N-m (1000kg) como máximo o cuyo momento de vuelco sea como mínimo igual a 40000 N-m (1kg=9,8 Newton). Deben estar equipadas de dispositivos que adviertan al conductor y que impidan los movimientos peligrosos de la carga en casos:

- Sobre carga de las máquinas.
 - Por exceso de la carga máxima de utilización.

- Por sobre pasar los momentos provocados por dicha carga.
- Que las máquinas tiendan a rebasar los momentos de estabilidad, especialmente debido a la carga levantada. (Azcuenaga Linaza, 2010)

Por otro lado, las políticas ecuatorianas que rigen dentro del país nos manifiestan mediante la norma CPE INEN 010 Código de práctica. Seguridad en el uso de grúas; en lo siguiente:

- Localización de las grúas. Se debe prestar atención a dos factores:

Las condiciones de soporte de la grúa: el piso, fundamentos, estructura temporal del soporte, conexiones y anclaje de la grúa deben tener la resistencia suficiente para soportar las cargas máximas en servicio, sin que se presenten asentamientos o deflexiones que puedan poner en peligro la estabilidad o el funcionamiento de la grúa. El sitio en el que se instale la grúa, el diseño de los fundamentos y la aplicación de las cargas máximas, estructuras de soporte y otros detalles deberán ser aprobados por un ingeniero competente. Se debe poner especial cuidado en asegurar que no se subestime las cargas a elevarse y también se debe hacer una estimación de la presión del asiento, tomando en cuenta el grado de exposición del lugar y demás factores que puedan ser relevantes. Deben obtenerse siempre los datos del fabricante, respecto al peso muerto de la grúa y a las cargas dinámicas que tienen lugar durante el funcionamiento de la grúa.

Bajo condiciones de servicio las grúas están expuestas a:

El peso muerto de la grúa, incluyendo el peso de balastos y contrapesos

El peso muerto de la carga y de cualquier equipo auxiliar de carga

Fuerzas dinámicas causadas por el movimiento de la grúa cuando está funcionando.

Fuerzas de viento, resultantes de funcionamiento en condiciones inferiores a la máxima carga, actuantes en cualquier dirección en la grúa y la carga. (Instituto Ecuatoriano de Normalización)

1.6 Plataformas

La plataforma elevadora móvil de personal (PEMP) es una máquina móvil destinada a

desplazar personas hasta una posición de trabajo, está constituida con partes de servicio como mínimo por una plataforma de trabajo con órganos de servicio, una estructura extensible y un chasis.

Las plataformas elevadoras se pueden clasificar por dos conceptos:

- Según su sistema de elevación.
- Según su sistema de traslación.

Podemos combinar los distintos sistemas de elevación y traslación para satisfacer todas las necesidades.

También es frecuente en los tipos articulados y telescópicos combinar ambos sistemas para obtener una mayor versatilidad, como veremos más adelante.

1.6.1 Por su sistema de elevación

- **Plataformas Articuladas**

Una articulación la componen dos brazos. Adicionalmente existe un gran número de máquinas que tienen un pequeño brazo articulado cercano a la cesta de trabajo con el nombre de "Jib", y que permite salvar los últimos obstáculos en el área de trabajo. Principalmente lo llevan las plataformas telescópicas lo que las hace más versátiles.

- **Plataformas Telescópicas.**

El sistema de elevación de estas plataformas consiste en una serie de brazos que, accionados hidráulicamente por un émbolo, entran o salen unos dentro de otros. Estas plataformas suelen llevar un jib que las hacen más versátiles en el área de trabajo.

- **Plataformas tipo tijeras**

El sistema de elevación en estas plataformas consiste en un conjunto mecánico accionado por unos cilindros hidráulicos que permiten elevar una plataforma de una superficie de más-menos 6 mts cuadrados y con una carga superior a las plataformas anteriormente mencionadas. Las dimensiones de altura y anchura de estas plataformas dependerán del tipo de trabajo que tengan que hacer. Por lo general, para plataformas de mantenimiento en interiores, se demandan máquinas estrechas de hasta 0,80 mts de anchura y 15 mts de altura. Las alturas de estas máquinas pueden llegar desde 4,5 mts hasta los 30 mts. Estas plataformas suben verticalmente y algunos modelos incorporan

un suplemento de plataforma que se desliza frontalmente para poder salvar pequeños obstáculos de no más de 1,50 mts. Aproximadamente y, más raramente, algunos fabricantes han incorporado un desplazamiento lateral de 0,80 mts.

1.6.2 Por su sistema de traslación

- **Plataformas sobre camión**

Como muy bien dice el nombre, estas plataformas se montan sobre un camión. Dependiendo de la plataforma que vayamos a montar, deberemos escoger un camión que se adecúe a las características de la plataforma. Se tendrá en cuenta que un camión que lleva montada una plataforma aérea, no permite una carga excesiva en la caja, ya que la carga máxima permitida la ocupa la plataforma. Ocurre igual con el espacio. Este tipo de plataforma se emplea en trabajos donde el usuario tiene la necesidad de estar desplazándose habitualmente por la vía pública. Su condición de ser un vehículo matriculable le permite trabajar en la vía pública.

- **Plataformas autopropulsadas**

Se denomina autopropulsada, la plataforma que permite realizar los desplazamientos de traslación con los brazos elevados y el usuario manipulándola desde la cesta. Existen otras plataformas en el mercado que no permiten la traslación en posición elevada, estas máquinas se denominan plataformas motrices. Tienen un peso menor y, por lo tanto, en máquinas de poco peso, dependiendo de la altura, necesitan estabilizadores para aumentar la base de la máquina. Dependiendo de las características de cada máquina, permiten trabajar en un desnivel que siempre estará limitado por un inclinómetro. Legalmente esta máquina sólo permite trabajar en recintos cerrados de obra ya que por sus características no se pueden matricular para circular por vía pública. Estas plataformas pueden ir montadas sobre ruedas o sobre cadenas. Dependerá del terreno, influyendo también que la plataforma con ruedas pueda ser 4x4 (tracción a las cuatro ruedas) o con eje oscilante (sistema que permite dejar en contacto con el firme a las ruedas motrices, aumentando con esto la tracción)

- **Plataformas remolcables**

Se denomina remolcada porque pueden ser llevadas por un vehículo tractor sin necesidad tener la obligación de transportarlas sobre otro vehículo. En cuanto a características de trabajo, son máquinas más lentas de operar por la necesidad de poner

estabilizadores cada vez que posicionamos la máquina para elevar. Por el contrario, lo bueno es que ahorran dinero de transportes más costosos. Hay plataformas remolcadas que se convierten en motrices añadiendo un accesorio, que permite el fácil traslado de la máquina en la obra por sólo un operario. Este semirremolque debe cumplir las condiciones y características que marca la ley. Por regla general, todo semirremolque que exceda de los 750 kilos, deberá ser matriculado para circular en la vía pública. Estas plataformas se emplean principalmente para trabajar en la vía pública. Tal como se muestra en la figura 1.22

Figura 1.22 Plataformas remolcables



Fuente: (MATILSA, 2016)

Conclusión

Una vez determinado el concepto de grúa, y dados a conocer cada uno de sus tipos, así como sus partes, forma de identificarlas y uso que se les da, se observa el punto clave para calcular el momento de elevación con las curvas de cargas que nos da el catálogo de las grúas solicitadas, y el vehículo adecuado para su instalación. Las condiciones de seguridad requeridas para el manejo de esta maquinaria son altas, ya que es propensa a los accidentes por uso inadecuado de la misma, por lo que se toman medidas de prevención y protección según la norma UNE-EN 12999, para lo cual se colocan sistemas limitadores de funcionamiento en caso de riesgo. También se dan las pautas para el emplazamiento de la grúa cuando la misma va a entrar en fase de funcionamiento, es decir, la colocación de los estabilizadores para el trabajo.

CAPÍTULO II

PROCESO DE SELECCIÓN DEL TIPO DE VEHÍCULO Y GRÚA

Este capítulo nos permite analizar los requerimientos de la empresa EERCS, las alternativas para la selección de la grúa, así como las especificaciones técnicas. Nos presenta que parámetros se deben considerar para seleccionar el vehículo en el que se instalará la grúa y las alternativas disponibles para finalmente se llega a determinar el vehículo y la grúa seleccionados.

2.1 Criterios para la selección de grúas.

Requerimientos solicitados por la empresa EERCS.

- Grúa hidráulica
- Que tenga un alcance máximo horizontal máximo de 5 a 8 m.
- Capacidad de carga de la grúa, para dos personas.
- Que la grúa no sea muy pesada para facilidad de transporte en sitios poco accesibles.

De acuerdo a los requerimientos mencionados anteriormente se realizó una investigación de tipos de grúas y se encontró que en el mercado nacional existe una amplia gama de grúas articuladas; lo importante es evaluar las diferencias características que sobresalen a comparación del resto de equipos.

Al elegir una grúa articulada es necesario analizar aquellas características y beneficios que se traducen en ahorros económicos importantes para el usuario.

Adicionalmente, el peso de la grúa seleccionada debe ser menor a grúas de equivalentes capacidades existentes en el mercado.

Es así, que se han tomado en cuenta una serie de parámetros técnicos fundamentales en la selección de una grúa considerando las condiciones de trabajo a las que va a ser sometida. Estos son los parámetros de selección de una grúa hidráulica para vehículos:

- Altura máxima de trabajo

- Alcance horizontal
- Rotación de la torreta
- Capacidad de la cesta
- Dimensiones de la cesta

A continuación, se proponen las alternativas más viables para la selección de la grúa más idónea.

2.1.1 Alternativas para selección de grúas

Las grúas articuladas están compuestas por un complejo y extenso sistema de elementos hidráulicos, en la selección los diseños deben poseer menor nivel de exposición y de esta manera disminuir significativamente los gastos por mantenimiento y servicio por concepto de deformaciones, impactos y daños de elementos.

Se han estudiado tres tipos de grúas y sus características para poder determinar cuál de las mismas es la adecuada para el trabajo que necesitamos realizar. Ver tabla 2.1

Tabla 2.3: Alternativas de grúas

TABLA COMPARTIVA					
MODELO	SERIE	ALTURA DE TRABAJO (m)	ALCANCE HORIZONTAL	Capacidad de carga (kg)	Peso (kg)
PALFINGER	BL13C	13m	5,2 m	175	1043
TEHIBA	TLA-13	13m	8 m	136	1150
SOCAGE	A314	13,50m	6,5 m	225	600

2.1.1.1 Palfinger BL13C

Acerca de la grúa Palfinger BL13C, la empresa Hidro-Grubert (2016), en su sitio web menciona que se encuentra controlada hidráulicamente por un control desde la base y un interruptor de encendido-apagado desde la cesta.

El vehículo mínimo recomendado para este tipo de grúa debe poseer las siguientes características (Hidro-Grubert, 2016):

- Peso de la grúa: 1043 kg
- Capacidad de carga: 175 kg
- Altura de trabajo máxima: 13 m
- Alcance horizontal máximo: 5,20 m
- Altura máxima de transporte: 2,74 m

Figura 2.23: Palfinger BL13C



Fuente:(Hidro-Grubert, 2016)

2.1.1.2 Tehiba TAT-13

Es una grúa articulada telescópica que alcanza una altura de trabajo de 13 metros, pesa 1150 kg y soporta 136 kg de peso en su canastilla (Tehiba, 2016).

La altura de transporte de esta grúa es de 3,1 m y brinda un alcance horizontal de 8 m, de esta manera es posible afirmar que es liviana y se la puede transportar sin complicaciones brindando mucha funcionalidad para los distintos trabajos.

En la figura 2.2 se puede visualizar la grúa Tehiba TAT-13 sobre una camioneta pickup de cabina simple.

Figura 2.24: Tehiba TAT-13



Fuente:(Tehiba, 2016)

2.1.1.3 Socage A314

Es una plataforma articulada, diseñada para los trabajos donde el acceso es bastante complicado, en los que las plataformas convencionales sobre vehículos no se pueden estabilizar. Capaz de alcanzar una altura de 13,5 m, un alcance horizontal de 6,5m, soportando una carga de 225 kg, y tiene un peso de 600 kg.

La Socage A314 es adecuada para adaptarla a la camioneta Chevrolet LUV Dmax de cabina simple como se observa en la figura 2.3.

Figura 2.25: Socage A314



Fuente:(Socage, 2016)

2.1.2 Matriz para la selección de alternativas

Con la finalidad de seleccionar la grúa de acuerdo a criterios de prioridad establecidos tales como especificaciones técnicas, ventajas y potencial para trabajar en la región, adaptación a un determinado vehículo, se realiza una tabla con los detalles mencionados para seleccionar la grúa más conveniente para la Empresa Eléctrica y posteriormente seleccionar el vehículo en el cual se le va a adaptar y realizar los respectivos análisis. En la tabla 2.2 está contenido los parámetros principales para la selección de la grúa.

Tabla 2.4: Comparación entre grúas

ESPECIFICACIONES	GRÚAS		
	Palfinger BL13C	Tehiba TAT-13	Socage A314
Altura máxima de trabajo (m)	13	13	13,5
Alcance horizontal (m)	5,7	8	6,5
Rotación de la torreta (°)	Continua	Continua mediante balero	90°+90°
Capacidad de carga (kg)	175	136	225
Dimensiones de la cesta (m)	0,61 x 0,61 x 1,06	0,6 x 0,6 x 1,5	0,7 x 1,1 x 1,4
Peso de la grúa (kg)	1043	1150	600
Tipo de terreno de trabajo	Plana	Plana	Terrenos irregulares

Conocidas las principales características de las grúas, se conforma la siguiente matriz, se observan las características de cada una de las 3 alternativas consideradas para la selección con los puntajes respectivos del 1 al 10, donde el valor de 10 tendrá la mejor opción, y las otras alternativas irán disminuyendo su valor según las desventajas que presente. Ver tabla 2.3

Tabla 2.5: Matriz de selección de la grúa

ESPECIFICACIONES	GRÚAS		
	Palfinger BL13C	Tehiba TAT-13	Socage A314
Altura máxima de trabajo (m)	9,5	9,5	10
Alcance horizontal (m)	6	10	7
Rotación de la torreta (°)	10	10	10
Capacidad de la cesta (kg)	8	6	10
Dimensiones de la cesta (m)	9	9	10
Peso de la grúa	6	5,5	10
Tipo de terreno de trabajo	8	8	10
TOTAL	56,5	58	67
Puntuación del 1 al 10 (1 menor y 10 mayor puntuación)			

Entre los modelos de grúas estudiadas por su versatilidad y características técnicas además de la disposición en el mercado se eligió para trabajar la grúa SOCAGE modelo A314.

2.1.3 Especificaciones técnicas de la grúa seleccionada

La grúa seleccionada posee grandes ventajas por su brazo articulado y telescópico, ya que le proporciona mucha versatilidad para movimientos que requieran superar obstáculos en altura.

En la tabla 2.4 se presentan las especificaciones técnicas de la grúa Socage A314.

Tabla 2.6: Especificaciones técnicas de la grúa Socage A314

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		A314
ALTURA MÁXIMA DE TRABAJO* <i>Altura Máxima de trabalho*</i>	m	13,50
ALTURA BASE DE LA CESTA* <i>Altura base da cesta*</i>	m	11,50
ALCANCE LATERAL MÁXIMO* <i>Alcance Lateral máximo*</i>	m	6,50
ROTACIÓN TORRETA <i>Rotação da base</i>		100° + 100°
CAPACIDAD CESTA * <i>Capacidade cesta</i>	kg	225
MEDIDAS CESTA <i>Medidas cesta</i>	mm	1400 x 700 x 1100 h
TIPO DE CESTA <i>Tipo de cesta</i>		ALUMINIO <i>Alumínio</i>
MANDOS <i>Comandos</i>		HIDRÁULICOS <i>Hidráulicos</i>
ESTABILIZADORES <i>Estabilizadores</i>		TIPO A <i>Tipo A</i>

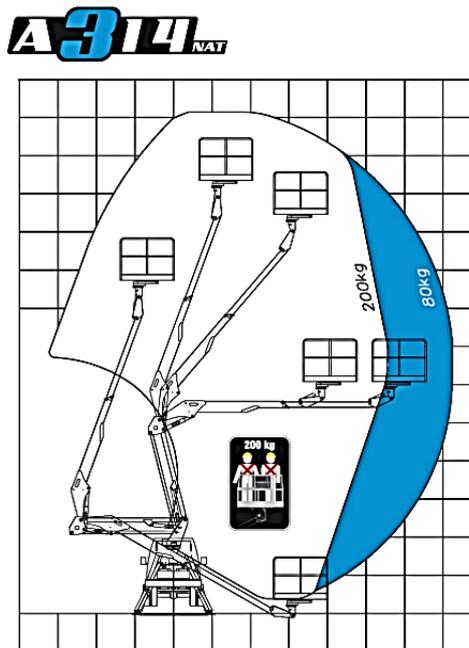
Fuente:(Socage, 2016)

La grúa Socage A314 cuenta con un equipamiento base que consiste en los siguientes elementos (Socage, 2016):

- Articulaciones con bulones auto lubricantes
- Mando de señalador acústico en la cesta
- Mando de paro y arranque del motor en la cesta
- Cuenta horas eléctrico en la cabina
- Dispositivo multiaxial para el control visual de la estabilización del chasis
- Instalación hidráulica con filtrado diferenciado de los filtros de alta eficiencia en las líneas de envío y retorno
- Tubo y cales en el interior del brazo
- Bomba de emergencia manual
- Toma eléctrica 230 V en la cesta
- Válvulas de bloqueo embridadas

Los desplazamientos que puede realizar la grúa Socage A314 montada en el vehículo son amplios permitiendo una elevada maniobrabilidad, seguridad y comodidad para la o las 2 personas que se encuentren en la canastilla cómo es posible visualizar en la figura 2.4

Figura 2.26: Movimientos permitidos de la grúa



Fuente:(Socage, 2016)

2.2 Parámetros para la selección del vehículo para la grúa

Requerimientos requeridos del vehículo

- Que pueda trasladarse fácilmente en caminos poco accesibles.
- Que soporte un peso superior a los 1000 kg.
- Facilidad en el montaje de la grúa.
- Tenga un chasis resistente.
- Tenga un bajo consumo de combustible.

Se analiza el vehículo que se ajuste a las necesidades del trabajo que se menciona anteriormente. Esto incluye determinar su capacidad, número de ejes, la posición de la grúa, distribución de pesos, análisis de estabilidad, por lo tanto, se consigue una mayor capacidad útil para el traslado de los elementos necesarios. Además, mientras mejor es la relación de capacidad de carga y peso de la grúa menores son los esfuerzos sobre el chasis prolongando su vida útil y disminuyendo considerablemente los costos por recambios de llantas, pastillas de frenos, entre otros repuestos. De igual manera, el consumo de combustible a largo plazo es notablemente inferior. Otro punto importante a considerar es la resistencia del acero y los procesos productivos, que se traducen en mayor durabilidad y aumento en el precio de reventa de la grúa.

2.2.1 Alternativas para la selección del vehículo

Para seleccionar el vehículo más adecuado para adaptar la grúa, se considera como parámetro fundamental la capacidad de carga, el tipo de tracción, las dimensiones y el costo del vehículo.

Dentro de las alternativas se han considerado 3 opciones de camionetas que cuentan con características y especificaciones técnicas adecuadas que sean compatibles con la grúa seleccionada. Las alternativas se describen a continuación.

Mazda BT-50

La Mazda BT-50 2.6L es una camioneta de cabina simple que, por una parte, brinda confort para los pasajeros. La tracción es 4x4, proporcionándole fuerza para trasladarse por distintos tipos de caminos. La carga admisible de la camioneta es 1100 kilogramos. La Mazda BT-50 de cabina simple en la figura 2.5. Así como, también las especificaciones para este vehículo están en la tabla 2.5

Figura 2.27: Mazda BT-50 Cabina simple



Fuente: (Mazda, 2016)

Tabla 2.7: Especificaciones de Mazda BT-50

ESPECIFICACIONES MODELOS 4WD A GASOLINA	BT-50 2.6L CABINA SIMPLE
MOTOR	
TIPO	4 cilindros SOHC12V
CILINDRADA (cc)	2606cc
POTENCIA HP / RPM (SAE)	135,3 / 4.600
TORQUE Nm / RPM (SAE)	226,6 / 3.500
RELACIÓN DE COMPRESIÓN	8,4:1
ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	Inyección multipunto de gasolina de control electrónico
TRANSMISIÓN Y CAJA	
TIPO	Manual de 5 velocidades + retro
RELACIONES DE TRANSMISIÓN:	
1.ª	4,415
2.ª	2,636
3.ª	1,597
4.ª	1,000
5.ª	0,875
Rev.	3,776
DESMULTIPLICACIÓN FINAL	4,444
TIPO DE DIFERENCIAL POSTERIOR	Con limitador de deslizamiento LSD
SUSPENSIÓN	
SUSPENSIÓN DELANTERA	Independiente doble brazo con barra de torsión, amortiguadores a gas y barra estabilizadora
SUSPENSIÓN POSTERIOR	Eje rígido con balasta (L=1,32 m.) de 5 hojas y amortiguadores a gas
DIRECCIÓN	
TIPO DE DIRECCIÓN	Caja de tornillo sin fin y bolas recirculantes, asistencia hidráulica HPS sensible a la velocidad de motor
VOLANTE DE ALTURA AJUSTABLE	Equipado
RADIO DE GIRO (m)	6,3
FRENOS	
TIPO	Hidráulicos con circuitos independientes gobernados por unidad electrónica
FRENOS DELANTEROS	Discos ventilados, con sistema de cilindros de 2 pistones
FRENOS POSTERIORES	Tambores con sistema de bandas autoajustables
SISTEMA DE COMPENSACIÓN SENSIBLE A LA CARGA EN EL BALDE	Equipado con válvula LSPV de control de fuerza de frenado
DIMENSIONES PRINCIPALES	
LARGO TOTAL (mm)	5.169
ANCHO TOTAL (mm)	1.807
ALTURA TOTAL (mm)	1.743
DISTANCIA ENTRE EJES (mm)	3.000
TROCHA DELANTERA (mm)	1.445
TROCHA POSTERIOR (mm)	1.440
PESO TOTAL SIN CARGA (kg)	1.624
CAPACIDAD DE CARGA VEHICULO (kg)	1.300
CAPACIDAD TANQUE DE COMBUSTIBLE (gal)	18

Fuente: (Mazda, 2016)

Chevrolet LUV Dmax

Es una camioneta pickup de tracción 4x4 de cabina simple, con un espacio amplio para alojar a la grúa, con un motor diésel potente. Soporta una carga de 1125 kg. La Chevrolet LUV Dmax, se puede observar en la figura 2.6. Además, las especificaciones de muestran en la tabla 2.6.

Figura 2.28: Chevrolet LUV Dmax



Fuente: (Chevrolet, 2016)

Tabla 2.8: Especificaciones técnicas de la Chevrolet LUV Dmax.

MOTOR	3.0L DIESEL CRDI CS TM 4X4 AC
Alimentación	CRDI
Código	4JJ1-TC STD
Desplazamiento (c.c.)	2999
No Cilindros	4 en línea
No Válvulas	16
Potencia Neta (HP@rpm)	134 @ 3600
Relación Compresión	18.3:1
Torque Neto (Nm @rpm)	294 @ 1400-3000
TRANSMISIÓN	3.0L DIESEL CRDI CS TM 4X4 AC
Embrague	Al piso
Relación Engranajes Alta	1
Relación Engranajes Baja	2.482
Relación final de eje	4.3
Relaciones 1°	4.008
Relaciones 2°	2.301
Relaciones 3°	1.427
Relaciones 4°	1
Relaciones 5°	0.745
Relaciones de Reversa	3.651
Tipo	Manual 5 Vel.
CHASIS	3.0L DIESEL CRDI CS TM 4X4 AC
Diámetro de giro (m.)	6.3
Dirección	Dirección Hidráulica de piñón y cremallera
Frenos de Parqueo	Palanca entre asientos
Frenos Delanteros	Discos ventilados
Frenos Posteriors	Tambores
Llanta de emergencia	245/75R16 / 16"X7.0J ALUMINIO
Llantas	245/75R16
Rines	16"X7.0J ALUMINIO
Suspensión Delantera	Independiente
Suspensión Posterior	Rígida con Ballesta
PESOS Y CAPACIDADES (KG.)	3.0L DIESEL CRDI CS TM 4X4 AC
Capacidad de Carga kg	1125
Capacidad Eje Delantero	1,35
Capacidad Eje Posterior	1,87
Peso Bruto Vehicular	2,95
Peso Vacío Total	1,825
Tanque de Combustible	76L/ 20 gal

Fuente: (Chevrolet, 2016)

Ford F150

La Ford F150 es una camioneta amplia a gasolina y soporta una carga de 782 kg. Estas características permiten establecer la conclusión que se trata de una camioneta confortable para los pasajeros, sin embargo, los gastos en combustible son elevados en relación a las 2 opciones descritas anteriormente y además su capacidad de carga es muy baja.

La Ford F150 se puede visualizar en la figura 2.7, y las especificaciones en la tabla 2.7

Figura 2.29: Ford F150



Fuente: (Ford, 2016)

Tabla 2.9: Especificaciones técnicas de F-150

<h1>F-150</h1>				
General				
Modelo	F150 XL Cabina Sencilla 4x2	F150 XL Cabina Sencilla 4x4	F150 XLT Doble Cabina 4x2	F150 XLT Doble Cabina 4x4
Dimensiones				
Longitud total	5.316 mm		5.890 mm	
Ancho total incluyendo retrovisores	2.459 mm		2.458 mm	
Ancho total sin retrovisores	2.029 mm		2.029 mm	
Distancia entre ejes	3.109 mm		3.683 mm	
Trocha delantera	1.717 mm		1.717 mm	
Trocha trasera	1.717 mm		1.717 mm	
Longitud platón	2.004 mm		1.704 mm	
Altura interior platón	544 mm		544 mm	
Ancho interno libre platón	1.285 mm		1.285 mm	
Altura total	1.910 mm	1.948 mm	1.953 mm	
Pesos y capacidades				
Peso bruto vehicular (GVW)	2.726 kg	2.744 kg	2.790 kg	3.175 kg
Peso vacío con balde	1.861 kg	1.978 kg	2.050 kg	2.292 kg
Capacidad de carga con balde	865 kg	767 kg	739 kg	883 kg

Fuente: (ford.com.ec, s.f.)

Matriz de selección de alternativas

De la misma manera en que se realizó la selección de la grúa entre las otras alternativas, se va a seleccionar la camioneta más adecuada en donde se va a instalar la grúa. Es así que se va a realizar a continuación una tabla donde se muestren los principales aspectos y características técnicas determinantes para la selección de la camioneta. Ver tabla 2.8

Tabla 2.10: Comparación de características de las camionetas

ESPECIFICACIONES	VEHÍCULO		
	Mazda BT 50	Chevrolet LUV Dmax	Ford F150
Capacidad de carga (kg)	1100	1125	767
Tipo de tracción	4x4	4x4	4x4
Distancia entre ejes (m)	3	3	3,1
Cabina	Simple	Simple	Simple
Peso sin carga (kg)	1624	1875	1950
Combustible	Gasolina	Diésel	Gasolina
Torque (Nm/RPM)	226,6 / 3.500	294/1400-3000	377/4000rpm
Potencia (HP/RPM)	135,30 / 4.600	134/3600	320/6500rpm
Largo (m)	5,16	5,115	5,3

A continuación, se coloca la puntuación del 1 al 10 en cada una de las características para comparar cuál alternativa es la más viable entre las 3 camionetas, donde el valor de 10 tendrá la mejor opción, y las otras alternativas irán disminuyendo su valor según las desventajas que presente. Ver tabla 2.9

Tabla 2.11: Comparación con puntuación

ESPECIFICACIONES	VEHÍCULO		
	Mazda BT 50	Chevrolet LUV Dmax	Ford F150
Capacidad de carga (kg)	9,5	10	7
Tipo de tracción	10	10	10
Distancia entre ejes (m)	10	10	10
Cabina	10	10	10
Peso sin carga (kg)	10	9	8,5
Costo de Combustible	8	10	8
Torque (Nm/RPM)	8	9	10
Potencia (HP/RPM)	9	8	10
Largo (m)	10	10	9,8
Total	84,5	86	83,3

La camioneta más idónea para adaptarle la grúa es la Chevrolet LUV Dmax ya que posee características más favorables que las otras 2.

2.2.2 Vehículo y Grúa seleccionada seleccionado

El vehículo que se va a utilizar es la Chevrolet LUV D-max diésel 4x4 mismo que tiene las características técnicas que se muestran en la tabla 2.6. tiene un peso del mecanismo de elevación de 600 Kg, la camioneta tiene una capacidad de carga de 1125 Kg, se obtiene un restante de 500 kg, mismo que se distribuye entre el personal que maneja la plataforma y las herramientas necesarias para las labores establecidas.

A continuación, se muestra el vehículo y la grúa que se va a utilizar para el respectivo análisis. Ver figura 2.8

Figura 2.30: Vehículo y grúa seleccionada para este proyecto.



Chevrolet LUV D-max



Grúa Socage A314

Conclusión:

Se realiza el proceso de selección del tipo de vehículo y grúa, basados en requerimientos que tienen las empresas que realizan el mantenimiento de redes aéreas, como la empresa eléctrica, de telefonía, internet y cable; además se consideraron las características técnicas de los vehículos y las grúas que tengan las mejores condiciones para el trabajo.

Se tomaron diferentes alternativas de grúas, en base a su peso, alcance de trabajo y capacidad de carga siendo escogida la maquinaria Socage A314. Se realizó el mismo procedimiento con los vehículos, donde se toma en cuenta la capacidad de carga neta, y la facilidad de desplazamiento dentro de la ciudad de Cuenca, tomando como referencia para el trabajo la Chevrolet Luv Dmax diésel 3.0.

CAPÍTULO III

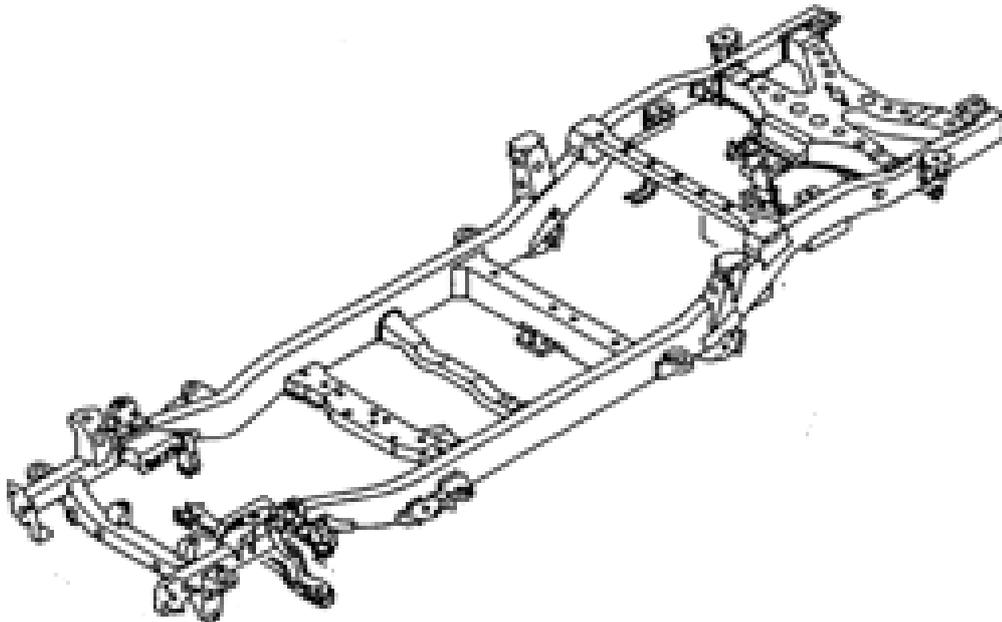
SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE ESFUERZOS

En este capítulo consta el estudio analítico de la fatiga que soporta el chasis, debido al funcionamiento de la grúa, calculando las cargas, esfuerzos máximos, factor de seguridad y tiempo de vida útil con la cantidad de uso que se le da a la misma durante un tiempo determinado de horas diarias de trabajo continuo.

3.1 Características del bastidor

El bastidor de la camioneta LUV D-max es de tipo escalera con apoyos adicionales para una mayor rigidez, seguridad y capacidad de carga. Ver figura 3.1

Figura 3.31: Bastidor de la camioneta Chevrolet LUV Dmax

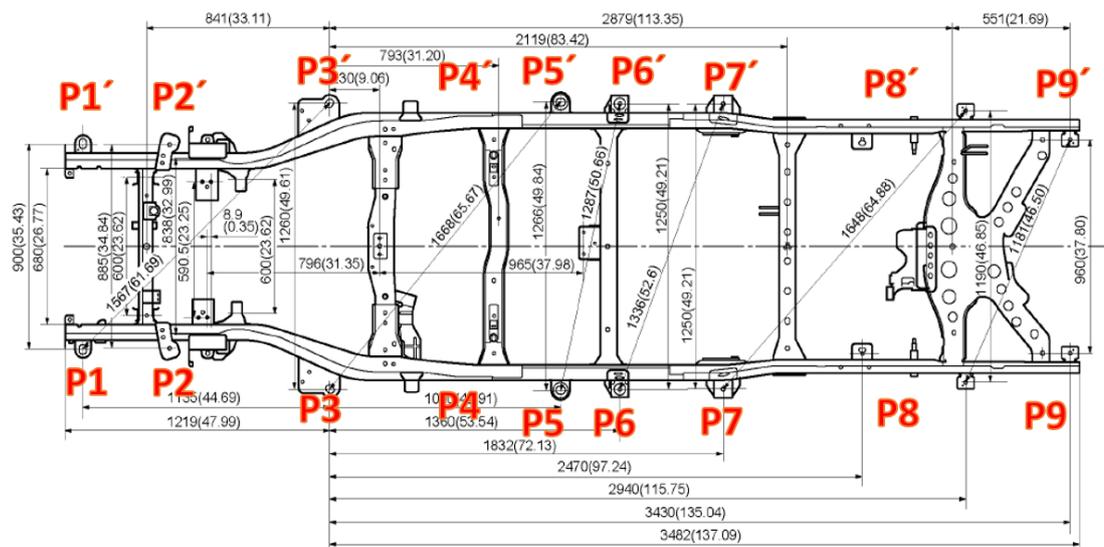


Fuente: (Chevrolet, 2016)

3.2 Puntos de apoyo en el bastidor

En el bastidor se apoyan los elementos de la carrocería y componentes del vehículo en diferentes puntos ubicados en los puntos señalados se muestran en la figura 3.2

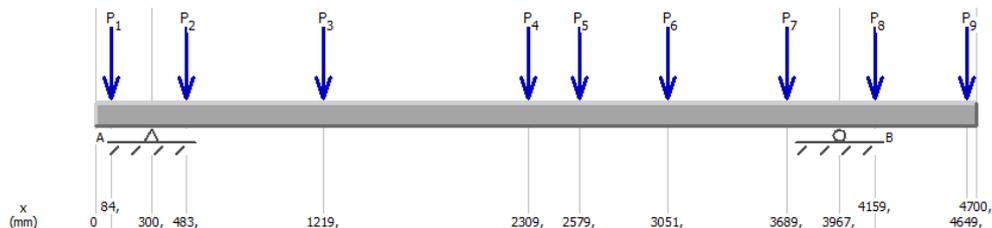
Figura 3.32: Puntos de apoyo en el bastidor



Fuente (Izusu, 2016)

Para comprender como se distribuyen las cargas en el bastidor y dónde se encuentran los puntos de apoyo correspondientes a los ejes delantero y posterior, en la figura 3.3 se ubican las respectivas cargas con las longitudes observando al bastidor de forma horizontal en donde A es el punto donde se ubica el eje delantero y B el eje posterior.

Figura 3.33: Ubicación de las cargas en el bastidor



Los valores de las cargas son los siguientes:

P1: 326,96 N

P2: 735,75 N

P3: 719,36 N

P4: 719,39 N

P5: 31,81 N

P6: 1503,31 N

P7: 31,81 N

P8: 1503,31 N

P9: 31,81 N

Estos valores son los considerados para realizar el análisis estático del bastidor.

3.3 Análisis estático del bastidor

Para realizar el análisis estático del bastidor, es importante considerar ciertos puntos clave que intervienen en el análisis como por ejemplo los pesos de la carrocería y el motor.

$$\text{Peso carrocería} = 300 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del motor} = 150 \text{ kg}$$

El peso de la carrocería se divide para 6 que representa a los apoyos P1, P1', P2, P2', P3, P3'.

$$300/6 = 50 \text{ kg}$$

Al ser una camioneta cabina sencilla, la cual albergará a 2 ocupantes de 80 kg c/u este peso será distribuido en los apoyos posteriores de la cabina P2 P2' y P3 P3' por lo tanto.

$$P2 P2' = 33,33 \text{ kg}$$

$$P3 P3' = 33,33 \text{ kg}$$

A estos valores, se suma el peso de un ocupante distribuido para cada punto de apoyo y al ser dos se divide

$$\frac{80}{2} = 40 \text{ kg}$$

Para cada apoyo se suma el peso de la cabina y los 40 kg obtenidos por la distribución a los puntos de apoyo.

$$40 + 33,33 = 73,33 \text{ kg}$$

En la parte posterior se localizan apoyos en cada viga, mismos que serán utilizados en el montaje de la plataforma elevadora la plancha del balde tendrá una longitud de 1820

mmx 2200 mm, misma que será de aluminio corrugado de 3mm con un peso de 32,43 kg.

El peso de metro cuadrado de aluminio de 1mm de espesor es igual a 2,7 kg

$$32,42 \text{ kg} \div 10 = 3,243 \text{ kg}$$

La plataforma de elevación tiene un peso de 600 kg, misma que se apoya en P5P5' y P7P7' por lo que cada apoyo soportara una carga de 150 kg

Con estas cargas las reacciones seran:

$$\sum MA = 0$$

$$RB = \frac{-(326,967)(0,399) + (735,75)(0,151) + (719,36)(0,736) + (719,367)(1,826) + (31,814)(2,096)}{3,433} \\ + \frac{(1503,314)(2,568) + (31,814)(3,206) - (RB) + (1503,314)(3,676) + (31,814)(4,166)}{3,433}$$

$$RB = \frac{-(130,46) + (111,098) + (529,44) + (1313,56) + (66,68) + (3860,51) + (101,99) + (5526,18) + (132,537)}{3,433}$$

$$RB = \frac{11512Nm}{3,433m}$$

$$RB = 3385,88 N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-326,9673 + RA - 735,75 - 719,3673 - 719,3673 - 31,814 - 1503,314 \\ - 31,814 - 1503,314 - 31,814 + 3385,88 = 0$$

$$RA = 2217,61N$$

Momento flector

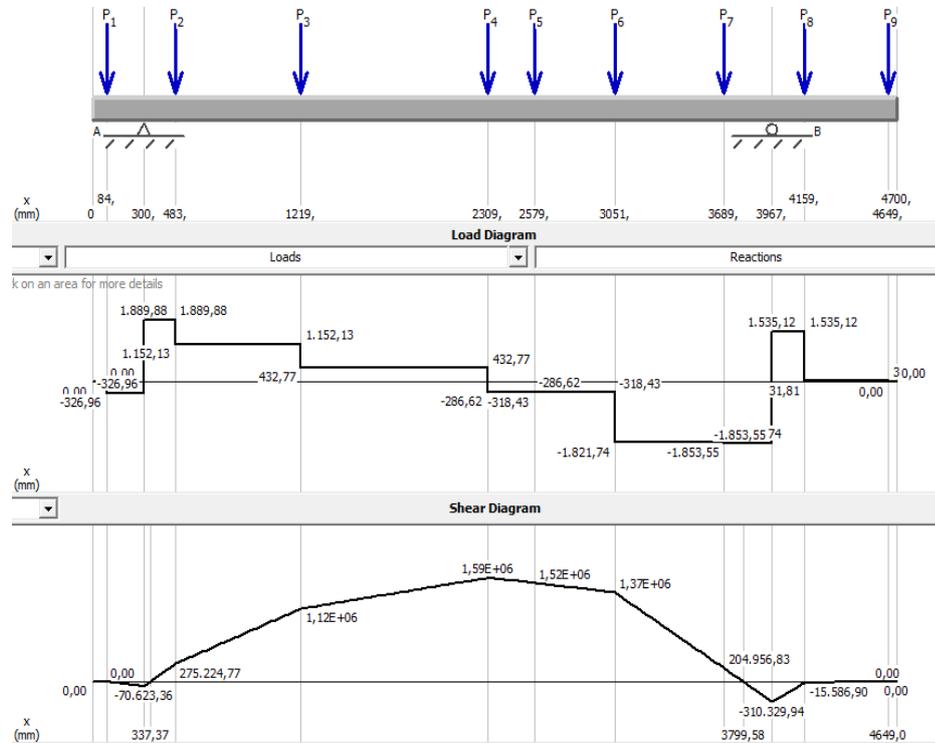
$$\sum M_{P1} = 0$$

$$-(2250,312)(0,399) + (735,75)(0,550) + (719,36)(1,286) + (719,367)(2,376) + (31,814)(2,646) \\ + (1503,314)(3,118) + (31,814)(3,756) - (3353,21)(3,983) + (1503,314)(4,226) + (31,814)(4,716)$$

$$\sum M_{P1} = 177,85 Nm$$

Con la finalidad de corroborar los valores obtenidos en los cálculos, se procede a realizar la simulación de cargas en el software MD Solid ubicando los valores en los travesaños. Ver figura 3.4

Figura 3.34: Diagramas de fuerza cortante y momento flector



De acuerdo con la simulación, las reacciones en los puntos A y B, se han obtenido los siguientes valores.

$$R_A = 2216,84 \text{ N}$$

$$R_B = 3388,67 \text{ N}$$

3.4 Modelamiento del bastidor

Para el modelamiento del bastidor, se ha empleado la herramienta de software Autodesk Inventor, considerando las dimensiones de los componentes, la geometría y el material que los constituye. El modelamiento del bastidor, se lo puede visualizar en la figura 3.5.

Figura 3.35: Modelamiento del bastidor

3.5 Análisis estructural

Para realizar el análisis estructural del bastidor del vehículo seleccionado se utilizará la teoría de la energía de la distorsión para materiales dúctiles (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett, pág. 214). Se expresa con la ecuación 2.1:

$$\sigma' = \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

Donde:

σ' : Esfuerzo de Von Mises.

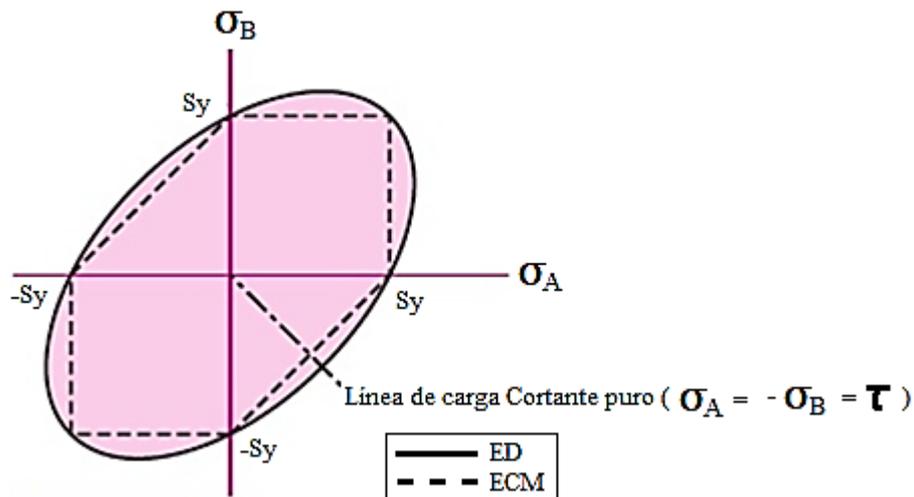
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$: Esfuerzos normales máximos o principales.

En un análisis de esfuerzos planos, donde dos son distintos de cero y denominados σ_A y σ_B , y al reemplazarlos en la ecuación 2.1. la expresión de Von Mises quedaría expresada de la siguiente forma:

$$\sigma' = [\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2]^{1/2} \quad (2.2)$$

La ecuación 2.2, puede ser representada para un diseño estático y mediante la teoría de energía de distorsión con la figura 3.6, la cual está representada por una elipse que esta rotada con respecto a los esfuerzo σ_A y σ_B , en los ejes (X , Y) respectivamente.

Figura 3.36: Teoría de energía de la distorsión



Fuente: (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett, pág. 215)

“Según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett) La teoría de la energía de deformación máxima o distorsión, predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación que corresponde a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión”, entonces el esfuerzo de Von Mises puede también ser determinado con la siguiente ecuación.

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad (2.3)$$

Donde:

S_y : Resistencia a la Fluencia del material.

n : Factor de seguridad.

En diseño de máquinas según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett) se considera que

$$n = 1 \Rightarrow \sigma' = S_y \text{ (falla)}$$

$$n < 1 \Rightarrow \sigma' > S_y \text{ (falla)}$$

$$n > 1 \Rightarrow \sigma' < S_y \text{ (no excluye la falla)}$$

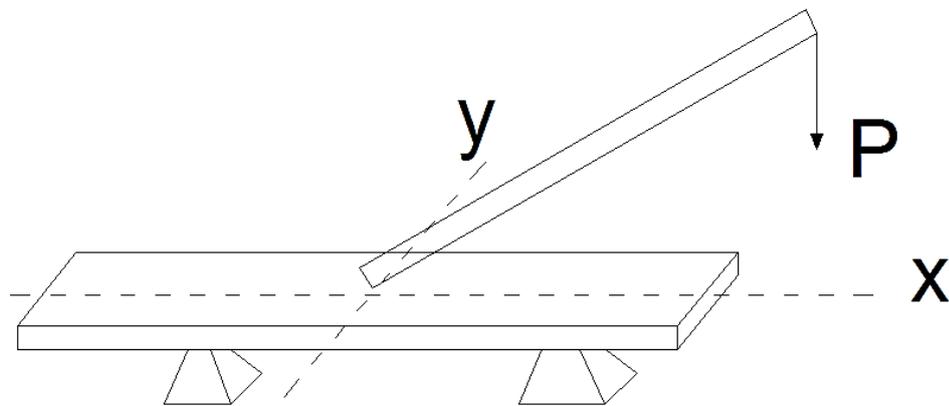
En este proyecto se va a realizar la aplicación de las cargas en 3 casos con la finalidad de determinar en cuál de ellos la estructura sufre más deformaciones y verificar si con el material seleccionado, se obtiene un factor de seguridad superior a 1.

Los 3 casos a analizar son con la grúa en las siguientes posiciones:

- Grúa en reposo (Diseño estático)
- Grúa inclinada en dirección x (diseño a fatiga)
- Grúa inclinada en dirección y (diseño a fatiga)

Las direcciones tanto en el eje x como en y de la grúa se analizan como se observa en la figura 3.7

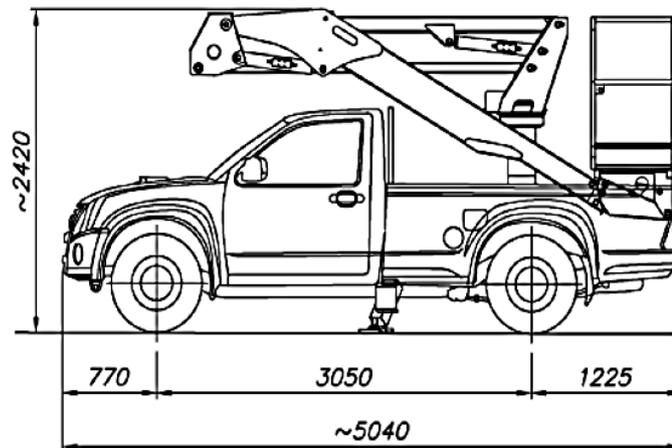
Figura 3.37: Referencia de direcciones x y y de la grúa



Fuente:(Miravete & Larrodé, 2007)

3.5.1 Análisis en posición 0 (Grúa en reposo)

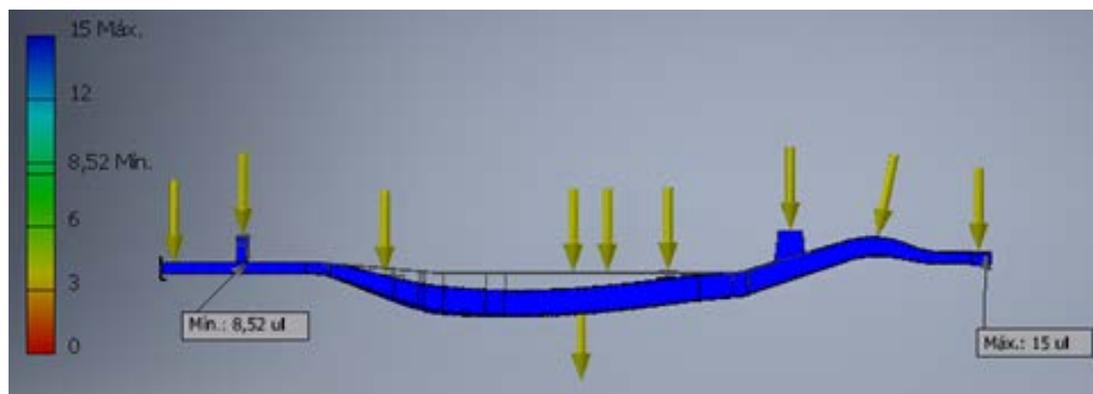
El análisis en la posición inicial se lo va a realizar considerando el peso de la grúa, cuando no se encuentra trabajando como se observa en la figura 3.8

Figura 3.38: Grúa en posición 0

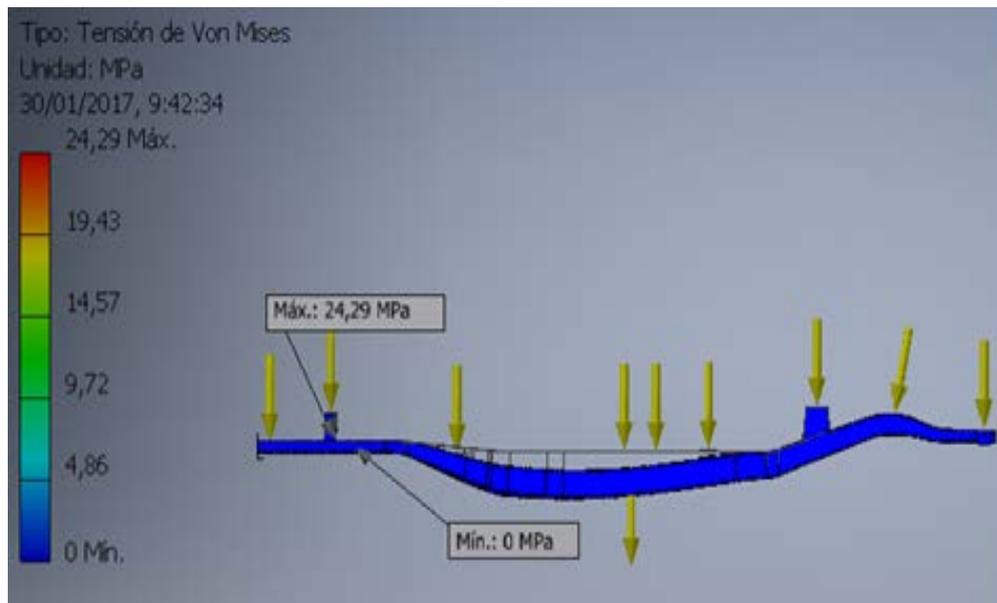
Fuente:(Socage, 2016)

3.5.1.1 Diseño Estático.

En este caso, las cargas a los travesaños del bastidor se aplicarán de acuerdo a la ubicación mostrada en la figura 3.3. El factor de seguridad mínimo de los travesaños en esta posición es de 8,52 como se muestra en la figura 3.9.

Figura 3.39: Factor de seguridad en los largueros del bastidor (posición 0)

El esfuerzo máximo de Von Mises en los travesaños en la posición inicial de la grúa es 24,3 MPa como se observa en la figura 3.10.

Figura 3.40: Tensión de Von Mises en los largueros del bastidor (posición 0)

Para desarrollar el cálculo de la fluencia del material en la ecuación 2.3 se reemplazan los valores encontrados en la simulación del esfuerzo máximo de Von Mises y el factor de seguridad.

$$S_y = 24,3 * 8,52 \text{ Mpa} = 207,037 \text{ Mpa}$$

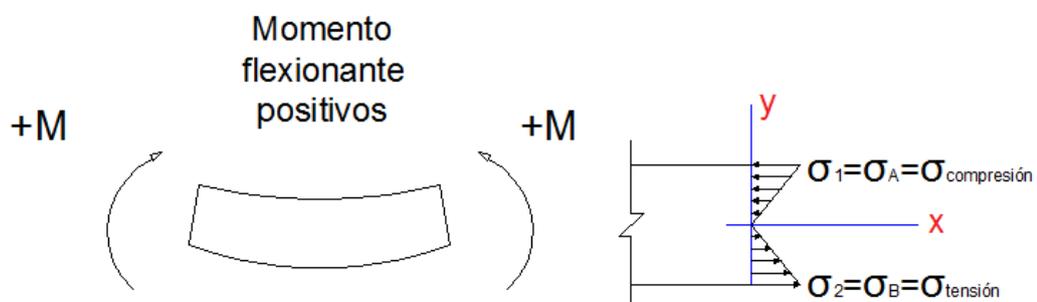
Además, según (autocasion.com, 2012) los aceros por “Plasticidad Inducida por Transformación (TRIP)” son el material con el que se fabrica en la actualidad el chasis y algunas partes de la carrocería de un vehículo. Existen dos variedades que son el TRIP 690 y 780, estos materiales se caracterizan por las propiedades mecánicas elevadas y por el alto índice de absorción de energía (matweb.com), el material que se va a utilizar para el cálculo en este proyecto es el TRIP 780, por las características que presenta y que se pueden ver en la tabla 3.1

Tabla 3.12: Propiedades mecánicas del acero TRIP 780

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO TRIP 780			
Propiedades mecánica	Sistema Métrico	Sistema Inglés	Observaciones
Sut (Resistencia última a la tracción)	780 - 900 MPa	113000 - 131000 psi	
Sy (límite de fluencia)	460 - 550 MPa	66700 - 79800 psi	
Elongación a la ruptura	$\geq 23 \%$	$\geq 23 \%$	$L_0=80 \text{ mm}$, $th < 3 \text{ mm}$
PROPIEDADES QUÍMICAS DE ACERO TRIP 780			
Elementos de su composición	Sistema métrico	Sistema Inglés	Observaciones
Carbono, C	$\leq 0.25 \%$	$\leq 0.25 \%$	
Hierro, Fe	$\geq 95.75 \%$	$\geq 95.75 \%$	Como equilibrio
Manganeso, Mn	$\leq 2.0 \%$	$\leq 2.0 \%$	
Silicio, Si	$\leq 2.0 \%$	$\leq 2.0 \%$	

Fuente: (matweb.com)

Las fibras en el punto crítico se asumen que estarían en compresión y tracción tal como se muestra en la figura 3.11.

Figura 3.41: Fibras en el punto crítico

Y al desarrollar un nuevo cálculo del factor de seguridad al reemplazar los valores en

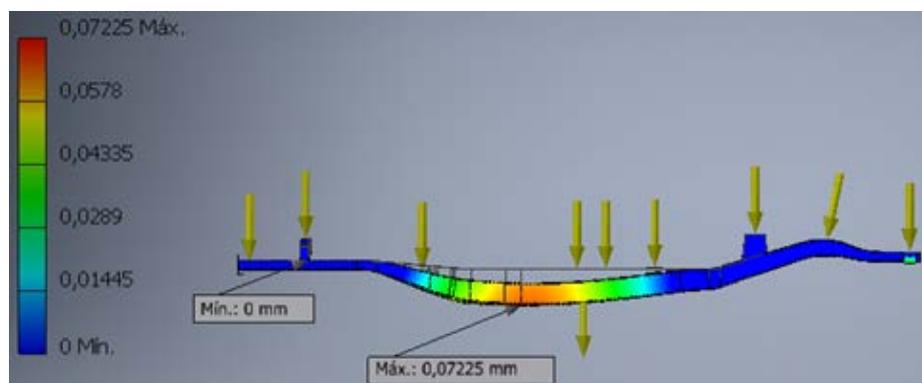
la ecuación 2.3 se tiene.

$$n = \frac{460}{24,3} = 18,93$$

Al tener un factor de seguridad extremadamente amplio de 18,93; resulta inútil hacer un análisis a fatiga ya que se tendría los mismos resultados con pequeñas variaciones dentro del esfuerzo máximo de tensión de Von Mises.

A continuación, se muestra las deformaciones mínimas y máximas a detalle en esta posición de los largueros del bastidor de la camioneta se observan en la figura 3.12.

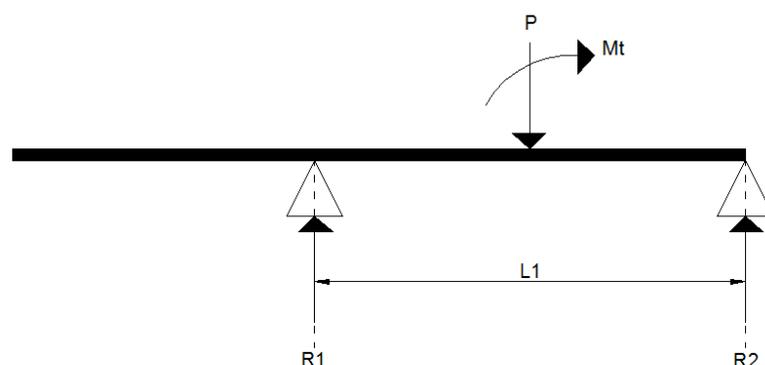
Figura 3.42: Desplazamientos en los largueros del bastidor (posición 0)



3.5.2 Análisis en dirección x (Grúa inclina en dirección x)

Cuando la grúa trabaja en la dirección en x, se producen los esfuerzos mostrados en la figura 3.13.

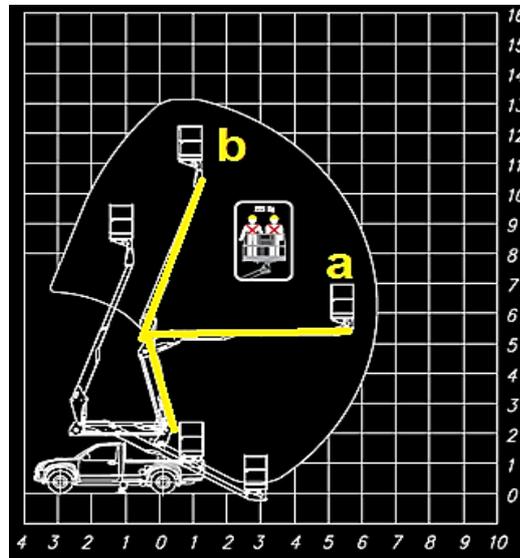
Figura 3.43: Grúa en posición en x



Fuente: (Miravete & Larrodé, 2007)

En la figura 3.14 se observan los movimientos de la grúa en la dirección x. Se han considerado para el análisis las posiciones a y b de los movimientos de la grúa debido a que son los de mayor alcance.

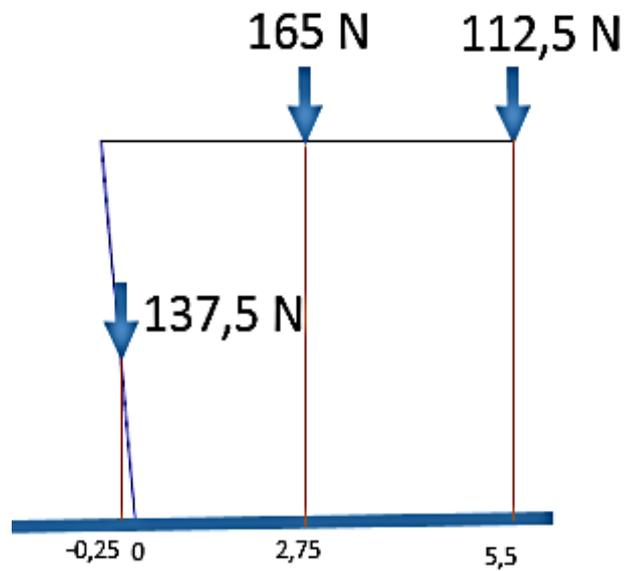
Figura 3.44: Trabajo de la grúa seleccionada en la dirección x



Fuente:(Socage, 2016)

3.5.2.1 Análisis en la posición a

Para iniciar con el análisis estático del momento generado en el soporte B del bastidor cuando la grúa se encuentra en la posición 1, se realiza un diagrama de cuerpo libre en donde el origen es precisamente el punto B o el eje posterior. El diagrama se observa en la figura 3.15

Figura 3.45: Diagrama de cuerpo libre de la grúa (dirección x-posición a)

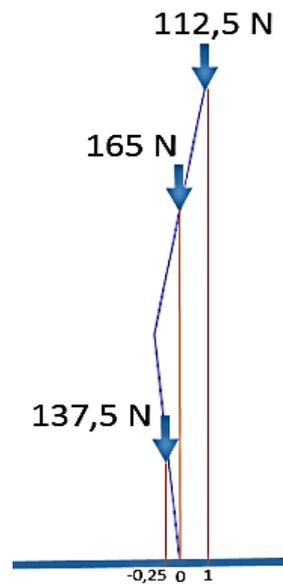
$$\sum M_B = -0,25(137,5)(9,8) + 165(9,8)(2,75) + 5,5(112,5)(9,8)$$

$$\sum M_B = 9769,375 \text{ Nm}$$

El momento generado por las cargas aplicadas es 9769,375 Nm. A continuación, se realiza el análisis en la posición b y de esa manera comparar los resultados para realizar la simulación con el valor más alto.

3.5.2.2 Análisis en la posición b

El diagrama de cuerpo libre de la grúa sobre el larguero del bastidor en dirección x-posición b se observa en la figura 3.16

Figura 3.46: Diagrama de cuerpo libre de la grúa (dirección x-posición b)

Realizando la sumatoria de momentos en el eje posterior de la camioneta, se obtiene el desarrollo de la siguiente ecuación.

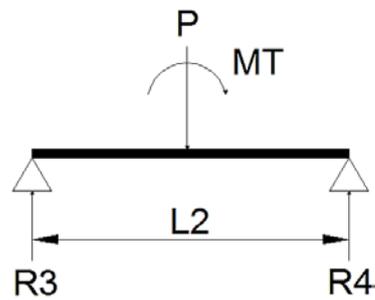
$$\sum M_B = -0,25(137,5)(9,8) + 1(112,5)(9,8)$$

$$\sum M_B = 765,63 \text{ Nm}$$

En esta posición, el momento generado en la dirección x-posición b, es 765,63 Nm. El momento es mayor en la posición a, es así que en la simulación se colocará ese valor para analizar las cargas con el valor más crítico.

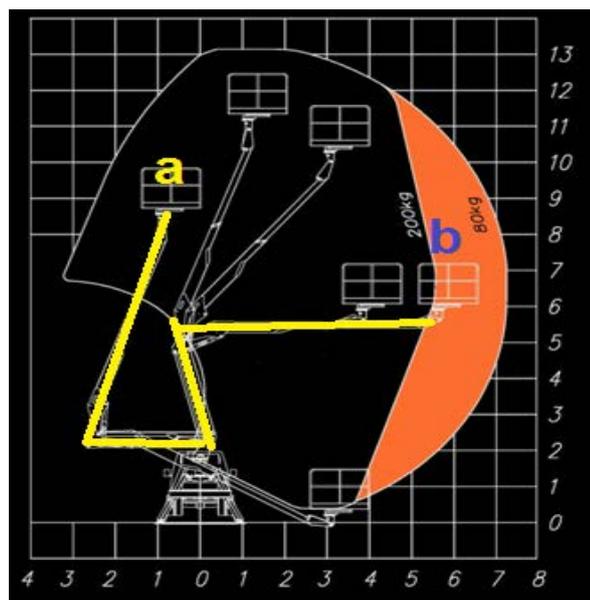
3.5.3 Análisis en dirección Y

La dirección y hace referencia a la grúa cuando trabaja elevando a la canastilla por las zonas laterales de la camioneta y esquemáticamente se observa en la figura 3.17 con el momento generado.

Figura 3.47: Esfuerzos de la grúa en la dirección x

Fuente:(Miravete & Larrodé, 2007)

Las posiciones que realiza la grúa en la dirección y, se observa en la figura 3.18 en donde se analizan las posiciones a y b para determinar en cuál se generará el mayor momento.

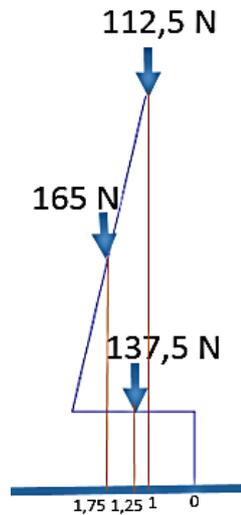
Figura 3.48: Trabajo de la grúa en la dirección y

Fuente:(Socage, 2016)

La posición b, genera el mismo momento que en la posición a, en la dirección x, pero su dirección es diferente.

3.5.3.1 Análisis en la posición a

Para iniciar el análisis estático en la dirección y, en la posición a, se realiza el diagrama de cuerpo libre mostrado a continuación en la figura 3.19.

Figura 3.49: Diagrama de cuerpo libre de la grúa (dirección y-posición a)

Resolviendo la ecuación de la sumatoria de momentos para obtener el valor en el punto B, se obtiene:

$$\sum M_B = 1,25(137,5)(9,8) + 1,75(9,8)(165) + 1(112,5)(9,8)$$

$$\sum M_B = 5216,63 \text{ Nm}$$

El momento generado en esta posición es 5216,63 Nm, a continuación, se determina el momento generado en la posición b.

3.5.3.2 Análisis en la posición b

El análisis en la posición b en la dirección en y es el mismo que la posición a en la dirección en x, es decir:

$$\sum M_B = 9769,375 \text{ Nm}$$

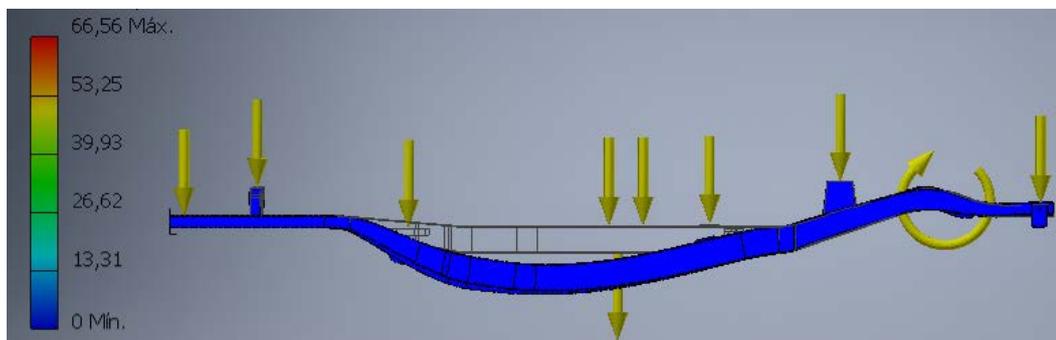
3.6 Resultados

3.6.1 Diseño Estático para la dirección x, en la posición a

Una vez realizados los análisis para conocer los valores de los momentos generados en las posiciones en donde se produce mayor esfuerzo en los largueros del bastidor, es posible efectuar las simulaciones en el software Autodesk Inventor en donde se obtienen los resultados de las tensiones de Von Mises y los esfuerzos principales.

A continuación, en la figura 3.20 se observa los resultados de la tensión de Von Mises cuando la grúa trabaja en dirección x en su posición más crítica.

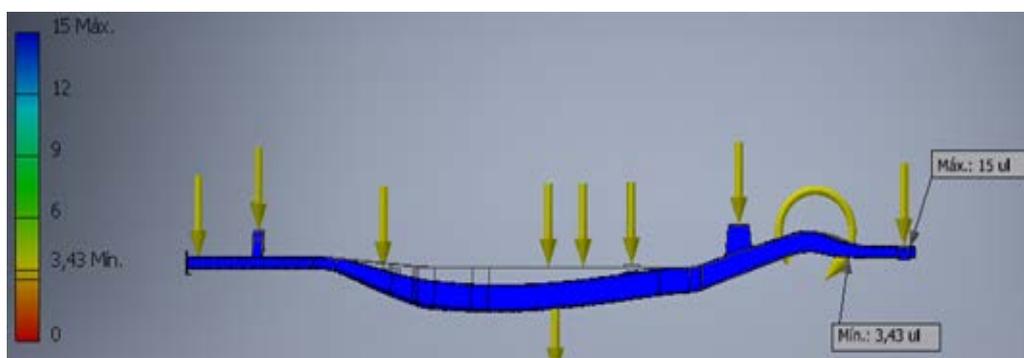
Figura 3.50: Tensión de Von Mises en los largueros (dirección x)



La tensión de Von Mises al trabajar en dirección x, es decir, por la parte posterior de la camioneta es de 65,56 Mpa.

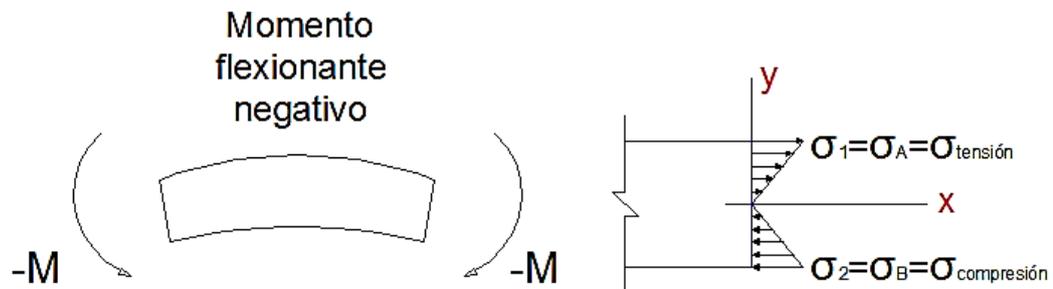
A continuación, se muestra el valor mínimo y máximo del factor de seguridad, obtenidos en la simulación. Ver figura 3.21

Figura 3.51: Factor de seguridad de los largueros en la dirección x



El factor de seguridad mínimo es el más importante ya que muestra dónde se genera el esfuerzo máximo en los largueros. Así como también muestra el punto crítico de la estructura. En la figura 3.22, se puede ver con están las fibras en el punto crítico.

Figura 3.52: Fibras en el punto crítico



Al reemplazar los valores del factor de seguridad y tensión de Von Mises en la ecuación 2.3 se puede encontrar el valor del límite de fluencia del material que es:

$$S_y = 65,56 * 3,43 = 224,87 \text{ Mpa}$$

En el desarrollo del diagrama de energía de distorsión para un diseño estático, se considera la utilización del material Acero TRIP 780.

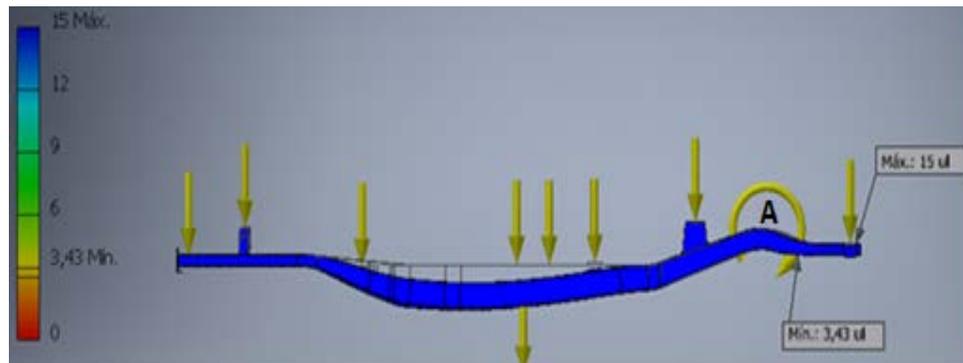
Al realizar un recalcu del factor de seguridad, con el valor de la resistencia a la fluencia del material seleccionado se tiene el siguiente valor.

$$n = \frac{460}{65,56} = 7,01$$

Al observar que el cálculo del factor de seguridad de 7,01 recalculado es elevado y con la finalidad de corroborar la confiabilidad del mismo se desarrolla el análisis a fatiga de esta sección.

3.6.2 Diseño a Fatiga para la dirección x, en la posición a

El análisis a fatiga se desarrolla en el punto crítico (A), que se muestra en la figura 3.23, que de acuerdo a la simulación es donde se tiene el menor valor de factor de seguridad.

Figura 3.53: Punto Crítico de estructura

En ese punto se considera que existe flexión ocasionado por el momento que se genera en ese punto.

En el punto crítico también se asume que los valores escalares de tensión y compresión son iguales.

$$\sigma_A = \sigma_B$$

Al reemplazar la consideración anterior en la ecuación 2.2.

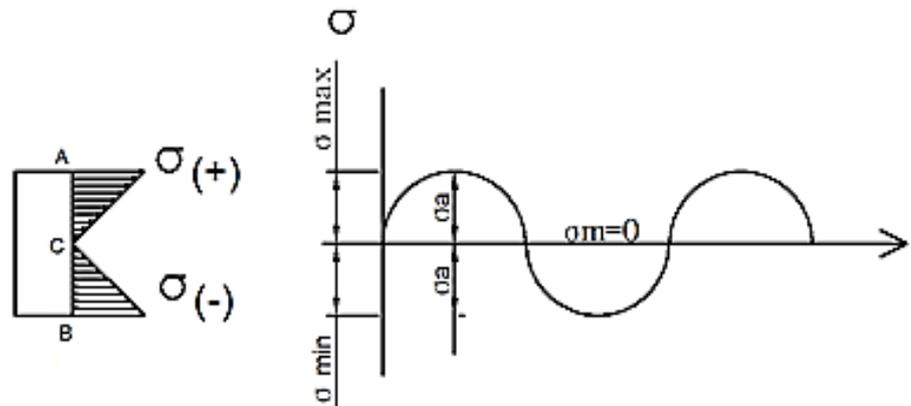
$$\sigma' = [\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2]^{1/2}$$

$$\sigma' = [\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_A + \sigma_A^2]^{1/2}$$

Se tiene que

$$\sigma' = \sigma_A$$

En la figura 3.24 se representa al esfuerzo de Von Mises como esfuerzo máximo.

Figura 3.54: Fibras de la sección del chasis

3.6.2.1 Límite de Resistencia a fatiga (Se)

Para el diseño a fatiga es necesario encontrar el límite de resistencia a fatiga (Se) en el punto crítico (A), el mismo que fue determinado mediante la figura 3.23.

Con la siguiente ecuación se puede encontrar (Se)

$$Se = Se' * ka * kb * kc * kd * ke * Kf \quad (2.4)$$

Donde:

Se' : Límite de resistencia en la viga.

ka : Factor de modificación de la condición superficial.

kb : Factor de modificación del tamaño.

kc : Factor de modificación de carga.

kd : Factor de modificación de temperatura.

ke : Factor de confiabilidad.

Kf : Factor de modificación de efectos varios.

Límite de resistencia en la viga (Se')

Para determinar Se' según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett) está dentro de las siguientes especificaciones

$$Se' \begin{cases} 0,5sut \rightarrow sut \leq 200kpsi(1400 Mpa) & (1) \\ 100 kpsi \rightarrow sut > 200 kpsi & (2) \\ 700 Mpa \rightarrow sut > 1400 Mpa & (3) \end{cases}$$

Al haber considerado para este proyecto el acero TRIP 780, que tiene el esfuerzo último o resistencia mínima de $Sut=780$ Mpa.

Entonces, de las especificaciones anteriores se toma la primera opción. De tal forma que la ecuación para determinar el límite de resistencia a la fatiga es:

$$Se' = 0,5Sut = 0,5x(780) = 390 (Mpa) \quad (2. 5)$$

Factor de modificación de la condición superficial (k_a)

Según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett) el factor (k_a) se determina con la siguiente ecuación.

$$k_a = a * Sut^b \quad (2. 6)$$

Donde los valores de (a y b) pueden ser determinados mediante la tabla 3.2

Tabla 3.13: Parámetros en el factor de la condición superficial

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	Sut (ksi)	Sut (Mpa)	
Esmerilado	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o laminado en frío	2,70	4,51	-0,265
Laminado en Caliente	14,4	57,7	-0,718
Como sale de la forja	39,9	272	-0,995

Fuente:(Shigley, Budynas, & Keith Nisbett, pág. 280)

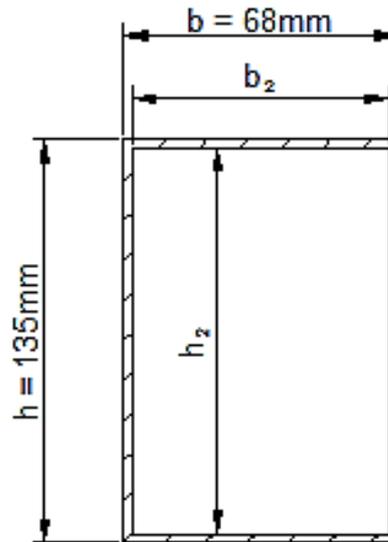
En los perfiles del acero estructural generalmente con este material son laminados en frío (matweb.com) , con esta especificación en la ecuación 2.6 se reemplaza los valores de (a, b y Sut) y se obtiene.

$$k_a = 4,51 * (780^{-0,265}) = 0,77$$

Factor de modificación del tamaño (kb).

En el punto crítico la sección es rectangular las dimensiones se muestra en la figura 3.25

Figura 3.55: Sección en corte de la viga principal del chasis



Para determinar kb según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett, pág. 280) hay que considerar las siguientes limitaciones

$$kb = \begin{cases} \left(\frac{d}{0,3}\right)^{-0,107} = 0,879d & 0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0,91d^{-0,157} & 2 \leq d \leq 10 \text{ pulg} \\ \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,107} = 1,24d^{-0,107} & 2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1,51d^{-0,157} & 51 \leq d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para el caso donde la viga no es circular se utiliza dimensión efectiva (d_e), que se relaciona con (d) mediante la siguiente ecuación.

$$d_e = 0,370d \quad (2.7)$$

Y d_e Para una sección rectangular como en este caso se determina con la ecuación 2.8

$$d_e = 0,808(h * b)^{1/2} \quad (2. 8)$$

Donde

h: Altura de la sección rectangular.

b. Base de la sección rectangular.

Reemplazando los valores de la figura 3.25 en la ecuación 2.8 se tiene el siguiente valor

$$d_e = 0,808(135 * 68)^{\frac{1}{2}} = 78,27 \text{ mm}$$

En la ecuación 2,7 se reemplaza (d) y se obtiene el siguiente valor

$$d = \frac{d_e}{0,370} = \frac{78,27}{0,370} = 211,545 \text{ mm}$$

Con el valor obtenido (d = 211,545mm), de las limitaciones de kb se elige la cuarta opción y se tiene la siguiente ecuación.

$$kb = 1,51d^{-0,157} \quad (2. 9)$$

Al reemplazar los valores en la ecuación 2,9 se tiene el siguiente valor.

$$kb = 1,51 * (211,545)^{-0,157} = 0,65$$

Factor de modificación de carga (kc).

Para determinar el kc, según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett) en ensayos con carga de flexión rotatoria, axial y de torsión se especifica como:

$$kc = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0,85 & \text{axial} \\ 0,59 & \text{torsión} \end{cases}$$

En el punto crítico que se está analizando se tiene flexión ver figura 3.22, por lo tanto, kc = 1.

Factor de modificación de temperatura kd.

Según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett), este factor de determina con la siguiente expresión.

$$kd = 0,975 + 0,432(10^{-3})T_F - 0,115(10^{-5})T_F^2 + 0,104(10^{-8})T_F^3 - 0,595(10^{-12})T_F^4 \quad (2. 10)$$

Donde:

T_F : Temperatura Ambiente en °F

En este proyecto se considera que se trabaja a temperatura ambiente y está a una 20°C que equivale a 70 °F, al reemplazar este valor en la ecuación 2.10 se tiene el siguiente valor

$$kd = 0,975 + 0,432(10^{-3}) * 70 - 0,115(10^{-5}) * 70^2 + 0,104(10^{-8}) * 70^3 - 0,595(10^{-12}) * 70^4$$

$$kd = 0,999947 \approx 1$$

Factor de confiabilidad ke

Se asume que se tendrá una confiabilidad de un 70%, con este valor se puede acceder a la tabla 3.3

Tabla 3.14: Factor de confiabilidad

Confiabilidad (%)	Variación de transformación Za	Factor de confiabilidad Ke
50	0	1
90	1,288	0,897
95	1,645	0,868
99	2,326	0,814
99,9	3,091	0,753
99,99	3,719	0,702
99,999	4,265	0,659
99,9999	4,753	0,62

Fuente:(Shigley, Budynas, & Keith Nisbett, pág. 285)

El valor del factor de confiabilidad para un 70% se realiza una interpolación entre el 50% y el 90% y se obtiene el siguiente valor.

$$k_e = 1 - \frac{(50 - 70) * (1 - 0,897)}{(50 - 90)} = 0,9485$$

Factor de modificación de efectos varios (kf).

Al no contar con datos reales de kf, en este trabajo se considera el valor de 1.

Una vez encontrado todos los factores que influyen en el diseño a fatiga se reemplazan los valores en la ecuación 2.4 y se determina el valor de límite de resistencia a fatiga.

$$S_e = 390 * 0,77 * 0,65 * 1 * 1 * 0,9485 * 1 = 185,142 \text{ Mpa}$$

3.6.2.2 Factor de seguridad en condiciones a fatiga para el punto crítico

Para determinar el valor del factor de seguridad se utilizará el criterio de falla ante esfuerzo variables de la ASME elíptica que según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett, pág. 298) se determina con la siguiente ecuación.

$$\left(\frac{n\sigma_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{n\sigma_m}{S_y}\right)^2 = 1 \quad (2.11)$$

Donde

n: Factor de seguridad.

σ_a : Componente de amplitud del esfuerzo.

σ_m : Componente de esfuerzo medio.

De acuerdo con la figura 3.24 el $\sigma_a = \sigma_{max} = 65,56 \text{ Mpa}$ valor obtenido de la simulación y que es equivalente al Valor de la tensión de Von Mises. Mientras que el valor de $\sigma_m = 0$, Realizando los reemplazos en la ecuación 2.11 se tiene el siguiente valor para el factor de seguridad para la condición de fatiga.

$$n = \frac{S_e}{\sigma_a} = \frac{185,142}{65,56} = 2,85$$

El valor de factor de seguridad a falla es de 2,85 valor que está dentro del rango de

seguridad ver numeral 3.5. Sin embargo, no hay que descartar la existencia de falla, este valor muestra que en cualquier instante de operación el chasis podría sufrir una fractura en el punto crítico.

3.6.2.3 Vida útil.

Para determinar si el chasis tendrá vida infinita o finita se puede determinar con la siguiente ecuación. (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett, pág. 277).

$$N = \left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^{1/b} \quad (2.12)$$

Donde:

N: Número de ciclos hasta la falla.

Las constantes (a y b) son definidas para el cálculo de resistencia a la fatiga y pueden ser determinadas con las ecuaciones 2.13 y 2.14.

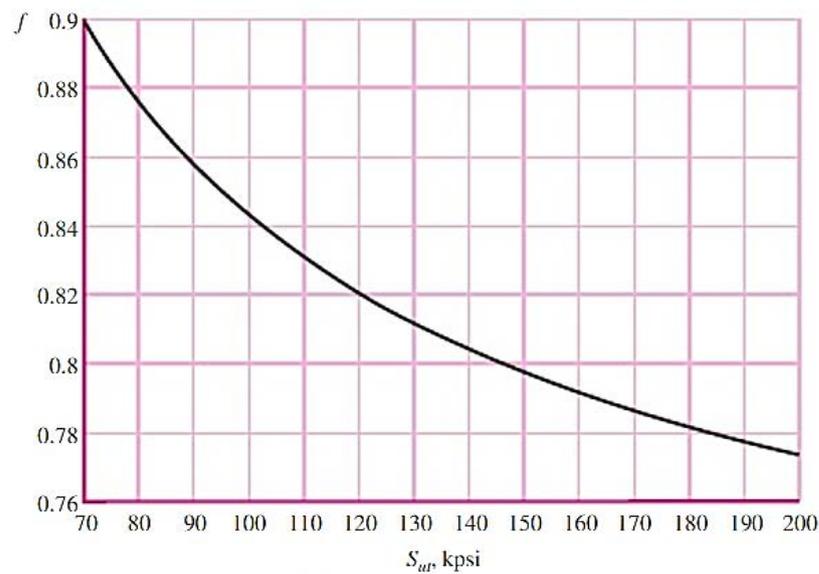
$$a = \frac{(f Sut)^2}{S_e} \quad (2.13)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f Sut}{S_e}\right) \quad (2.14)$$

Donde

f: fracción de Sut.

Para determinar f, en valores que se encuentran dentro del rango ($70 \leq Sut \leq 200 \text{ kpsi}$) se puede acceder a la figura 3.26

Figura 3.56: Fracción de la resistencia a la fatiga.

Fuente:(Shigley, Budynas, & Keith Nisbett, pág. 277)

El acero estructura tiene un $S_{ut}=780$ Mpa que equivale a 113,13 kpsi, entonces el valor de ($f = 0,83$).

El valor de las contantes al reemplazar los valores se tiene

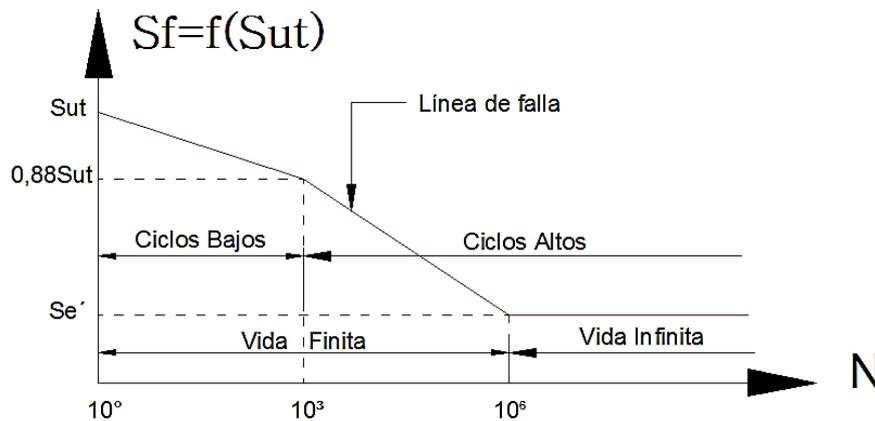
$$a = \frac{(0,83 * 780)^2}{185,142} = 2263,81$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0,83 * 780}{185,142} \right) = -0,181$$

Reemplazando los valores en la ecuación 2.10 se determina el valor para número de ciclos hasta la falla

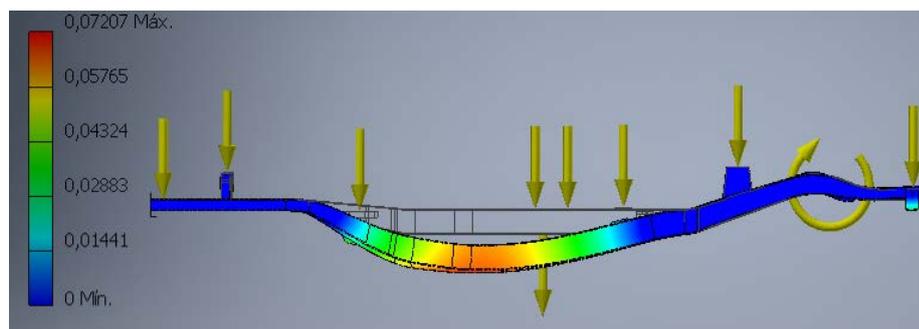
$$N = \left(\frac{65,56}{2263,81} \right)^{1/-0,181} = 3,15 \times 10^8 \text{ Ciclos}$$

Para determinar si la estructura tiene vida infinita o finita, según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett), se puede realizar un gráfico comparativo denominado S-N, el cual se encuentre en escalas semilogarítmicos o logarítmicos en donde se relaciona los valores encontrados anteriormente. Ver figura 3.27

Figura 3.57: Gráfico S vs N

El número de ciclos para este proyecto según la figura 3.27 se encuentra dentro del rango de vida finita, eso corrobora que no se descarta la existencia falla dentro de un rango amplio de operación.

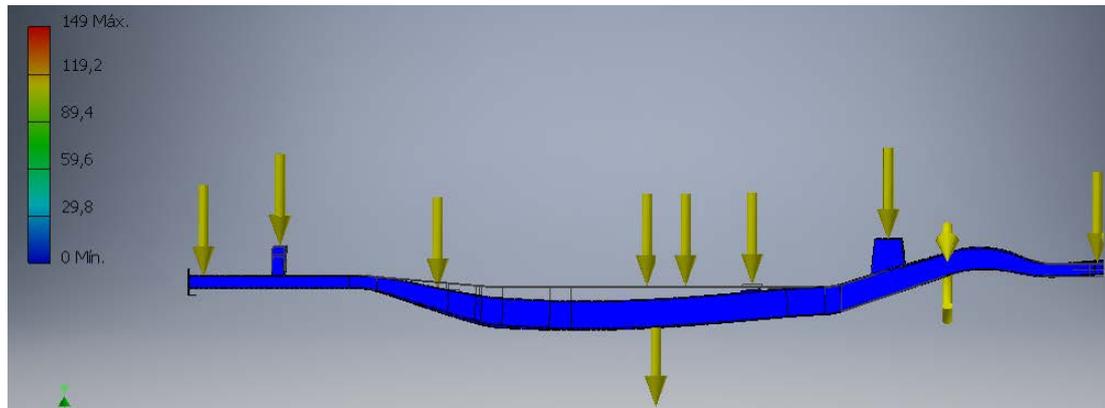
A continuación, se observa a mayor detalle los desplazamientos que se producen en los largueros del bastidor por efecto de las cargas. Ver figura 3.28.

Figura 3.58: Desplazamientos producido en el larguero

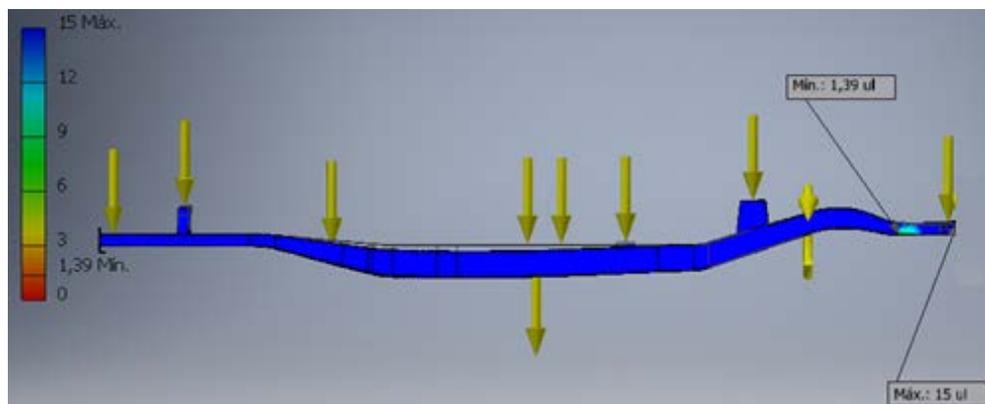
El desplazamiento máximo en los largueros es 0,07207 mm en la zona anaranjada.

3.6.3 Diseño Estático para la dirección y, en la posición a

A continuación, se observan los resultados obtenidos de los largueros en la posición y. La tensión de Von Mises se muestra en la figura 3.29. Que es de 149 Mpa

Figura 3.59: Tensión de Von Mises de los largueros en la dirección y

El factor de seguridad de los largueros del bastidor cuando la grúa trabaja en la posición y se muestra en la figura 3.30

Figura 3.60: Factor de seguridad de los largueros en la dirección y

El menor valor del factor de seguridad de los largueros en esta dirección es 1,39.

A continuación, se muestran los desplazamientos generados.

Para el cálculo del diseño estático se calcula el límite de fluencia del material aplicando la ecuación 2.3 y se obtiene el siguiente valor

$$S_y = 149 * 1,39 = 207,11 \text{ Mpa}$$

De la misma forma, que el análisis anterior se toma el acero TRIP 780 el cual presenta un $S_y = 460$ Mpa. Y mediante el esquema de la teoría de energía de distorsión se recalcula el factor de seguridad y se tiene el siguiente valor

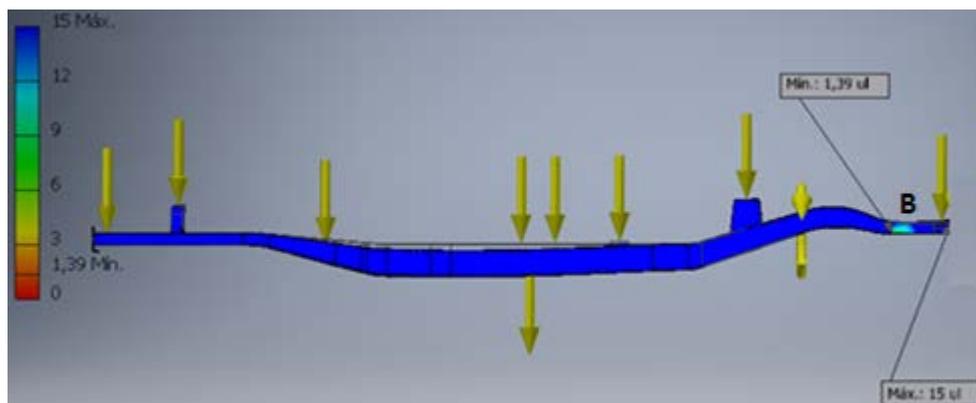
$$n = \frac{460}{149} = 3,08$$

Al tener factor de seguridad bajo es necesario el desarrollo del análisis a fatiga.

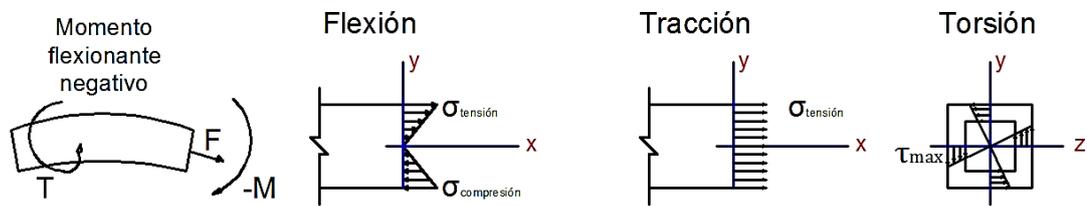
3.6.4 Diseño a Fatiga para la posición (a) y en dirección (y)

El punto crítico de acuerdo a la simulación se tiene en el punto que se muestra en la figura 3.31

Figura 3.61: Punto crítico en el chasis



Al estar en ese punto la viga está sometida a flexión pura, esfuerzo axial de tensión y torsión. Debido a la fuerza que se concentra en el extremo y con un giro debido al momento que se genera por la ubicación del brazo. En la figura 3.32 se muestra con estarían las fibras en el punto crítico.

Figura 3.62: Fibras en el punto crítico ubicación y de la grúa

3.6.4.1 Límite de Resistencia a fatiga

Con la ecuación 2.3 se puede hallar este valor

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * K_f$$

Donde los valores de S_e' , k_a , k_d , k_e y k_f , son los mismos que se determinaron en el numeral 3.6.2.1 y son:

$$S_e' = 390 \text{ Mpa}$$

$$k_a = 0,77$$

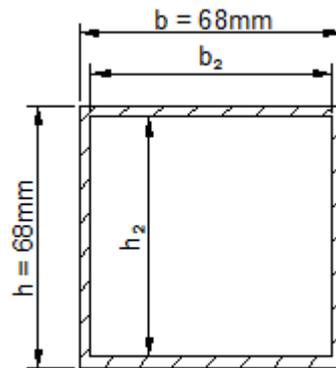
$$k_d = 1$$

$$k_e = 0,9485$$

$$k_f = 1$$

Factor de modificación del tamaño (k_b).

Sin embargo, al tener una sección diferente del chasis k_b varia, la sección para el punto crítico se muestra en la figura 3.33

Figura 3.63: Sección del punto Crítico B

Para determinar el factor kb , en la ecuación 2.6 se reemplaza el valor d_e que es:

$$d_e = 0,808(h * b)^{1/2} = 0,808 * 68 = 59,94 \text{ mm}$$

Se puede hallar el valor (d) con la ecuación 2.5, y reemplazando el valor (d_e)

$$d = \frac{59,94}{0,370} = 162 \text{ mm}$$

De acuerdo, con el valor ($d=162\text{mm}$) se puede acceder a la opción 4 de las siguientes restricciones

$$kb = \begin{cases} \left(\frac{d}{0,3}\right)^{-0,107} = 0,879d & 0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0,91d^{-0,157} & 2 \leq d \leq 10 \text{ pulg} \\ \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,107} = 1,24d^{-0,107} & 2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1,51d^{-0,157} & 51 \leq d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

El valor de kb para esta sección es:

$$kb = 1,51 * (162^{-0,157}) = 0,68$$

Factor de modificación de carga (k_c).

Para determinar el k_c , según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett) en ensayos con carga de flexión rotatoria, axial y de torsión se especifica como:

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0,85 & \text{axial} \\ 0,59 & \text{torsión} \end{cases}$$

En el punto crítico que se está analizando se tiene flexión, esfuerzo axial de tensión y torsión. Tal como se muestra en la figura 3.32. Entonces para determinar k_c cuando la torsión esta combinadas con otras cargas según (Shigley, Budynas, & Keith Nisbett, pág. 284) $k_c = 1$.

Entonces de la ecuación 2.2 se determina el límite de resistencia a fatiga.

$$S_e = 390 * 0,77 * 0,68 * 1 * 1 * 0,9485 * 1 = 193,68 \text{ Mpa}$$

3.6.4.2 Factor de seguridad a fatiga.

El esfuerzo máximo ($\sigma_{max} = 149 \text{ Mpa}$) es el valor obtenido de la simulación y que es equivalente al Valor de la tensión de Von Mises en el punto (B) de la figura 3.31. El valor de $\sigma_m = 0$, Realizando los reemplazos en la ecuación 2.11 se tiene el siguiente valor para el factor de seguridad para la condición de fatiga.

$$n = \frac{S_e}{\sigma_a} = \frac{193,68}{149} = 1,3$$

El factor de seguridad es superior a la unidad y muy cercano al valor obtenido en la simulación con carga estática, eso quiere decir que la estructura no podría fallar cuando existan cargas fluctuantes, sin embargo, no hay que descarta la posibilidad de una falla es esta zona de la camioneta, por lo que se vuelve indispensable encontrar la vida útil aproxima del chasis

3.6.4.3 Vida útil

De acuerdo al valor encontrado del factor de seguridad se puede determinar que la estructura tiene vida finita, así como también se calculó el número de ciclos en los que se podría trabajar antes de que se produzca la fractura en ese punto. A continuación, se muestran los valores de las constantes (a y b).

$$a = \frac{(0,83 * 780)^2}{193,68} = 2164,02$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0,83 * 780}{193,68} \right) = -0,1746$$

Al reemplazar los valores en la ecuación 2.12 se tiene:

$$N = \left(\frac{149}{2164,02} \right)^{1/-0,1746} = 4,52 \times 10^6 \text{ Ciclos}$$

A pesar de tener un factor bajo de 1,3; el número de ciclos está dentro del rango de los ciclos altos como se muestra en la figura 3.27. del mismo modo también se encuentra cerca al límite de la vida finita por lo que se hace las siguientes consideraciones para calcular el tiempo de vida útil de la estructura. Se asume que la grúa esta con carga máxima unas 20 veces por día y en la posición más crítica. Al año se tendría.

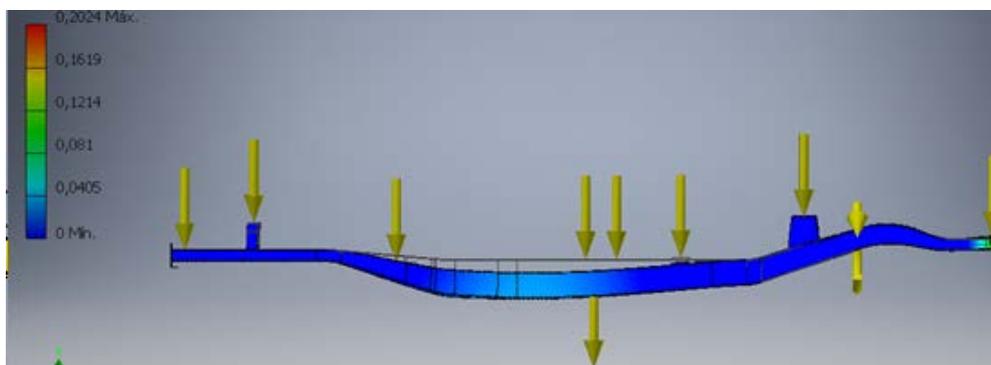
$$\frac{20 \text{ ciclos}}{1 \text{ día}} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 7300 \left(\frac{\text{ciclos}}{\text{año}} \right)$$

Y finalmente se estima que el chasis tendría una vida útil.

$$\frac{4,52 * 10^6 \text{ ciclos}}{7300 \frac{\text{ciclos}}{\text{año}}} = 619,18 \text{ años}$$

Siempre y cuando todos los días trabaje a carga máxima. Por último se presenta la deformación que tendría el chasis en la zona crítica. Ver figura 3.34

Figura 3.64: Desplazamientos en los largueros (grúa en posición y)



El desplazamiento máximo en los largueros es 0,204 mm en la parte posterior de la camioneta.

Conclusión:

Una vez escogida la maquinaria y el vehículo que la llevará, se procede a colocar las cargas que el equipo genera en cada uno de los puntos de soporte del chasis; se analizó la deformación que generan las fuerzas y los momentos sobre la estructura.

Luego modelamos el chasis con la herramienta de software Autodesk Inventor donde se considera las dimensiones de los componentes, la geometría y el material del cual está constituido.

Se realiza un análisis estático y dinámico, donde arroja un valor para el factor de seguridad de 1,3 en análisis dinámico y un tiempo de vida útil de 619,18 años.

Siendo el factor de seguridad mayor a 1, teóricamente no habría falla, pero cabe considerar factores externos que puede hacer que se genere la falla, como por ejemplo exceso de carga en la misma.

CAPÍTULO IV

SISTEMA HIDRÁULICO, MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este último capítulo se explica el sistema hidráulico de la grúa, sus elementos y mantenimiento tanto preventivo como correctivo, se llegan a determinar los resultados de la investigación realizada.

4.1 Sistema hidráulico de la grúa.

El sistema hidráulico de las grúas permite facilitar la generación de fuerza y movimientos de los distintos elementos mecánicos mediante un fluido, para esto se utiliza aceite y es sometido a presión dentro del sistema, que se conforma por bomba, depósito de aceite, filtro, válvulas, cilindros (actuadores) que están interconectados a través de mangueras y tubos. Para las grúas existen dos tipos de circuitos para el sistema hidráulico que son:

Circuito sencillo: En este sistema se tiene una bomba que proporciona aceite hidráulico al sistema completo. Mediante distribuidores que son conectados paralelamente se puede controlar el movimiento de los distintos cilindros que se accionan de forma simultánea. (LIV-HIDRAVLIKA, s.f., págs. 2-3)

Circuito Doble: En este sistema se cuenta con una bomba de doble caudal, uno de los caudales alimenta una línea la cual acciona la rotación y el brazo secundario, Mientras que el otro caudal está conectado a una línea secundaria que acciona el brazo telescópico y el de elevación de la grúa. Con este sistema el trabajo con las grúas es sencillo y con mayor rapidez ya que se puede accionar los distintos actuadores simultáneamente, así como también de forma individual. (LIV-HIDRAVLIKA, s.f., págs. 2-3)

4.1.1 Elementos de un sistema hidráulico general para grúas.

En la figura 4.1 se muestra los elementos que constituyen el sistema hidráulico de una

grúa en un sistema abierto. Y a continuación se define todos los elementos

Acumulador o depósito: Elemento encargado de contener el líquido hidráulico que será suministrado hacia los actuadores.

Bomba: Es el dispositivo más importante dentro del sistema, porque transforma la energía mecánica de un motor eléctrico en energía hidráulica, su función principal es succionar el líquido lubricante del depósito y enviarle al sistema para generar los movimientos de los elementos mecánicos de la grúa.

Filtro: Es el encargado de limpiar las impurezas del lubricante, para evitar daños en los elementos del sistema.

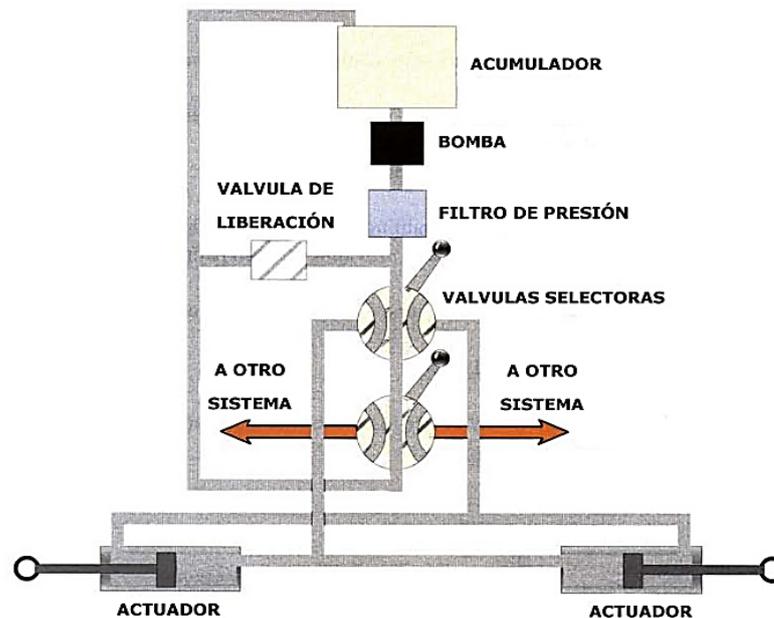
Válvulas selectoras: Estos dispositivos permiten generar la dirección del fluido que es enviado por la bomba, dependiendo el sistema pueden actuar en una o más líneas de alimentación.

Válvula liberación: Su principal función es permitir el alivio de presión en el sistema, cuando existe un exceso de lubricante dentro de las primeras líneas del sistema, está se acciona y reenvía el líquido hacia el depósito.

Actuadores: En el sistema hidráulico de una grúa los actuadores son los cilindros que generan el movimiento a los distintos brazos mecánicos. Estos dispositivos transforman la energía hidráulica en mecánica.

Válvulas de purga: Permite sacar el aire del sistema hidráulico.

Figura 4.65: Sistema Hidráulico



Fuente:(masquemaquina.com, 2013)

Líquido o aceite Hidráulico: Permite transmitir la fuerza de la bomba a los actuadores, debe tener características como antioxidante, lubricante, anti congelante, etc.

De acuerdo con la norma ISO los aceites hidráulicos que se pueden utilizar son los HV o bajo la norma DIN los HVLP. Líquidos que tiene alta viscosidad en la tabla 14 se muestran los aceites hidráulicos existentes.

Tabla 4.15: tipos de aceite lubricantes

Fabricante	Tipo
AGIP	Arnica 46
ARAL	Vitam HF 46
BP	Bartran HV 46
CASTROL	AWH 46
DEA	Actis Z HLPD 46
ESSO	Univis N 46
MOBIL	DTE 15M
ÖMV	HLP-M 46 (Hidrolub SVG 46)
SHELL	Tellus T 46
PETROL	Hydrolubric VGS 46
INA	Hidraol HDS 46

Fuente:(LIV-HIDRAVLKA, s.f., págs. 3-1)

Y según (LIV-HIDRAVLIKA, s.f., págs. 3-1) los aceites recomendados para distintas etapas del año son:

- Aceite de viscosidad clase ISO VG 46. Para todo el año.
- Utilizar aceite de clase ISO VG 32. Para temperaturas bajas en inviernos.
- De clase ISO VG 22. En épocas donde la temperatura es extremadamente baja.

También existen aceites biodegradables sintéticos como es el Panolin HLP Synth 46. Este aceite permite ser mezclado con aceite minerales. (LIV-HIDRAVLIKA, s.f., págs. 3-1)

4.1.2 Mantenimiento en el sistema hidráulico general para grúas.

Las grúas son mecanismos que poseen alto rendimiento, pero dependen del mantenimiento correcto y regular que se le dé con la finalidad alargar su vida útil, así como también permitirá que la grúa trabaje eficazmente y segura.

Mantenimiento preventivo

En el caso de las grúas se debe realizar diariamente, en donde se realice una inspección visual donde se corrobore posibles daños o cambios externos. Dentro de este mantenimiento de debe llevar acabo:

- Ajustar conexiones de mangueras y tuberías con el fin de evitar fugas, ya que la existencia de pequeñas fugas provocaría accidentes y contaminación al medio ambiente.
- En el caso de existir fugas ajustar sujetadores.
- Revisar que el nivel de aceite hidráulico en el depósito este exacto. Así como también, en la base de la grúa, de existir deficiencia completarlo. Esta revisión debe ser realizada con la bomba apagada y la grúa completamente replegada.
- Verificar que la tubería metálica no se encuentre aplanada. Ya que de ocurrir esto provocaría el incremento en la temperatura del aceite y por ende su envejecimiento, lo que puede ocasionar daños en distribuidores y válvulas.

Otro proceso de mantenimiento preventivo que se debe llevar acabo cada determinado mes son:

- Evitar la acumulación de suciedad en los cilindros, especialmente en la zona donde está el vástago.
- Cuando la grúa no se va a operar en un periodo de tiempo grande replegarla completamente y con los cilindros cerrados. De no existir la posibilidad de meter completamente el vástago se recomienda engrasar la zona que se debe ser realizado con cautela de tal forma que se evite daños en el vástago.
- Se debe engrasar regularmente la grúa especialmente en la zona de los vástagos.
- Revisar las válvulas hidráulicas de forma periódica

Mantenimiento Correctivo

Generalmente este tipo de mantenimiento se realiza cada vez que la grúa presente daños graves que no permita operarla con seguridad. A continuación, se muestra en la tabla 4.2 los posibles daños y reparación que se pueden realizar en el mantenimiento correctivo.

Tabla 4.16: Fallas y reparaciones para el mantenimiento correctivo

REPARACIONES INMEDIATAS EN DAÑOS GRAVES.	
Falla	Reparación
LA GRUA NO LEVANTA LA CARGA INDICADA EN LAS ESPECIFICACIONES	
Cantidad de aceite insuficiente en el sistema.	Añadir aceite hasta la mitad del indicador hidráulico.
Presión en la bomba demasiado baja	Revisar con un manómetro.
Suciedad en las válvulas de distensión	Revisar las presiones, limpiar o reemplazar las piezas defectuosas
Fugas en el interior o el exterior de los cilindros	Cambiar las juntas dañadas en los cilindros
EL BRAZO NO PUEDE MANTENER LA CARGA EN POSICION ELEVADA	
Fugas en el interior o el exterior de los cilindros	Cambiar las juntas dañadas en los cilindros y revisar el cilindro de posibles daños o ranuras
Fugas de aceite en las conexiones o ranuras en	Apretar las conexiones, reemplazar los la tubería tubos dañados
Fugas interiores en las válvulas direccionales o flujo de aceite en la válvula de distensión	Revisar la presión, reemplazar la válvula direccional si es necesario.
MOVIEMIENTOS BRUSCOS EN EL MECANISMO	
Aire en el sistema hidráulico	Purgar el sistema hidráulico. Localizar juntas posiblemente defectuosas. Añadir aceite.
Bomba dañada	Reparar o reemplazar la bomba
LA VELOCIDAD SE REDUCE, EL MOTOR GIRA RAPIDAMENTE	
Filtro de succión tapado	Limpiar el filtro.
Bomba dañada	Reparar o reemplazar la bomba
Agua condensada en las líneas hidráulicas, congelada que obstruye el flujo de aceite	Localizar la obstrucción y recalentar cuidadosamente la línea hidráulica.
MOVIMIENTOS LENTOS	
Cantidad de aceite insuficiente en el sistema hidráulico	Revisar el nivel de aceite y añadir aceite si es necesario.
Capacidad de la bomba, insuficiente	Revisar el flujo de aceite.
Congestionamiento local – cuerpo extraño en el sistema hidráulico.	Revisar la presión y eliminar el cuerpo extraño.

Fuente:(LIV-HIDRAVLKA, s.f.)

4.2 Análisis de resultados

En la Tabla 4.3 se indican los datos obtenidos en los análisis, cálculos y simulación.

Tabla 4.17: Análisis de resultados

Análisis de resultados de los esfuerzos en el bastidor			
Grúa	Socage A314		
	Sistema hidráulico de circuito abierto doble		
Peso del mecanismo de elevación	600 kg		
Vehículo	Chevrolet LUV Dmax 3.0		
Capacidad de carga	1125 kg		
Material del bastidor	Acero estructural		
Módulo de elasticidad	250 MPa		
Reacciones en los puntos A y B de la camioneta			
	Analíticamente	Software MD Solid	
Punto A	2217,61 N	2216,84 N	
Punto B	3385,88 N	3388,67 N	
Momentos máximos generados en el punto B de cada travesaño del bastidor			
Dirección x	9769,38 Nm		
Dirección y	9769,38 Nm		
Tensión de Von Mises en los largueros			
Grúa en posición inicial	24,29 MPa		
Grúa en dirección x	65,56 MPa		
Grúa en dirección y	149 Mpa		
Factor de seguridad en los largueros			
	Simulación	D. estático	D. Fatiga
Grúa en posición inicial	8,52	18,93	NA
Grúa en dirección x	3,43	7,01	2,85
Grúa en dirección y	1,39	3,08	1,3
Desplazamientos máximos en los largueros			
Grúa en posición inicial	0,07225 mm		
Grúa en dirección x	0,07207 mm		
Grúa en dirección y	0,2024 mm		

De acuerdo con el cuadro de resumen mostrado anteriormente se puede ver que la grúa seleccionada para este proyecto es la Score A314, por las grandes ventajas que presenta tanto el brazo articulado como el telescópico, los alcances de 13,5 m ayudan a superar obstáculos en altura, además presenta una capacidad en la canasta de 225kg (2 personas máximo) y tiene un peso de 600 kg lo que le hace versátil para ser instalada en un vehículo. El sistema de lubricación ideal para este tipo de grúas es el de circuito doble y abierto que utiliza una bomba de doble caudal que permite una distribución de

aceite de forma simultánea, sin que sean la una línea sea dependiente de la otra. De acuerdo con la Norma DIN es mejor utilizar aceites sintéticos biodegradables que tiene 5 años de vida útil y que pueden ser mezclados con aceite mineral este tipo de lubricante es (Panolin HLP Synth 46) además presenta ventajas ambientales como viscosas.

El vehículo seleccionado es la Chevrolet LUV Dmax 3.0, este tipo de vehículo tiene la ventaja de tener un chasis reforzado y una capacidad de carga de 1125 Kg, puede albergar tranquilamente la grúa y los ocupantes. Al hacer el análisis en el chasis se obtuvieron tres tensiones de Von Mises (24,29; 65,56 y 149 Mpa) cantidades que fueron obtenidos de la simulación, el primer valor pertenece a la ubicación de la grúa está en el centro de la camioneta y a carga máxima, mientras que el segundo y el tercer valor pertenecen a la ubicación más crítica de la grúa, donde el momento es máximo que se genera tanto en la dirección (x) como (y).

Con los valores máximos de Von Mises mencionados anteriormente se calcularon los factores de seguridad tanto para el diseño estático como para fatiga o dinámico.

La diferencia que existe entre los factores de seguridad de la simulación y del diseño estático, es porque para el diseño estático se utiliza el esfuerzo de fluencia (S_y) de acero TRIP 780 que es de 460 Mpa, es por esta razón que el factor de seguridad de la simulación es menor.

Los factores de seguridad que se obtiene en de la simulación y del diseño estático todos superan la unidad lo cual permite establecer que no podría existir falla.

En la posición inicial no fue necesario desarrollar un diseño a fatiga ya que los factores de seguridad son extremadamente grandes de 8,52 y 10,28 respectivamente. Valores que indican que en esa posición la estructura no fallaría. Mientras, que en las posiciones críticas de las direcciones en (x) y (y), se tiene valores bajos, del factor de seguridad tanto para la simulación y el diseño estático. Así es que mediante el diseño dinámico se obtuvieron valores de 2,85 para (x) y 1,3 para (y), datos que muestran que no podría existir falla en la estructura del vehículo.

Con un factor de seguridad tan bajo con es el caso de 1,3 para el diseño dinámico en la posición de mayor cantidad de esfuerzos fluctuantes se calculó el tiempo

aproximado en el que se podría generar la falla en el punto crítico en la dirección (y) se realizó el cálculo de la vida útil, en donde se sobredimensiona y se asume que se tendría 20 veces en posición crítica durante todo un día y a carga máxima. Se encontró que el tiempo en el que se podría generar la falla es de 619,18 años. Pero con la finalidad de asegurar e incrementar el factor de seguridad en esa sección se debería reforzar la zona crítica determinada en este proyecto y que está en la zona posterior del chasis ver figura 3.31 donde también se tiene una deformación de 0,2024 mm según la simulación.

Conclusión:

Punto importante de este tipo de maquinarias es el estudio hidráulico, el cual deberá tener un mantenimiento preventivo para asegurar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos que componen una maquinaria de estas características, ya que al estar trabajando con personas, deben ser lo más exhaustivas posible.

CONCLUSIONES

Se realizó una selección minuciosa comparando las características de los equipos tanto de las grúas como de las camionetas y las mejores opciones fueron la grúa Socage A314 y la camioneta Chevrolet LUV Dmax 3.0.

La grúa Socage A314 implementada en la camioneta Chevrolet LUV Dmax 3.0 es adecuada para los requerimientos de trabajo de la Empresa Eléctrica Regional Centro sur, debido a que cumple con los parámetros requeridos como peso bruto vehicular de 2,95 toneladas y la facilidad para transitar en sectores urbanos y rurales al tener una tracción 4x4.

El factor de seguridad más bajo que se obtuvo en la simulación es de 1,39 y de acuerdo con (Gere, 2006, pág. 39), si el factor de seguridad supera la unidad no existe falla. lo que indica que soportarán sin inconvenientes las cargas aplicadas al trabajar con la grúa. Sin embargo, estos valores fueron obtenidos en condiciones estáticas y con carga máxima por lo que hay que considerar factores externos como sobrecargas accidentales, propiedades del material y deterioro debido a corrosión o efectos ambientales razón por la cual se desarrolló un análisis a fatiga.

El factor de seguridad más bajo que se obtuvo en el diseño dinámico es de 1,3 y según (Gere, 2006, pág. 39) no existiría falla. Para poder determinar vida útil de la estructura en este punto que es el más crítico se aproxima el tiempo en el que se generaría la falla, donde se asume que las condiciones más críticas de funcionamiento, para la grúa sería cuando está opere 20 veces al día y con carga máxima, con esta consideración el periodo en el que se produciría la falla de acuerdo al factor de seguridad de 1,3 sería de 619,18 años. En conclusión, el chasis de la camioneta Chevrolet LUV D-max 3.0, no fallaría, pero no se debe descartar la falla ya que el factor de seguridad es muy bajo.

RECOMENDACIONES

Con el análisis y los cálculos desarrollados en este proyecto se recomienda utilizar la grúa Socage A314 e implementada en la camioneta Chevrolet LUV Dmax 3.0 para la realización de mantenimientos en las redes eléctricas Empresa Eléctrica Regional Centro sur.

Para el sistema hidráulico sería ideal la instalación de un sistema doble y abierto que utilice bombas de doble flujo. de tal forma que, se tenga versatilidad y mayor rapidez de operación. Así como también es recomendable utilizar aceites biodegradables con la finalidad de ayudar a medio ambiente.

Al adquirir el vehículo en donde se va a instalar la grúa y antes de hacer la instalación se debe reforzar la parte posterior del chasis específicamente en el punto más crítico encontrado en este trabajo de titulación, con el fin de evitar daños catastróficos.

Es recomendable brindar un mantenimiento preventivo tal como se especifica en el capítulo 4 el cual puede ser realizado dependiendo las horas de uso que tenga la grúa. De ese modo se aumentaría la vida útil de la grúa.

BIBLIOGRAFÍA

- Gere, J. (2006). *Mecánica de Materiales* (Sexta edición ed.). EEUU: Thomson, 2006.
Recuperado el 17 de 03 de 2017
- ahmsa.com. (s.f.). *NORMAS Y CARACTERÍSTICAS A LAS QUE SE SUJETAN LOS ACEROS*. Obtenido de http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/Capitulo_1.pdf
- ameco.com.mx. (s.f.). *Gruas Palfinger*. Obtenido de <http://www.ameco.com.mx/palfinger.html>
- autocasion.com. (2012). *Tipos de aceros en las carrocerías y su reparabilidad*. Obtenido de <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/tipos-de-aceros-en-las-carrocerias>
- Automontana.com. (s.f.). *Ficha técnica BT-50*. Obtenido de <http://automontana.com/wp-content/uploads/2015/12/FICHA-TEI%CC%80-CNICA-BT50-11-DIC.pdf>
- Azcuenaga Linaza, L. M. (2010). Manejo de cargas. Riesgos y medidas preventivas. 2º edición. En L. M. Azcuenaga Linaza, *Manejo de cargas. Riesgos y medidas preventivas. 2º edición* (págs. 157-161, 169.170). Madrid, España: FUNDACION CONFEMETAL.
- BT50.com. (2016). *FICHA_TECNICA_BT-50_GASOLINA*. Obtenido de http://www.mazda.com.ec/wp-content/uploads/2016/06/FICHA_TECNICA_BT-50_GASOLINA_4X4_JUL2016_WEB.pdf
- catarina.udlap.mx. (s.f.). *Capítulo 5 Sistema Hidraulico*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo5.pdf
- Chevrolet. (2016). *Chevrolet LUV D max*. Obtenido de <http://www.chevrolet.com.ec/dmax-camioneta-de-trabajo.html>

Chevrolet. (2016). *LUV-Dmax*.

Diccionario de la lengua española. (01 de 01 de 2005). *WORD REFERENCE*. Obtenido de <http://www.wordreference.com/definicion/gr%C3%BAa>

DIRECT INDUSTRY. (01 de 01 de 2015). *DIRECT INDUSTRY*. Obtenido de [plumahttp://www.directindustry.es/prod/palfinger/product-17586-677283.html](http://www.directindustry.es/prod/palfinger/product-17586-677283.html)

Ford. (2016). *Ford F150*. Obtenido de Ford F150: <http://www.ford.cl/pickups/allnew-f150>

[ford.com.ec](http://www.ford.com.ec). (s.f.). *F-150*. Obtenido de <http://www.ford.com.ec/servlet/BlobServer/FICHA-TECNICA-F150.pdf?blobtable=DFYBlob&blobcol=urlblob&blobheader=application%2Fpdf&blobwhere=1249171852077&blobnocache=true&blobkey=id>

GMVYKON. (01 de 01 de 2013). *GMVYKON*. Obtenido de <http://www.gmvykon.com/>

GRUASTOOSKA. (01 de 01 de 2014). *GRUASTOOSKA*. Obtenido de http://www.gruastooska.com/blog.php?ID_Categoria=2

Hidro-Grubert. (2016). *BL 13C / CESTA AÉREA ARTICULADA HIDRO-GRUBERT*. Obtenido de BL 13C | CESTA AÉREA ARTICULADA HIDRO-GRUBERT: <http://www.hidrogrubert.com/productos/cesta-aerea-articulada-liviana-hidrogrubert-bl13c.php>

IKONET. (01 de 01 de 2015). *IKONET*. Obtenido de <http://www.ikonet.com/es/diccionariovisual/transporte-y-vehiculos/manipulacion/gruas/grua-torre.php>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (s.f.). CODIGO DE PRACTICA. SEGURIDAD EN EL USOO DE GRUAS. En INEN, *CPE INEN 010* (pág. 11). QUITO: INEN.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ecuador. (2010). *Grúas hidráulicas articuladas sobre camión*. Obtenido de Grúas hidráulicas articuladas sobre camió: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/856a890/868w.pdf>

- Izusu. (2016). *Izusu Dmax*. Obtenido de Izusu Dmax:
http://54.169.180.5/isuzu.net.my/public_html/dmax-singlecab4x2.php
- lavca.com.ec. (s.f.). *Nueva Chevrolet Luv D-MAX*. Obtenido de
<http://www.lavca.com.ec/images/camionetas/d-max-v6/Luv%20D-Max%203.5%20V6.pdf>
- LIV-HIDRAVLIKA. (s.f.). *transgruas.com*. Obtenido de
<http://www.transgruas.com/es/files/doc873/11175p-esp.pdf>
- MANITOWOC. (01 de 01 de 2015). *MANITOWOCCRANES*. Obtenido de
<http://www.manitowoccranes.com/es-ES/cranes/grove/grove-products/truck-mounted>
- masquemaquina.com. (23 de Abril de 2013). *SISTEMA HIDRÁULICO ¿CENTRO ABIERTO O CENTRO CERRADO?* Obtenido de
<http://www.masquemaquina.com/2013/04/sistema-hidraulico-centro-abierto-o.html>
- MATILSA. (01 de 05 de 2016). *MATILSA*. Obtenido de MATILSA:
<http://www.matilsa.es/index.htm>
- matweb.com. (s.f.). *MatWeb material property data*. Obtenido de ArcelorMittal TRIP 780 Very high strength steel, Cold Rolled Steel:
<http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=6c5ba5bdab99433283e1c186008403ec>
- Mazda. (2016). *Mazda BT-50*. Obtenido de Mazda BT-50:
<http://www.mazda.com.ec/vehiculo/mazda-bt50/#vehicle-hero-section>
- Miravete , A., & Larrodé, E. (2007). *Elevadores: principios e innovaciones*. Zaragoza: Reverté.
- PALFINGER. (01 de 05 de 2016). *BAGANT*. Obtenido de BAGANT:
http://www.bagant.com/303_gruas-palfinger-sobre-camion/
- Shigley, J. E., Budynas, R. G., & Keith Nisbett, J. (s.f.). *Diseño en ingeniería mecánica de shigley* (Octava ed.). Mc Graw Hill.

Socage. (2016). *Plataforma elevadora A314 forSte sobre Isuzu*. Obtenido de Plataforma elevadora A314 forSte sobre Isuzu: <http://www.socage.es/Productos/plataforma-elevadoras-4x4-isuzu.html>

Tehiba. (2016). *GRÚA TAT-13*. Obtenido de GRÚA TAT-13: <http://www.tehiba.com/>

tiposde.org. (01 de 01 de 2012). *Tiposde.org*. Obtenido de <http://www.tiposde.org/construccion/616-tipos-de-gruas/>