



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: CARLOS ALBERTO LUNA CHÁVEZ

**TEMA: REDISEÑO DE LA MÁQUINA DE BOBINADO Y
REBOBINADO DE CABLES DE REGISTROS
ELECTRICOS PARA LA EMPRESA HALLIBURTON
LATIN AMERICA S.A. LLC. UBICADA EN LA BASE
COCA.**

DIRECTOR: ING. CARLOS NARANJO

CODIRECTOR: ING. FERNANDO OLMEDO

SANGOLQUÍ, 17 DE SEPTIEMBRE 2014

CERTIFICACIÓN DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Certificamos que el proyecto de grado titulado "REDISEÑO DE LA MÁQUINA DE BOBINADO Y REBOBINADO DE CABLES DE REGISTROS ELECTRICOS PARA LA EMPRESA HALLIBURTON LATIN AMERICA S.A. LLC. UBICADA EN LA BASE COCA" fue realizado en su totalidad por el señor Carlos Alberto Luna Chávez, como requerimiento parcial para la obtención de título de Ingeniero Mecánico

.....

Ing. Carlos Naranjo

DIRECTOR

.....

Ing. Fernando Olmedo

CODIRECTOR

Sangolqui, Septiembre del 2014

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Carlos Alberto Luna Chávez, declaro bajo juramento que el contenido del presente proyecto de grado, es de mi autoría; no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional.

.....

Carlos Alberto Luna Chávez

CI: 171805099-8

Sangolqui, Septiembre del 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

YO, CARLOS ALBERTO LUNA CHAVEZ

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación en, la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado, "REDISEÑO DE LA MÁQUINA DE BOBINADO Y REBOBINADO DE CABLES DE REGISTROS ELECTRICOS PARA LA EMPRESA HALLIBURTON LATIN AMERICA S.A. LLC. UBICADA EN LA BASE COCA"

.....

Carlos Alberto Luna Chávez

CI: 171805099-8

Sangolqui, Septiembre del 2014

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios y a la Virgen Dolorosa, ya que con su bendición y su cuidado he caminado durante mi vida universitaria y en especial han sido mi confort en los momentos más difíciles.

A mis padres, Sonia y Virgilio, por el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida, por sus sabios consejos y recomendaciones.

A mi hermana, Andrea, que siempre me ha apoyado en las decisiones que he tomado.

A mi hermano, Alejandro, por ser un ejemplo de tenacidad y fuerza.

A mi Abuela Marujita, porque siempre estuvo a mi lado, me dio todo su apoyo y sus bendiciones a lo largo de mi carrera.

A mi Abuela Martha, por los valores inculcados en la niñez y juventud y por sus directrices en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia ya que siempre han estado pendientes de mi desarrollo personal y profesional, en especial a mi tío Roberto y mi tía Luza que me brindaron su cariño y sus fuerzas en la etapa mas difícil de estos años.

A mis Directores de Tesis, Ing. Carlos Naranjo e Ing. Fernando Olmedo por brindarme su tiempo, consejos y conocimientos a lo largo de mi carrera y en especial mi proyecto de grado.

A la empresa Halliburton por darme la apertura para realizar este proyecto de grado, a todo el personal que se involucro directa o indirectamente en el mismo, en especial al Ing. Vate Lopez, Ing. Renato Valarezo e Ing. Gabriel Amborzy por su apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE ELAVORACIÓN DEL PROYECTO	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUEMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS.....	7
1.3.1. GENERAL.....	7
1.3.2. ESPECIFICIOS.....	7
1.4. ALCANCE	7
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	7
CAPITULO 2.....	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. MÁQUINAS DE ENROLLADO DE CABLES.....	9
2.2. TIPOS DE CARRETES.....	13
2.2.1. Carrete metálico:	13
2.2.2. Carrete de madera:.....	14
2.2.3. Dimensiones de carretes.	15
2.3. MANIPULACION DE CARRETE.....	16
2.4. ESPECIFICACIONES DE CABLES A UTILIZAR.....	20
2.5. EQUIPAMIENTO PARA MÁQUINARIA DE ENROLLADO	21
2.5.1. FLUIDO DE TRABAJO	22
2.5.2. BOMBA HIDRAULICA	22
2.5.3. VALVULAS DE CONTROL.....	24
2.5.4. CILINDROS HIDRAULICOS.....	24
CAPITULO 3.....	26
3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EQUIPO ACTUAL.....	26
3.1. TOMA DE DATOS.	26
3.1.1. ESTRUCTURA IZQUIERDA.....	27
3.1.2. ESTRUCTURA DERECHA.....	30
3.2. ANÁLISIS DE ELEMENTOS.....	32
3.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	34
3.3.1. ESTRUCTURA IZQUIERDA.....	34
3.3.1.1. Cargas:.....	35
3.3.1.2. Sujeciones:.....	35

3.3.1.3. Resultados:.....	35
3.3.2. ESTRUCTURA DERECHA.....	37
3.3.2.1. Cargas.....	37
3.3.2.2. Sujeciones:.....	37
3.3.2.3. Resultados:.....	38
3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	39
CAPITULO 4.....	41
4. DISEÑO	41
4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO	41
4.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	41
4.2.1. ALTERNATIVAS DE SKID.....	42
4.2.1.1. Primera alternativa.	42
4.2.1.2. Segunda alternativa.....	43
4.2.1.3. Tercera alternativa.....	44
4.2.1.4. Cuarta alternativa.	45
4.2.1.5. Quinta alternativa.	46
4.2.2. ALTERNATIVAS PARA SOPORTE DE CARRETE.....	49
4.2.2.1. Primera alternativa.	49
4.2.2.2. Segunda alternativa.....	50
4.2.2.3. Tercera alternativa.....	50
4.3. DISEÑO MECÁNICO.....	52
4.4. SIMULACIÓN DE MÁQUINA	54
4.4.1. SIMULACIÓN DE SKID	54
4.4.1.1. Cargas.....	54
4.4.1.2. Sujeciones.....	55
4.4.1.3. Resultados.....	55
4.4.2. SIMULACIÓN DE ESTRUCTURA DERECHA.....	56
4.4.2.1. Cargas.....	56
4.4.2.2. Sujeciones.....	56
4.4.2.3. Resultados.....	57
4.4.3. SIMULACIÓN DE ESTRUCTURA IZQUIERDA.....	58
4.4.3.1. Cargas.....	59
4.4.3.2. Sujeciones.....	59
4.4.3.3. Resultados.....	60
4.4.4. SIMULACIÓN BANDEJA DE ELEVACIÓN.....	61
4.4.4.1. Cargas.....	61

4.4.4.2. Sujeciones.....	61
4.4.4.3. Resultados.....	62
CAPITULO 5.....	64
5. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	64
5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	64
5.2. ANÁLISIS DE IMPACTO SOCIAL, TÉCNICO Y ECONÓMICO.....	65
5.2.1. Análisis de impacto social.....	65
5.2.2. Análisis de impacto técnico.....	66
5.2.3. Análisis de impacto económico.....	67
CAPITULO 6.....	68
6. CONSTRUCCIÓN, ENSAMBLAJE Y PRUEBAS.....	68
6.1. LISTADO DE MATERIALES.....	68
6.2. CONSTRUCCION Y ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA.....	69
6.2.1. Construcción.....	69
6.2.1.1. Descripción del proceso de construcción.....	69
6.2.2. Ensamblaje de Máquina.....	69
6.2.3. Ensamble de sistema hidráulico.....	70
6.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	74
6.3.1. Pruebas en vacío.....	74
6.3.2. Pruebas con cargas.....	75
6.4. ELABORACION DE LOS MANUALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.....	78
CAPITULO 7.....	79
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
7.1. CONCLUSIONES.....	79
7.2. RECOMENDACIONES.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Líneas de servicio empresa Halliburton.....	1
Tabla 2 Descripción componentes Figura 2.1	9
Tabla 3 Descripción e ilustración de tipos de bobinado	10
Tabla 4 Parámetros de funcionamiento	26
Tabla 5 Dimensiones de perfiles estructurales de máquina	27
Tabla 6 Dimensiones de estructura izquierda 1.....	28
Tabla 7 Dimensiones de estructura izquierda 2.....	28
Tabla 8 Dimensiones de pacas.....	28
Tabla 9 Espesores de placas.....	29
Tabla 10 Dimensiones de eje principal lado izquierdo	29
Tabla 11 Dimensiones de eje tubo principal lado izquierdo	29
Tabla 12 Dimensiones de estructura derecha 1	30
Tabla 13 Dimensiones de estructura derecha 2	31
Tabla 14 Dimensiones de placas estructura derecha.....	31
Tabla 15 Dimensiones de placas estructura derecha.....	32
Tabla 16 Dimensiones de eje principal estructura derecha.....	32
Tabla 17 Dimensiones de eje principal estructura derecha.....	32
Tabla 18 Resultados de análisis ejes de sujeción	33
Tabla 19 Resultados de análisis ejes motrices.....	33
Tabla 20 Resultados de análisis soldadura soporte eje motriz derecho	33
Tabla 21 Resultados de análisis soldadura soporte eje motriz izquierdo.....	34
Tabla 22 Resultados de análisis ejes pasadores	53
Tabla 23 Resultados de análisis perno sujeción.....	53
Tabla 24 Resultados de análisis eje soporte carrete metálico	53
Tabla 25 Resultados de análisis placa soporte eje soporte carrete metálico.....	53
Tabla 26 Costos de materiales estructurales.....	64
Tabla 27 Costos de ejes y complementos	64
Tabla 28 Costo total de materiales	64
Tabla 29 Costo de accesorios sistema hidráulico	65
Tabla 30 Lista de materiales para construcción	68
Tabla 31 Descripción de elementos de panel de control.....	73
Tabla 32 Tensiones de prueba	77

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1	2
Figura 2 Acople de carrete con estructura derecha.....	3
Figura 3 Ensamble de estructura derecha	4
Figura 4 Carrete soportado por gato hidráulico de camión.....	5
Figura 5 Matriz y parámetros de Análisis de Riesgos.....	6
Figura 6 Esquema básica de Máquina de bobinado.....	9
Figura 7 Skid de bobinadora manual	11
Figura 8 Estación de bobinado de cable.....	12
Figura 9 Máquinas estacionarias de enrollado de cable.....	12
Figura 10 Máquinas de enrollado automático de cable	13
Figura 11 Carrete Metálico.....	14
Figura 12 Carrete de madera nuevo	14
Figura 13 Dimensiones de carrete de madera.....	15
Figura 14 Dimensiones de carrete metálicos.....	16
Figura 15 Descripción de transporte de carretes	17
Figura 16 Descripción de izaje de carretes.....	18
Figura 17 Descripción de almacenamiento de carretes.....	19
Figura 18 Descripción de desplazamiento de carretes.....	20
Figura 19 Esquema de sistema hidráulico	22
Figura 20 Bomba hidráulica del sistema	23
Figura 21 Tipos de válvulas	24
Figura 22 Esquema de cilindro hidráulico	25
Figura 23 Estructura izquierda	27
Figura 24 Estructura derecha.....	30
Figura 25 Dibujo 3D de estructura izquierda.....	34
Figura 26 Esquema de cargas en estructura	35
Figura 27 Esquema de sujeción de estructura izquierda.....	35
Figura 28 Resultado de esfuerzo de von mises de estructura izquierda.....	36
Figura 29 Resultado de desplazamientos resultantes de estructura izquierda	36
Figura 30 Dibujo 3D de estructura derecha	37
Figura 31 Esquema de cargas en estructura	37
Figura 32 Esquema de sujeciones en estructura derecha.....	38
Figura 33 Resultado de esfuerzos de von mises de estructura derecha.....	38
Figura 34 Resultado de desplazamientos resultantes de estructura derecha.....	39
Figura 35 Zonas afectadas por deformación	40

Figura 36 Primera alternativa	42
Figura 37 Segunda alternativa	43
Figura 38 Tercera alternativa	44
Figura 39 Cuarta alternativa.....	45
Figura 40 Quinta alternativa	47
Figura 41 Sistema de sujeción lateral	47
Figura 42 Sistema de sujeción central	48
Figura 43 Sistema de sujeción y desplazamiento.....	49
Figura 44 Primera alternativa bandeja de elevación.....	49
Figura 45 Segunda alternativa bandeja de elevación	50
Figura 46 Tercera alternativa bandeja de elevación	51
Figura 47 Configuración completa bandeja elevación	52
Figura 48 Configuración inferior y sistema de sujeción bandeja elevación	52
Figura 49 Skid de máquina	54
Figura 50 Distribución de cargas en Skid	54
Figura 51 Resultado de esfuerzos de Von Mises en Skid	55
Figura 52 Resultado de deformaciones unitarias en Skid	55
Figura 53 Esquema estructura derecha modificada	56
Figura 54 Esquema de cargas para estructura derecha.....	56
Figura 55 Esquema de sujeciones para estructura derecha	57
Figura 56 Resultado esfuerzo de Von Mises estructura derecha	57
Figura 57 Resultado de deformación unitaria estructura derecha	58
Figura 58 Esquema estructura izquierda modificada.....	58
Figura 59 Esquema de cargas para estructura izquierda	59
Figura 60 Esquema de sujeciones para estructura izquierda.....	59
Figura 61 Resultado esfuerzo de Von Mises estructura izquierda	60
Figura 62 Resultado deformaciones unitarias de estructura izquierda.....	60
Figura 63 Esquema bandeja de elevación.....	61
Figura 64 Esquema carga bandeja de elevación.....	61
Figura 65 Esquema carga bandeja de elevación.....	62
Figura 66 Resultado esfuerzo de Von Mises bandeja de elevación	62
Figura 67 Resultado de deformaciones unitarias bandeja de elevación	63
Figura 68 Ensamble completo de proyecto.....	70
Figura 69 Ensamble de placas de seguridad para habilitar espacio de trabajo	70
Figura 70 Diagrama de sistema hidráulico.....	71
Figura 71 Acoplamiento de bomba a PowerPack.....	71
Figura 72 Instalación de accesorios.....	72

Figura 73 Instalación válvulas de control de flujo	72
Figura 74 Panel de control	73
Figura 75 Cilindros de desplazamiento de máquina y elevación de bandeja.....	74
Figura 76 Prueba de máquina sin carrete.....	75
Figura 77 Prueba de máquina con carrete vacío	75
Figura 78 Prueba de máquina con carrete lleno.....	76

RESUMEN

La empresa Halliburton en su Base de operaciones ubicada en la provincia de Orellana (Coca) posee una máquina de enrollado de cable la cual, con este proyecto de grado, definió su rediseño para solucionar los problemas de seguridad industrial que presentaba al momento de su manipulación y acople con los carretes de cable de registro de 5 toneladas de peso. El entendimiento de los trabajos que se realizan con la máquina, la obtención de datos estructurales y el análisis de los elementos que la conforman fue el primer paso para iniciar el proyecto. El estudio del problema generó varias soluciones que fueron observadas con altos parámetros de seguridad industrial y funcionalidad, una vez realizado el estudio se procedió al análisis de los nuevos complementos de las estructuras que conforman la máquina. Concluida la etapa de diseño se realizó el estudio económico para determinar los costos de los materiales y accesorios hidráulicos que forman parte del mismo. El proceso de construcción de la maquina empezó con la respectiva aprobación gerencial, este proceso se desarrollo bajo altos parámetros de control y certificaciones, los ensayos no destructivos (END) que se realizaron, sirvieron para aumentar la confiabilidad del mismo. Una vez obtenidos los resultados de la certificaciones de END, se realizó el ensamble de la nueva estructura con el sistema hidráulico diseñado para el desplazamiento y elevación de los sistemas. Los nuevos componentes de la máquina y su sistemas de control hidráulico fue probado para verificar su funcionalidad y la disminución del riesgo de trabajo, obteniendo resultados positivos para este proyecto. El cambio en la distribución de los recursos en el área de cables, la implementación de controles de seguridad de la maquina, tanto estructurales como hidráulicos, y el nuevo proceso para la manipulación del carrete de cable registro fue de alto impacto técnico y social, obteniendo así la aprobación gerencial del proyecto.

Palabras claves: HALLIBURTON, SEGURIDAD INDUSTRIAL, FUNCIONALIDAD, ENSAYOS NO DESTRCUTIVOS, IMPACTO TÉCNICO Y SOCIAL.

ABSTRACT

The objective of the present graduation project is to define the solution to the problem of insecurity while workers were using the spooler unit and engage of a 5 tons reel, in the cable area of Wireline & Perforating in Halliburton's operations field, which is located in the Amazon region in Ecuador, in Francisco de Orellana (COCA) province. The first step for this project was to understand the mechanism and the work done by the machine, obtaining structural data and analysis of the functionality of the components. The study of the problem generated several solutions that were observed with high standards of industrial safety and functionality. Once the study was made, the next step was to proceed with the analysis of the new additions for the structures that were used to improve the machine. After the design stage, an economic study was conducted to determine the costs of materials and hydraulic accessories that were part of it. The process of building the machine began with the respective management approval, this developing process was made under high control parameters and certifications, the non-destructive tests (NDT) that were conducted were used to increase the reliability thereof. After obtaining the results of NDT certifications, the assembly of the new structure with the hydraulic system designed for moving and lifting systems was performed. New components of the machine and hydraulic control systems were tested in order to verify its functionality and reduction of the work risk, obtaining positive results for this important project. The change created in the distribution of resources in the cable area, the implementation of security controls of the machine in both structural and hydraulic, and the new process for handling cable reel which gave a highly technical and social impact record, were important data to obtaining the project approval by general management.

Keywords: HALLIBURTON, INDUSTRIAL SAFETY, FUNCTIONALITY, NON DESTRUCTIVE TESTS, TECHNICAL AND SOCIAL IMPACT.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La empresa Halliburton Latin America S.A. LLC. es una de las compañías de servicios petroleros más grandes a nivel mundial dedicada a brindar productos y servicios a la industria energética, fundada en 1919 y representando a 140 nacionalidades en 80 países diferentes, fue establecida en el Ecuador hace 27 años, dando servicios petroleros en toda la vida útil del pozo. En el país cuenta con 544 empleados distribuidos en la base de operaciones ubicada en la ciudad del Coca y en las oficinas en ciudad de Quito.

Halliburton tiene 13 líneas de servicio de productos (PSLs) que se encuentran divididos en dos grupos de trabajo, que se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 1 Líneas de servicio empresa Halliburton

División de Perforación y Evaluación	
Baroid	Sperry Drilling
Drill Bits and Services	Testing and Subsea
Landmark Software and Services	Wireline and Perforating
División de Terminación y Producción	
Artificial Lift	Herramientas de Terminado
Boots & Coots	Multi-Chem
Cementado	Mejoramiento de la Producción
Soporte de los grupos	
Consultoría y Manejo de Proyectos.	

Fuente: Halliburton

Elaboración: Halliburton

Dentro de la división de Perforación y Evaluación se encuentra el servicio de Wireline & Perforating (WP), que se compone diversas aéreas en el desarrollo y gestión del pozo; tiene la capacidad de ofrecer a sus clientes soporte en la interpretación de estudios perfiles de suleo, mejorar la comprensión de lo que se espera de sus pozos y ayudar a obtener la mayor producción posible a través del empleo de herramientas de última generación con la experiencia de su personal.

El alcance de Wireline and Perforating (WP) incluye:

- Sísmica de pozos
- Servicio de Hueco abierto
- Servicio de Pozo entubado
- Servicio de Cañoneo convencional
- Tubing Conveyed Perforating
- Servicio de Evaluación de Reservorio

Parar brindar los servicios antes mencionados WP posee varias herramientas, una de ellas es la enrolladora de cables de registros eléctricos que se encuentra operando en la base Coca en el área de cables, el propósito de esta máquina es facilitar el desenrollado de cable nuevo, el enrollado de cable defectuoso y el mantenimiento del cable, para estos procedimientos la máquina la máquina puede operar con dos tipos de carretes: con cuerpo de madera o metálicos.



Figura 1 Estructura principal

Fuente: (HALLIBURTON)

En la Figura1.1, se muestra la máquina que posee la empresa en la actualidad, como se puede observar, fue construida con perfiles metálicos H,

tubos, ejes, planchas metálicas entre otros, materiales de los cuales no se tiene ningún respaldo de su adquisición y construcción.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El manejo manual de esta máquina ha traído grandes dificultades para la empresa, al momento de realizar los trabajos de bobinado de cables, ya que la misma es inestable cuando se carga un nuevo carrete o se va a realizar el mantenimiento del cable, además para el manejo de esta máquina es necesario tener disponible un montacargas en todas las fases del proceso, lo cual no siempre es posible por la demanda de operaciones que se tienen en Base.



Figura 2 Acople de carrete con estructura derecha

Fuente: (HALLIBURTON)

Por otra parte el proceso de montaje del carrete en la máquina genera un alto riesgo de trabajo en los operadores ya que si el mismo no está bien dirigido y colocado, puede caer lastimando a las personas involucradas en el

desarrollo de la operación y puede causar un grave accidente de trabajo, además puede causar daños significativos en la estructura de la máquina.



Figura 3 Ensamble de estructura derecha

Fuente: (HALLIBURTON)

Dentro del proceso actual de montaje el carrete queda sujeto a lado derecho de la máquina y soportado por una gata hidráulica de camión, hasta que el lado izquierdo sea alineado y colocado en su posición correcta, es en esta parte del proceso en el cual el riesgo de la manipulación aumenta considerablemente ya que el soporte que no ha sido diseñado para este objetivo puede fallar.



Figura 4 Carrete soportado por gato hidráulico de camión

Fuente: (HALLIBURTON)

De igual manera al momento de desmontar el carrete de la máquina, se tiene graves inconvenientes, muchas veces el lado derecho de la máquina no sale con facilidad por que los elementos de sujeción quedan pegados entre si y el montacargas no puede hacer la correcta separación de la máquina, o por el contrario las partes se separan rápidamente y el carrete puede quedar suspendido en el aire por un lado, esto puede causar el daño del eje motriz principal.

A continuación se presentan los parámetros para realizar el análisis de riesgos de la operación en el área de cables.

Categoría de la Severidad del Peligro	Consecuencias Potenciales				Valoración de la Probabilidad					
	Palabras Descriptivas	Personal Enfermedad o Lesión	Pérdida de Bienes	Medio Ambiente (Cualquier incidente que...)	A Frecuente	B Razonable Probable	C Ocasional	D Remoto	E Extremo no probable	F Imposible
I	Catastrófico	Fatal o Incapacidad permanente por lesión o enfermedad	>\$1'000.000	Daño al medio ambiente en términos largos (5 años o más) o que requiere más de \$1'000.000 para corregir y/o multas		1				
II	Critico	Enfermedad o lesión severa	\$1'000.000 a \$200.000	Daño al medio ambiente en términos medianos (1-5 años) o que requiere de \$200.000 a \$1'000.000 para corregir y/o multas			2			
III	Marginal	Lesión o enfermedad menor	>\$200.000 a \$10.000	Daño al medio ambiente en términos cortos (menos de 1 año) o que requiere de \$10.000 a \$200.000 para corregir y/o multas				3		
IV	Insignificantes	No Lesión o enfermedad	<\$10.000	Daño al medio ambiente menor que puede ser reparado fácilmente con menos de \$10.000 para corregir y/o multas						

Valoración de la probabilidad	
NIVEL DE DESCRIPCIÓN	
A	Frecuente: Probablemente puede ocurrir repetidamente durante una actividad/operación
B	Razonablemente probable: Probablemente puede ocurrir varias veces
C	Ocasional: Probablemente puede ocurrir alguna vez
D	Remoto: Probablemente no, pero es posible
E	En extremo no probable: La probabilidad de ocurrencia no puede ser distinguida de cero

Código prioridad del riesgo(CPR)	
CODIGO DE ACCIÓN REQUERIDA	
1	Riesgo alto: Imperativo disminuir el riesgo a un nivel más bajo
2	Riesgo medio: La operación puede requerir aprobación de la gerencia
3	Operación permitida
Nota: UN CODIGO DE PRIORIDAD DEL RIESGO MENOR DE 3, NO ES ACEPTABLE PARA PELIGROS QUE TIENEN AL PERSONAL COMO BLANCO	

Blanco: P Personal
E Equipo
DT Tiempo Perdido
DC Datos
ENV Ambiente
I Entrelace

Figura 5 Matriz y parámetros de Análisis de Riesgos

Fuente: (HALLIBURTON)

El análisis de riesgos se muestra en el Anexo A - ANÁLISIS DE RIESGOS-

Los riesgos antes mencionados y expuestos en el análisis de riesgos, las pérdidas de tiempos por disponibilidad del montacargas y las restricciones actuales de la máquina hacen que el manejo de la misma sea deficiente e inseguro.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Rediseñar la máquina de bobinado de cables de registros eléctricos para disminuir el riesgo de accidentes en el área de cables de Wireline & Perforating de la empresa Halliburton Latin America S.A. LLC. ubicado en base Coca.

1.3.2. ESPECIFICIOS

- Realizar el análisis del equipo actual.
- Analizar el proceso actual del montaje de carretes.
- Determinar los parámetros de funcionamiento de la máquina
- Realizar el rediseño de la máquina y sus sistemas.
- Seleccionar los materiales, sistemas de funcionamiento y control de bobinado.
- Ejecutar las pruebas de funcionamiento requeridas para la máquina.

1.4. ALCANCE

Conforme a un nuevo procedimiento de montaje de carretes y disminuyendo la probabilidad de accidentes en el manejo de esta máquina, se entregará el equipo rediseñado con toda la información técnica de soporte (Planos, hojas de procesos, diagramas de procesos), el informe correspondientes de las pruebas de funcionamiento realizadas, los procedimientos de montaje, los manuales de funcionamiento y mantenimiento.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El manejo manual de la máquina, la falta de criterios de diseño y construcción de la misma hacen que su manipulación genere retrasos en la carga y descarga de cables de registros lo cual afecta directamente al

trabajo de registros de pozos, esto conlleva a la necesidad de realizar el rediseño de esta máquina.

Por otra parte el manejo de la máquina requiere de 3 a 4 operadores y una total disponibilidad del montacargas, por lo tanto este proceso puede durar hasta 5 horas por montaje y 5 horas por desmontaje y su costo asciende a USD \$1050 influyendo directamente en las pérdidas de tiempo por no trabajo

Es importante recalcar que en este proceso la seguridad y salud de los operadores puede ser afectados gravemente con resultados que pueden ir desde una lesión grave con pérdidas de miembros hasta una fatalidad. Esto conlleva a que la empresa tenga una pérdida mayor de dinero por indemnización al o los trabajadores afectados.

El sistema de gestión de la empresa y su reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo hace énfasis en la reducción de los riesgos de trabajo para los operadores, artículo 37 del REGLAMENTO INTERNO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, con el rediseño de la máquina se pretende reducir en un 85% el tiempo de los trabajos manuales y el riesgo de accidentes en el área de cables, adicionalmente se optimizará el tiempo de la operación del bobinado, por lo cual los costos de operación se reducirán.

Este proyecto es de gran importancia ya que en él se reflejará los conocimientos y criterios adquiridos en el transcurso de mi carrera, además de ser requisito para la obtención del título de Ingeniero Mecánico, conjuntamente el proyecto será de gran aportación para el desarrollo de nuevas alternativas de mecanismos de manejo de carretes de cables para la industria petrolera ecuatoriana.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MÁQUINAS DE ENROLLADO DE CABLES

La máquina que se ilustra en la siguiente figura muestra un esquema de un bobinador de cable que posee los elementos básicos para poder realizar el trabajo de enrollado de cable.

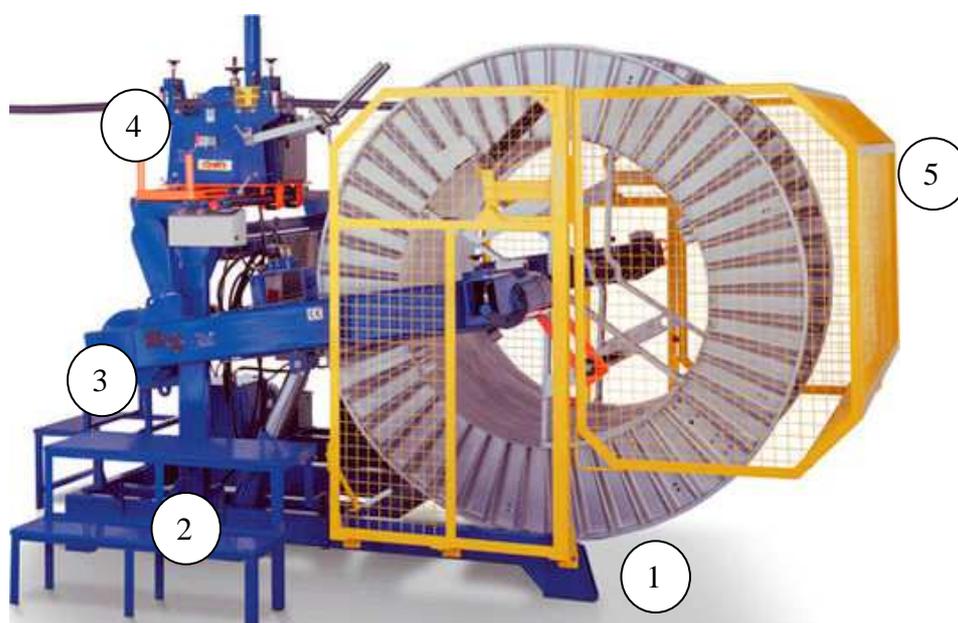


Figura 6 Esquema básica de Máquina de bobinado

Fuente: (DirectINDUSTRY)

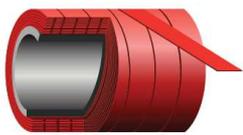
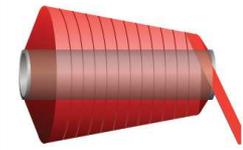
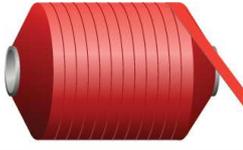
Tabla 2 Descripción componentes Figura 2.1

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Carrete
2	Estructura de soporte
3	Mecanismo de elevación de carrete
4	Sistema motriz y control de enrollado de cable
5	Resguardos de para operadores

Fuente: (DirectINDUSTRY)

El principio se basa en formar una bobina cruzando el material transversalmente sobre la cara del cuerpo principal, creando capas de cables llamadas capas que aumentarán según la longitud del cable y el espacio que se disponga en el carrete, el bobinado debe tener una apariencia transversal de anillos anulares al final de cada extremo del carrete. Las puntas del cable deben ser manipuladas con extremo cuidado, estas no pueden sufrir ningún daño ya que la longitud del cable no puede ser modificada. Los patrones de bobinado pueden ser los siguientes:

Tabla 3 Descripción e ilustración de tipos de bobinado

TIPOS DE BOBINADOS		
TIPO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Capa Sobrepuesta	En este tipo cada una de las capas se encuentran sobrepuestas una de la otra.	
Tipo cónico	Este patrón se lo realiza con un motor especial de bobinado ya que el núcleo es cilíndrico.	
Bobinado con paso	El proceso se lo realiza con programación precisa para que en cierto punto se cree un espacio entre el material.	
Cónico simétrico	En este bobinado cada una de las capas está programada para terminar antes de la anterior.	
Cónico Simétrico Inverso	El bobinado se lo realiza en un núcleo de cono inverso.	
Tipo Brida	Se lo realiza como un bobinado sobrepuesto con la variante de que en cierto momento se debe terminar en un extremo todo el proceso.	

Fuente: (MOOG ANIMATICS)

El patrón tipo capa sobrepuesta es el que generalmente se utiliza cuando se realiza el bobinado de cable de registro, ya que cada una de las capas tienen que estar exactamente sobre la capa anterior.

Existe gran variedad de enrolladores de cable las cuales van desde manuales de poca carga hasta completamente automáticas de alto rendimiento. Pueden ser construidas con sistemas auto portantes tubulares o estáticos con perfiles de acero, los elementos mecánicos son dimensionados según las capacidades de trabajo y los accionamientos pueden ser controlados eléctricamente e hidráulicamente.

En las siguientes figuras se muestran algunos tipos de máquinas de bobinado.



Figura 7 Skid de bobinadora manual

Fuente: (CWS INDUSTRIES)



Figura 8 Estación de bobinado de cable

Fuente: (CWS INDUSTRIES)

Carrete estacionario con estación de transferencia de cable, consta de un enrollador automático de cable, en esta máquina el manipulador del carrete deposita lo deposita sobre el mecanismo de enrollado.



Figura 9 Máquinas estacionarias de enrollado de cable

Fuente: (MOBAC)

Bobinadoras de cable con capacidad de 500 a 1000 kg, automáticas y semi-automáticas, con motores de posicionamiento de cable al momento del enrollado.



Figura 10 Máquinas de enrollado automático de cable

Fuente: (MOBAC)

Bobinadora automática de cable con capacidad de 10 toneladas con posicionamiento y ajuste de carrete, además consta de un contador y sistema controlado de posicionamiento de cable al enrollar.

Las máquinas de bobinado pueden ser utilizadas para diferentes tipos de productos como papel, laminas finas, alambre, cable hasta hilos bastante finos. Este proyecto está concentrado en el bobinado de cable de registro eléctrico el cual tiene sus características particulares de enrollado.

2.2. TIPOS DE CARRETES

En diferentes industrias, como la de construcción, metalurgia, agrícola, producción energética, entre otras; es indispensable contar con carretes para cables, existen diversos tipos de carretes que de acuerdo a su material poseen distintas características.

2.2.1. Carrete metálico:



Figura 11 Carrete Metálico

Fuente: (HALLIBURTON)

El carrete metálico es recomendado para uso en condiciones severas y uso rudo, para cargas pesadas, principalmente para cables de alta tensión y cualquier otro producto que por sus dimensiones y peso requiera protección y movilidad.

Los carretes son fabricados con acero de alta calidad y diferentes calibres, dependiendo de su uso y ensamblados por medio de diferentes tipos de soldadura.

2.2.2. Carrete de madera:



Figura 12 Carrete de madera nuevo

Fuente: (HALLIBURTON)

Los carretes de madera son utilizados para el almacenamiento y transporte de cables, los cuales pueden ser de conductores eléctricos, en el caso de este proyecto, o pueden ser de acero. Su fabricación no se encuentra estandarizada ya que su diseño depende de los requerimientos de cada cliente, los aspectos más relevantes que se toman en cuenta en el diseño son: tipo de producto, longitudes, mercado de destino. Pueden ser fabricados en pino o terciado estructural dependiendo del uso que se lo va a dar, sus diámetros varían de 300 a 2.830 milímetros y su capacidad puede llegar hasta 24.000 kg.

2.2.3. Dimensiones de carretes.

Según las especificaciones de los clientes los carretes pueden ser concebidos en diferentes tamaños y materiales, las dimensiones y formas varían según el producto que se van a enrollar, por ejemplo para este proyecto los carretes que más utilizados son los de madera y los de metal, ya que estos tienen una gran resistencia a la tensión.

Madera:

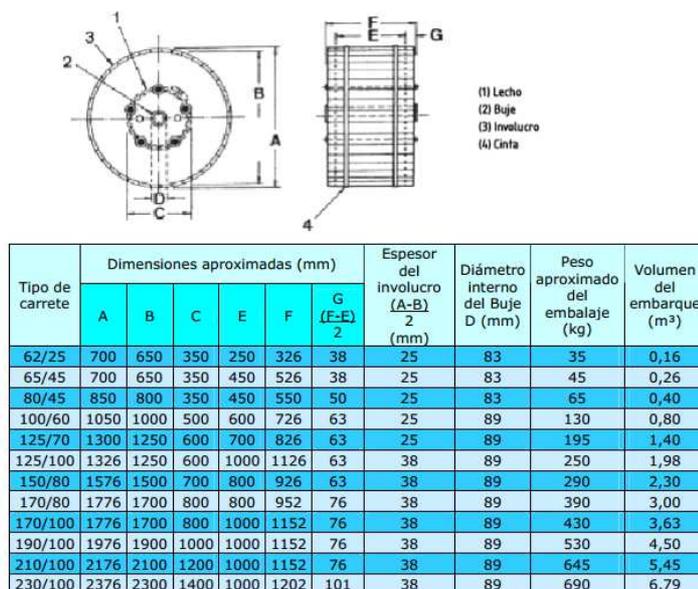


Figura 13 Dimensiones de carrete de madera

Fuente: (Nexans)

Metálicos:

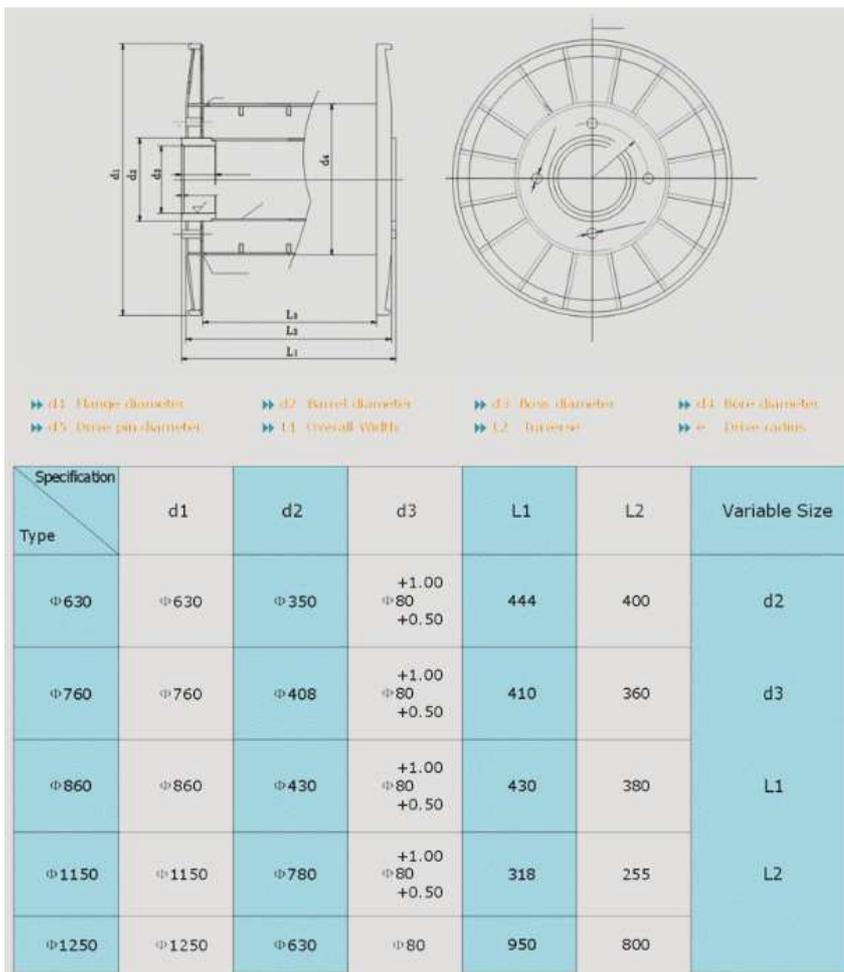


Figura 14 Dimensiones de carrete metálicos

Fuente: (expometals.net)

2.3. MANIPULACION DE CARRETE

El cable es un producto muy valioso para el área de Wireline and Perforating, por lo tanto si este no es cuidado correctamente, el cable y el carrete, pueden sufrir daños significativos que pueda que aparezcan al final de la instalación y su cambio puede causar pérdidas de tiempo y dinero.

Para la manipulación de las bobinas se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Si el transporte se lo va a realizar con un montacargas, las barras de elevación deben ser mayores más largas que el ancho del carrete, si es posible se deberá marcar en las barras de elevación los diferentes tamaños de carretes que se van a levantar, de esta manera el operador sabrá como posicionarse para recoger cada carrete. El carrete debe ser elevado lateralmente, siempre levantándola por las alas y nunca directamente contra el cable, el carrete debe elevarse por lo menos medio metro para que las alas o bridas del mismo no se vean afectadas.

El carrete no debe ser tirado hasta que el montacargas se detenga completamente y no se debe empujar el carrete con la máquina.

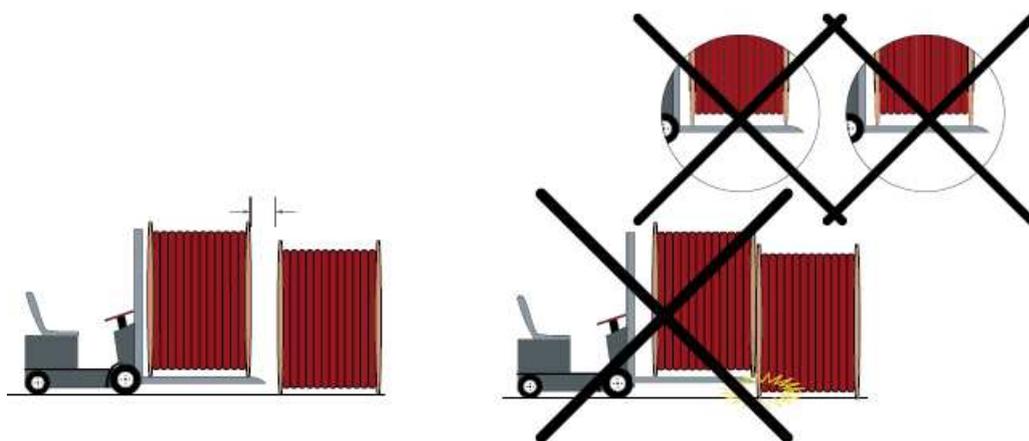


Figura 15 Descripción de transporte de carretes

Fuente: (ELECTRICAL)

Si el transporte se lo va a realizar con un grúa se debe colocar barras en el eje central de la bobina, nunca se debe realizar solo con cadenas, si no es posible realizar el levantamiento de esta manera, se tiene que utilizar una cuerda lo suficientemente larga como para que en el filo de las alas no se genere una gran presión y estas no se dañen. Hay que ser cuidadoso al momento de levantar ya que tiene que estar bien balanceado, no debe estar muy cerca de otros carretes y no tiene que soltarse repetidamente.

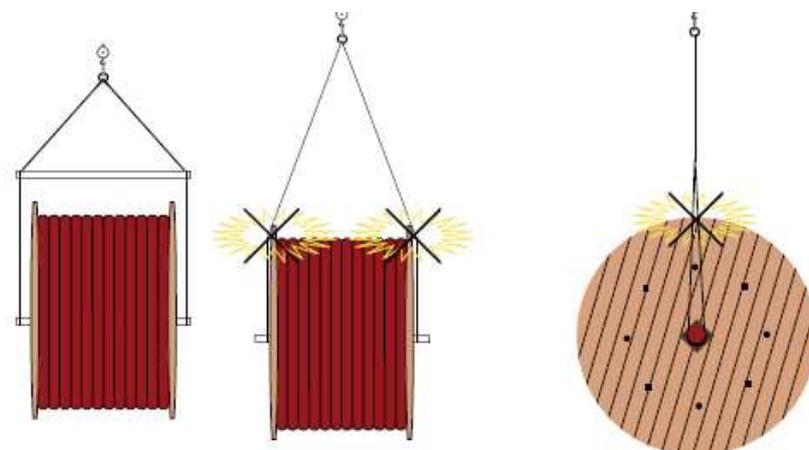


Figura 16 Descripción de izaje de carretes

Fuente: (ELECTRICAL)

2. Los carretes nunca deberán ser almacenados ni transportados acostados, deberán ser colocados sobre cuñas triangulares o cuadradas para que queden elevados del piso. Las cuñas debe estar colocadas sobre el las alas o ser más largas que el ancho del carrete. No se recomienda apilar los carretes pero si van a ser almacenadas una sobre otra se deberá prevenir que queden estancados, sobreponiendo cuñas que ayuden a la separación.

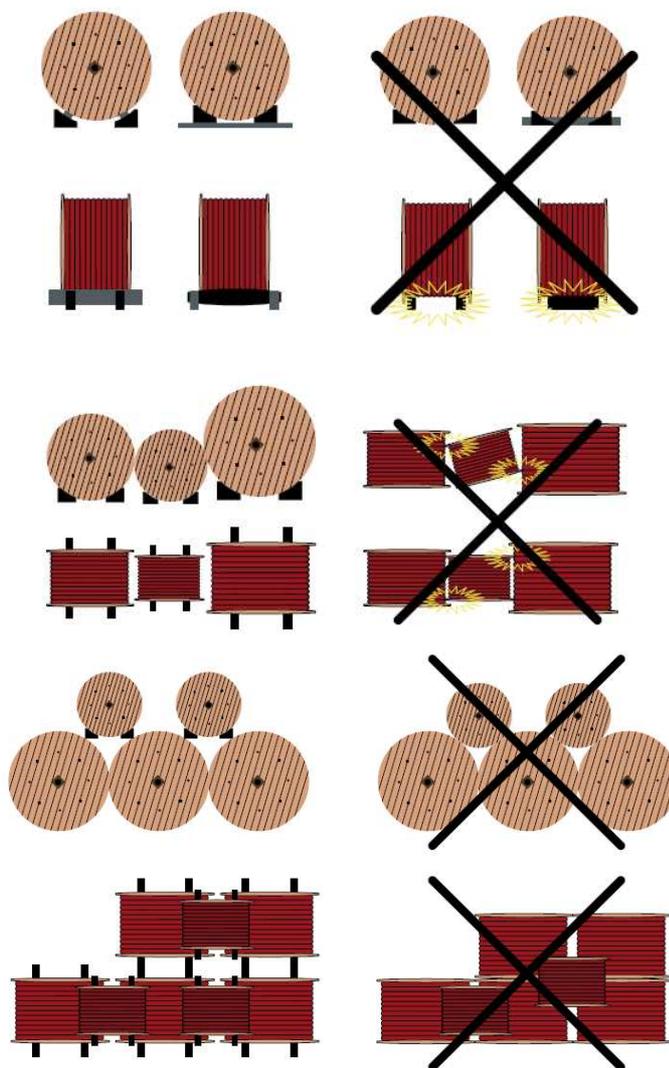


Figura 17 Descripción de almacenamiento de carretes

Fuente: (ELECTRICAL)

3. Cuando se pasa el cable de un tambor a otro, se debe conservar la dirección original del enrollado natural del cable. Siempre que se pase el cable de un tambor a otro, debe tomarse de la parte superior del carrete y colocarse en la parte superior del otro; o de la misma forma, de la parte inferior del carrete original a la parte inferior del otro carrete. Se debe tener gran cuidado para asegurar que el cable siempre permanece bajo tensión. Nunca se debe permitir que el cable salga por los extremos del carrete.

4. Si el carrete va a ser desplazado sin montacargas este tiene que ser movilizado en sentido de las flechas que se encuentran en una de las bridas del carrete, de esta manera el cable no se desenrollara, es importante saber que este desplazamiento tiene que ser menor a 5 metros puesto que después de esta distancia el cable se empieza a desenrollar y se puede verse afectado por el aplastamiento.

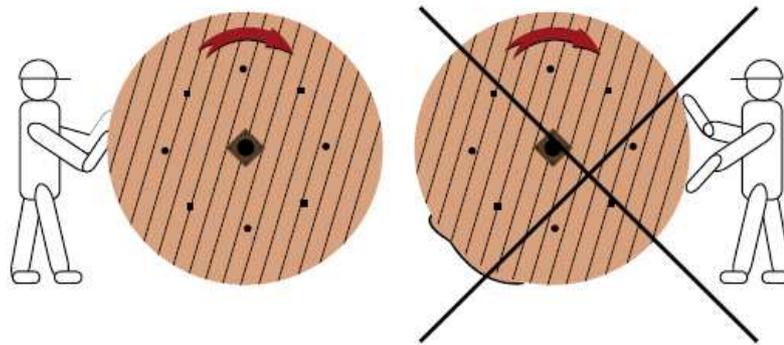


Figura 18 Descripción de desplazamiento de carretes
Fuente: (ELECTRICAL)

2.4. ESPECIFICACIONES DE CABLES A UTILIZAR

El cable de registro eléctrico que se utiliza para esta operación es un conductor eléctrico que posee varios hilos conductores en su alma que por su sección reducida posee gran flexibilidad, los conductores son por lo general de cobre por su conductividad y características mecánicas.

El cable está cubierto por un entrelazado especial de acero galvanizado o por alambres de materiales especiales que mejoran su resistencia a la tensión, todos los cables son preformados durante el proceso de manufactura y cada alambre que lo compone tiene un recubrimiento especial contra la corrosión.

Todo cable de acero está constituido por los siguientes tres elementos básicos:

- Alambre de acero
- Torón
- Alma

Las especificaciones del cable a utilizar se encuentran en el data-sheet que se adjunta en el Anexo A - CATÁLOGO CAMESA-.

Para mayor cuidado del cable es importante resaltar el ángulo de ataque en el enrollado, el cual es el ángulo formado por la línea que va del centro del tambor al centro de la polea, perpendicular al eje del tambor, y la línea formada desde el costado del tambor hasta el centro de la polea, sobre su eje.

En tambores lisos se recomienda que éste ángulo oscile entre 0.5° y 1.5° ; para tambores ranurados se recomienda entre 0.5° y 2° . Si el ángulo es menor, el cable tenderá a acumularse sobre una zona y no en la totalidad del tambor; si el ángulo es mayor se tendrán problemas de fricción entre el cable y las tapas del tambor.

2.5. EQUIPAMIENTO PARA MÁQUINARIA DE ENROLLADO

Las máquinas de enrollado pueden constar con varios sistemas que optimicen su trabajo, estos pueden ser mecánicos, neumáticos, hidráulicos y mixtos, la selección de los diferentes equipos dependen de las opciones de trabajo que van realizar y de la capacidad del proceso.

Para realizar trabajos de alto esfuerzo se pueden utilizar sistemas de accionamiento hidráulicos, ya que esta forma es eficiente y compacta, y permite controlar el desplazamiento de la carga y de la máquina, estos sistemas pueden tener distintas fuentes de energía para los trabajos y su

configuraciones por lo general tiene un motor que acciona una bomba la cual controla la cantidad y velocidad del fluido, y lo envía a los diferentes accesorios del proceso, además consta con un reservorio para el fluido de trabajo, como se muestra en la figura a continuación.

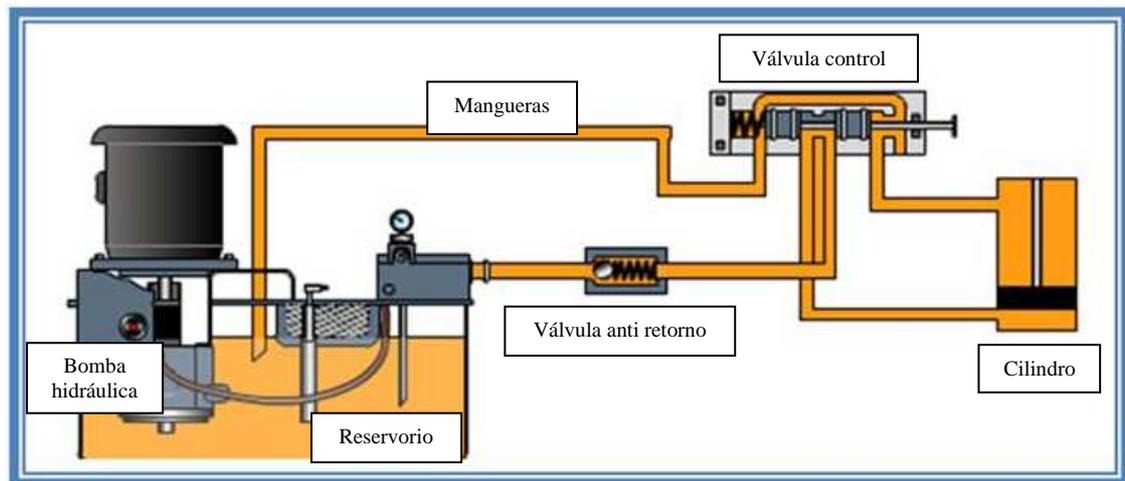


Figura 19 Esquema de sistema hidráulico

Fuente: (Tecnologías técnicas)

2.5.1. FLUIDO DE TRABAJO

La energía de trabajo puede ser transmitida por cualquier tipo de fluido, más en un sistema hidráulico el fluido tiene que ser capaz de cumplir ciertas funciones como:

- Transmitir la presión.
- Lubricar las partes móviles de los equipos.
- Eliminar partículas abrasivas.
- Proteger de la corrosión.
- Disipar el calor.

Estos fluidos deben tener un bajo índice de inflamabilidad, por lo tanto los aceites que cumplen son los requisitos antes mencionados y son los más utilizados en la industria son aquellos elaborados con aceites minerales.

2.5.2. BOMBA HIDRAULICA

Las bombas hidráulicas o también conocidas como máquinas hidráulicas transforman la energía mecánica en energía hidráulica con el fluido incomprensible que transporta, este fluido puede ser líquido o hasta una mezcla de líquido - sólido, además sirven para bombear fluidos con caudales constantes o variables según su aplicación.

Dentro de la clasificación general de bombas tenemos las bombas de pistones, que por tener gran rendimiento generalmente son utilizadas para aplicaciones mecánicas, las bombas de paletas y engranes pueden trabajar con presiones de 2000 psi pero no llegan a tener el mismo desempeño, ya que a esta presión las bombas de pistones descansan y pueden trabajar hasta con 5000 psi.

Las bombas de pistones pueden ser de pistón radial, axial, de barril también llamada Vickers, de placa de empuje angular llamada Denison o puede ser también la bomba Diseño Dynex, para la aplicación en este proyecto vamos a utilizar las bombas de pistón axial, su nombre nace del movimiento axial interno de los pistones paralelos al eje de la flecha impulsadora y pueden ser construidas con placa o eje inclinado dependiendo de los rangos de operación.



Figura 20 Bomba hidráulica del sistema

Fuente: (HALLIBURTON)

2.5.3. VALVULAS DE CONTROL

Son sistemas con configuración de un cuerpo y una pieza móvil, que permiten el paso del fluido por las diferentes cavidades que poseen según la posición del mecanismo interno, estos dispositivos pueden parar o direccionar el fluido para accionar los diferentes componentes o pueden regular el caudal y la presión del fluido enviado por la bomba.

Las válvulas pueden ser:

- De bloqueo.
- Cierre.
- Distribuidoras.
- Presión.
- Caudal.



Figura 21 Tipos de válvulas

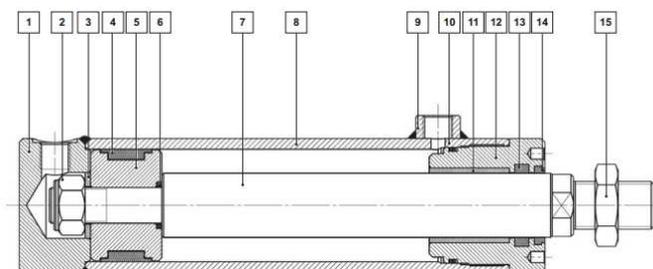
Fuente: (ANCOIL)

2.5.4. CILINDROS HIDRAULICOS

Los cilindros hidráulicos también conocidos como actuadores transforman en energía mecánica la energía hidráulica transmitiendo una gran cantidad de fuerza realizando movimientos axiales dependiendo de su posición, tiene una gran libertad para acoplarse a las máquinas ya que puede ubicarse en cualquier parte, tiene un alto rendimiento ya que al

moverlo no tiene que realizar ningún cambio del sentido de su movimiento, la fuerza y la velocidad de acción es constante en todo el tiempo de la ejecución del trabajo, los cilindros tienen la capacidad de realizar trabajos de compresión y tracción, su configuración no depende del trabajo que vaya a realizar ya que pueden ser pequeños pero realizar grandes esfuerzos y .las aplicaciones en las que pueden ser utilizadas en descenso, elevación, bloqueo o desplazamiento de carga.

Podemos encontrar varios tipos de cilindros como de simple efecto, doble efecto, de buzo o telescópicos. entre los más comunes. En este proyecto vamos a utilizar los cilindros de doble efecto, ya que puede realizar movimientos de en dos sentidos, tienen dos conexiones por las cuales en una entra el fluido para mover el vástago hacia afuera y en la otra entra el fluido para moverlo hacia adentro, a continuación podemos observar los componentes básicos de un cilindro de doble efecto.



N°	Denominación Denomination		
1	Tapón inferior Rear cover	9	Entrada aceite Port
2	Tuerca autoblocante Self-locking nut	10	Junta tórica + anillo O-ring seal + ring
3	Arandela Washer	11	Casquillo guía Bearing sleeve
4	Junta émbolo Piston seal	12	Tapón guía Guiding bush
5	Émbolo Piston	13	Junta vástago Rod seal
6	Junta tórica O ring	14	Rascador Scraper
7	Vástago Rod	15	Tuerca Nut
8	Camisa Tube		

Figura 22 Esquema de cilindro hidráulico

Fuente: (UNICILINDROS)

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EQUIPO ACTUAL.

Se realizó un reconocimiento de la estructura actual de la máquina para realizar el estudio de funcionamiento así conocer cuáles son las debilidades del proceso y de la máquina, además de obtener las medidas exactas de la máquina y poder hacer su reproducción en un software de diseño.

Una vez observada la ejecución de mantenimiento del cable en las unidad de registro utilizando la máquina bobinadora de cable, se tomaron los datos de las fuerzas que actúan sobre los elementos estructurales y móviles de la misma, los sistemas de anclajes y soportes. Como resultado obtuvimos los siguientes datos.

Tabla 4 Parámetros de funcionamiento

CARGAS DE TRABAJO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	Peso del carrete cargado	5000	Kg
2	Máxima tensión de trabajo	1000	Kgf
3	Revoluciones por minuto	14	RPM

Fuente: (HALLIBURTON)

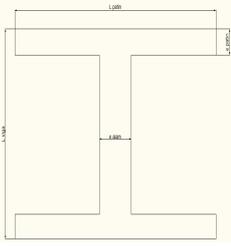
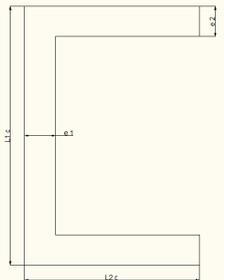
3.1. TOMA DE DATOS.

Para hacer la toma de datos se realizó un bosquejo de la máquina y sus elementos constitutivos, en este proceso se empleo el uso del metro, calibrador pie de rey, escuadras y reglas de ingeniero, con el fin de disminuir el error de medición.

Como resultados tenemos los siguientes datos.

Perfiles:

Tabla 5 Dimensiones de perfiles estructurales de máquina

DESCRIPCIÓN	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
L patín	120	mm	
L viga	120	mm	
e patín	11,37	mm	
e alma	6	mm	
L 1c	120	mm	
L 2c	55	mm	
e 1	7	mm	
e 2	9	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

3.1.1. ESTRUCTURA IZQUIERDA

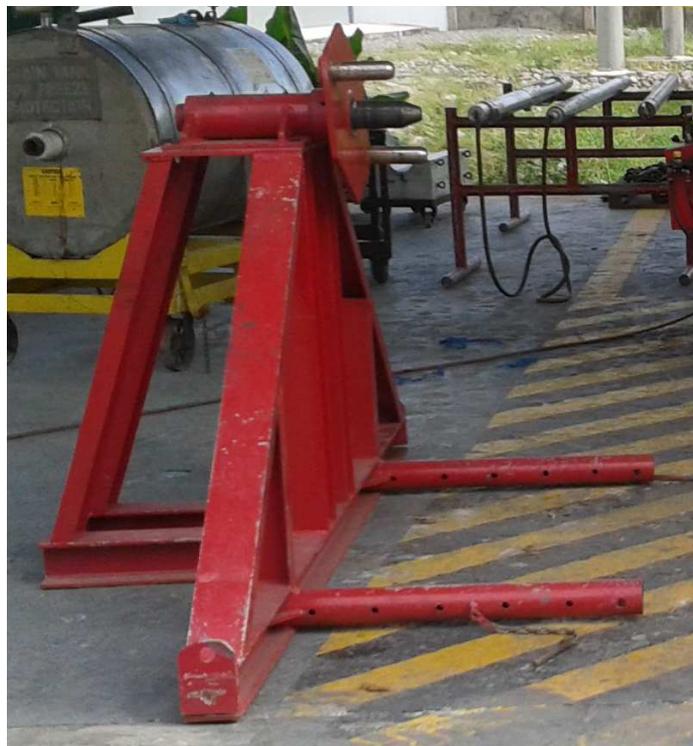


Figura 23 Estructura izquierda

Fuente: (HALLIBURTON)

Estructura:

Tabla 6 Dimensiones de estructura izquierda 1

ITEM	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
A	2755	mm	
B	45	mm	
C	650	mm	
D	115	mm	
E	204	mm	
F	1450	mm	
G	440	mm	
H	1200	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 7 Dimensiones de estructura izquierda 2

ITEM	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
H	1200	mm	
I	625	mm	
J	35	mm	
K	1080	mm	
L	50	mm	

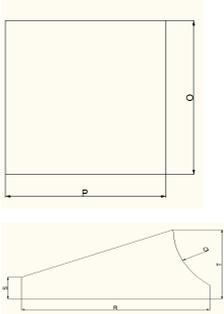
Fuente: (HALLIBURTON)

Placas:

Tabla 8 Dimensiones de placas

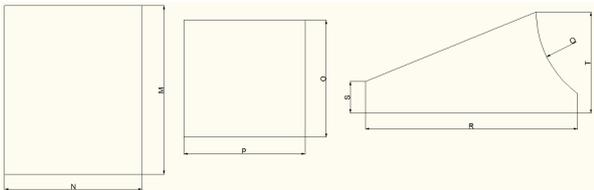
ITEM	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
M	400	mm	
N	460	mm	
O	355	mm	
P	355	mm	
Q	606	mm	

R	117	mm
S	25	mm
T	75	mm



Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 9 Espesores de placas

ESPELOR	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA		
			1	2	3
PLACA					
1	12,5	mm			
2	13,5	mm			
3	15,3	mm			

Fuente: (HALLIBURTON)

Eje:

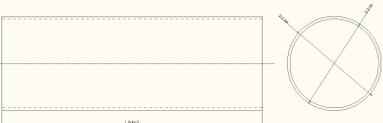
Tabla 10 Dimensiones de eje principal lado izquierdo

DESCRIPCIÓN	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
L eje D	600	mm	
D1	76,2	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

Soporte de eje:

Tabla 11 Dimensiones de eje tubo principal lado izquierdo

DESCRIPCIÓN	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
L Sopor D	320	mm	
D2 ext	121,3	mm	
D2 int	100	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

3.1.2. ESTRUCTURA DERECHA



Figura 24 Estructura derecha

Fuente: (HALLIBURTON)

Estructura:

Tabla 12 Dimensiones de estructura derecha 1

ITEM	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
A	2755	mm	
B	45	mm	
C	650	mm	
D	1150	mm	
E	204	mm	
F	1450	mm	
G	440	mm	
H	1200	mm	
I	353	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 13 Dimensiones de estructura derecha 2

ITEM	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
H	1200	mm	
J	35	mm	
K	300	mm	
L	50	mm	
M	1080	mm	
N	13	mm	
O	425	mm	
P	625	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

Placas:

Tabla 14 Dimensiones de placas estructura derecha

ITEM	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
Q	400	mm	
R	460	mm	
S	400	mm	
T	460	mm	
U	606	mm	
V	117	mm	
W	25	mm	
X	75	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 15 Dimensiones de placas estructura derecha

ESPESOR	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
PLACA			
1	12,5	mm	
2	13,5	mm	
3	15,3	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

Eje:

Tabla 16 Dimensiones de eje principal estructura derecha

DESCRIPCIÓN	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
L eje I	894	mm	
D1	76,2	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

Soporte de eje:

Tabla 17 Dimensiones de eje principal estructura derecha

DESCRIPCIÓN	DIM.	UNIDAD	ESQUEMA
L Sopor I	400	mm	
D2 ext	121,3	mm	
D2 int	100	mm	

Fuente: (HALLIBURTON)

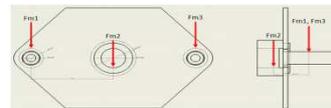
3.2. ANÁLISIS DE ELEMENTOS

Los cálculos realizados se encuentran adjuntos en el Anexo B - HOJAS DE CÁLCULOS-

Como resultado del análisis realizado tenemos lo siguiente:

Tabla 18 Resultados de análisis ejes de sujeción

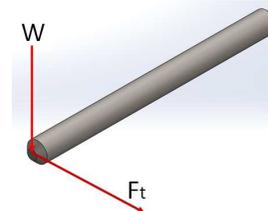
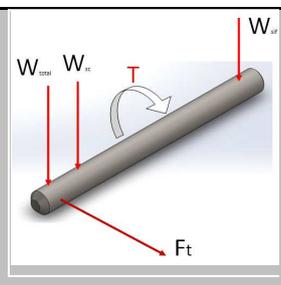
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD
PESO	4,965.51 Kgf	9.9
TENSIÓN	1000Kgf	16.3
SOLDADURA	1500 Kgf	20.5



Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 19 Resultados de análisis ejes motrices

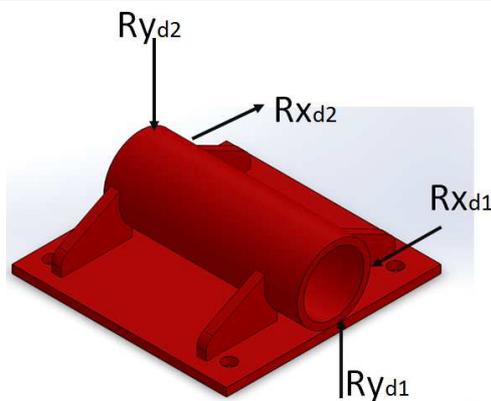
DESCRIPCIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD
DERECHO	15.8
IZQUIERDO	25.6



Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 20 Resultados de análisis soldadura soporte eje motriz derecho

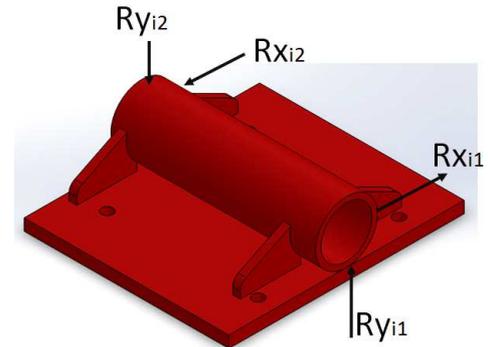
EXTREMO	FSx	FSy
A	25.5	49.5
B	64.8	20.7



Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 21 Resultados de análisis soldadura soporte eje motriz izquierdo

EXTREMO	FSx	FSy
A	61.3	56.1
B	25	23



Fuente: (HALLIBURTON)

3.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Con los resultados de las cargas obtenidas en el análisis de elementos podemos aplicarlas a la estructura y con la ayuda de un sistema de simulación CAD podemos obtener las siguientes simulaciones de los dos lados de la estructura. Como pudimos observar las cargas se dividen y se aplican directamente a las placas soportes de los mecanismos de movimiento del carrete.

3.3.1. ESTRUCTURA IZQUIERDA



Figura 25 Dibujo 3D de estructura izquierda

Fuente: Programa CAD

3.3.1.1. Cargas:

$$C_y = 1,500 \text{ Kgf}$$

$$C_z = 2,000 \text{ Kgf}$$

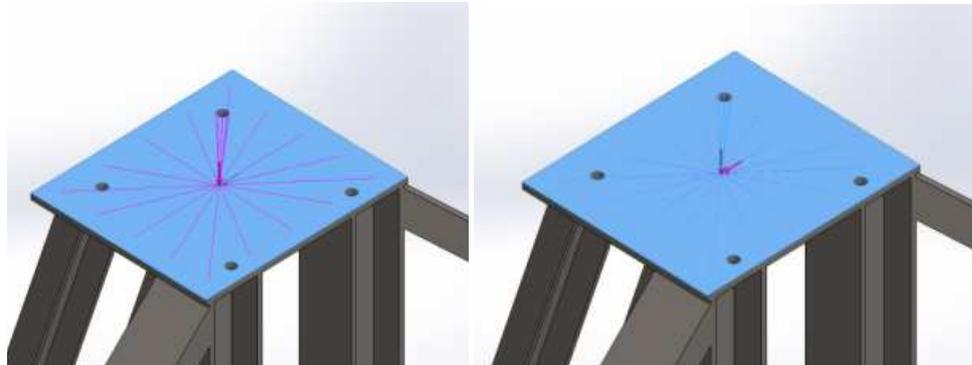


Figura 26 Esquema de cargas en estructura

Fuente: Programa CAD

3.3.1.2. Sujeciones:

Las sujeciones como se muestra en la Figura 3.5 se las proyecto sobre una cara del perfil C, ya que de esta manera se simula la sujeción que tienen esta con la cadena que se sujeta.

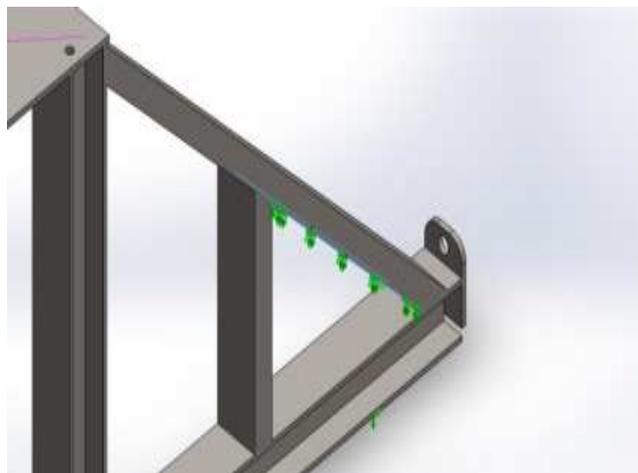


Figura 27 Esquema de sujeción de estructura izquierda

Fuente: Programa CAD

3.3.1.3. Resultados:

Esfuerzo de Von Mises

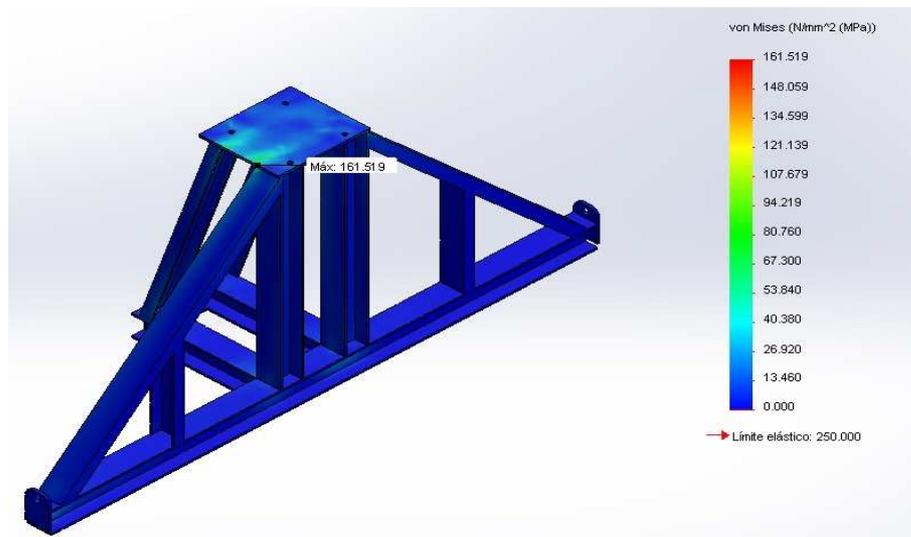


Figura 28 Resultado de esfuerzo de von mises de estructura izquierda
Fuente: Programa CAD

Desplazamientos resultantes

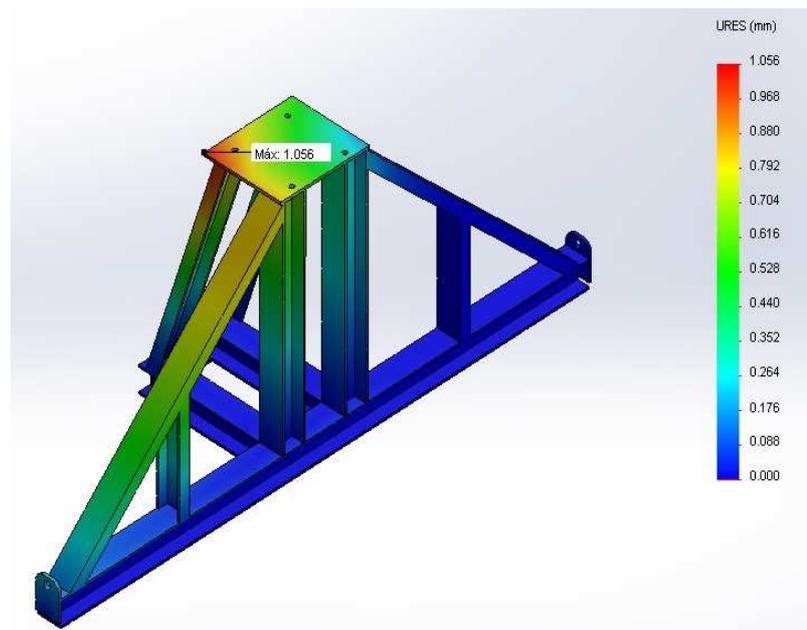


Figura 29 Resultado de desplazamientos resultantes de estructura izquierda
Fuente: Programa CAD

Con los resultados obtenidos para esta estructura obtenemos un factor de seguridad de 1.5.

3.3.2. ESTRUCTURA DERECHA.

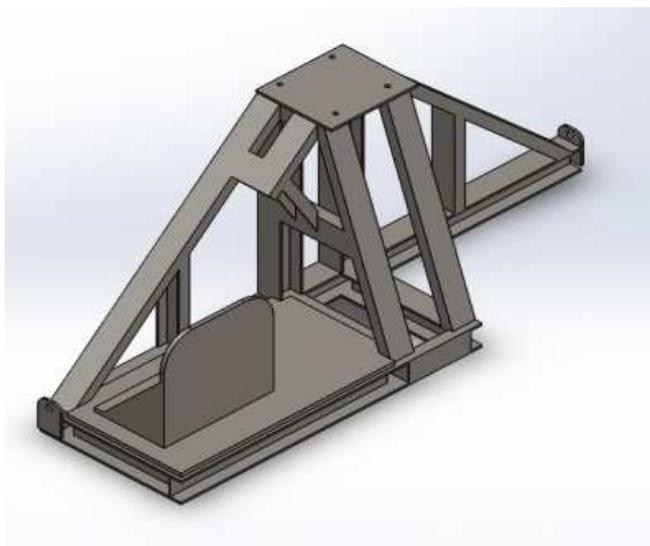


Figura 30 Dibujo 3D de estructura derecha

Fuente: Programa CAD

3.3.2.1. Cargas

$C_y = 1,500 \text{ Kgf}$

$C_z = 2,000 \text{ Kgf}$

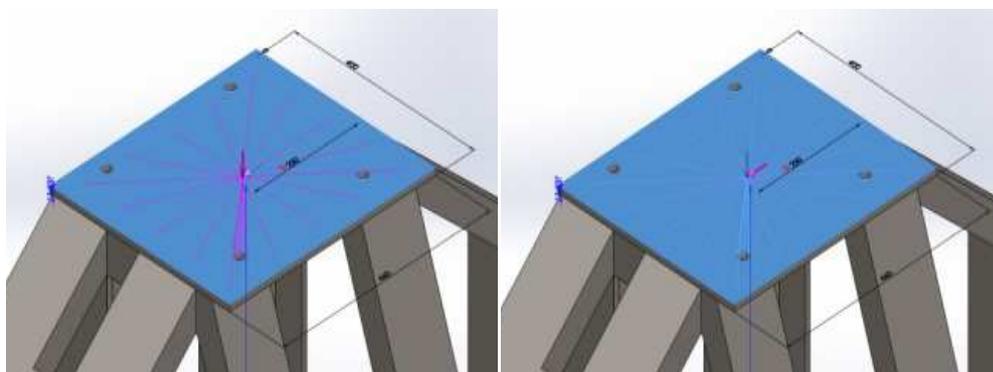


Figura 31 Esquema de cargas en estructura

Fuente: Programa CAD

3.3.2.2. Sujeciones:

De la misma manera que se realizó las sujeciones para la estructura izquierda, esta como se muestra en la Figura 3.10 se las proyectó sobre una cara del perfil C, ya que de esta manera se simula la sujeción que tienen esta con la cadena que se sujeta.

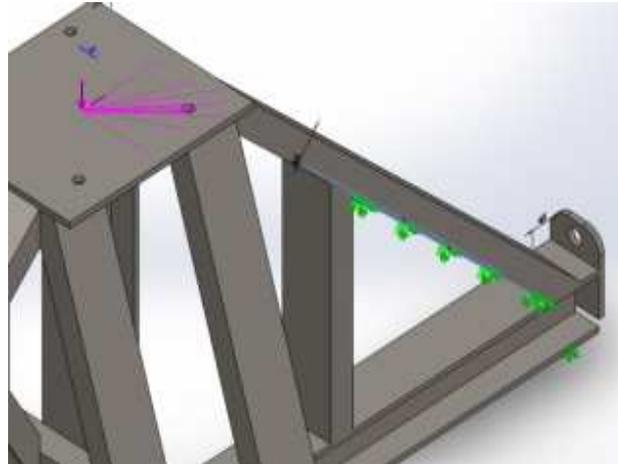


Figura 32 Esquema de sujeciones en estructura derecha

Fuente: Programa CAD

3.3.2.3. Resultados:

Esfuerzos de Von Mises

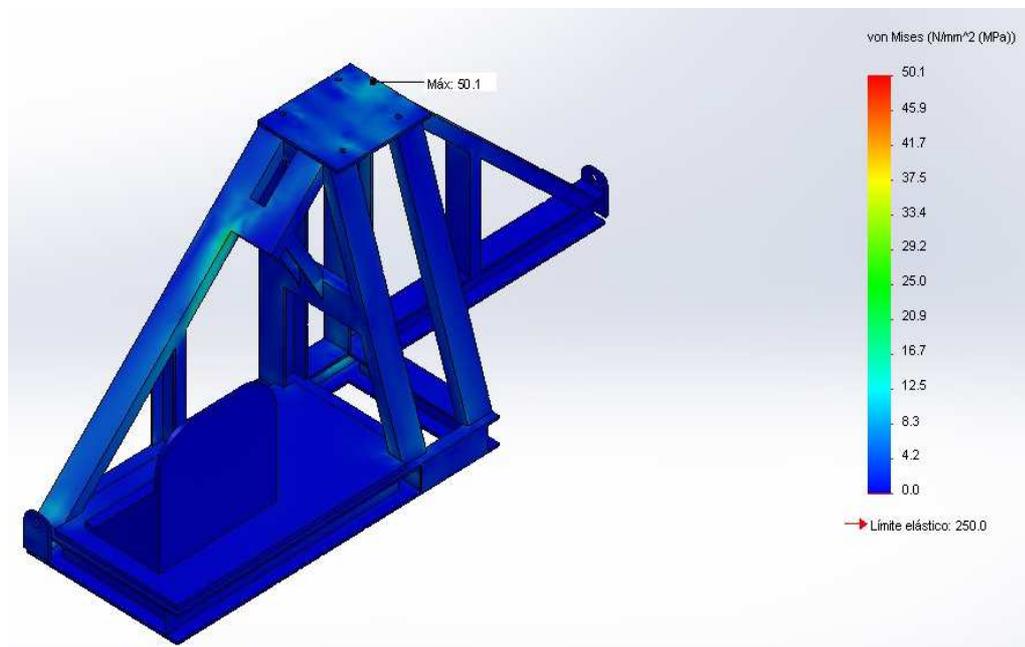


Figura 33 Resultado de esfuerzos de von mises de estructura derecha

Fuente: Programa CAD

Desplazamientos resultantes

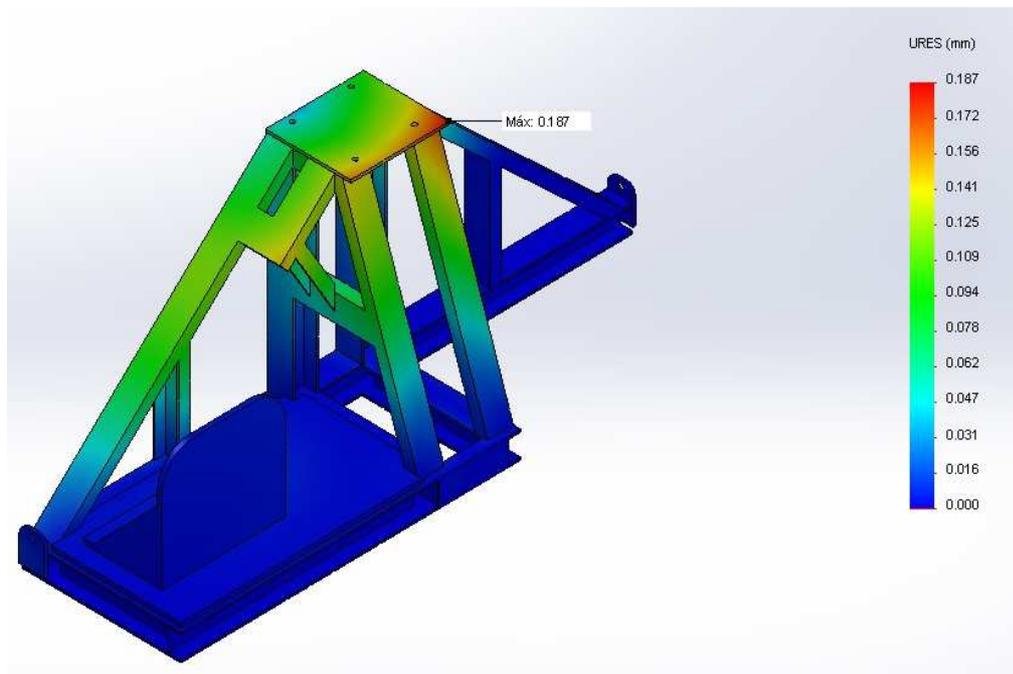


Figura 34 Resultado de desplazamientos resultantes de estructura derecha
Fuente: Programa CAD

3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Gracias a los cálculos que se realizaron, obtuvimos las fuerzas que se aplican en cada uno de los elementos y partes de la máquina actual, los elementos han sido analizados por separado para determinar si es necesario cambiarlo, pero ya con los datos obtenidos hemos visto que los elementos pueden trabajar sin problema alguno ya que sus factores de seguridad no fueron menores que 1.5.

La estructura fue analizada con un sistema CAD el cual nos arrojó datos que muestran que la estructura es resistente, según la fuerza que se aplique tiene varios puntos en los cuales se ve afectada plásticamente, estos puntos sobre pasan los límites permitidos del material pero ya que son puntos de concentración sobemos que no van a afectar gravemente al conjunto, ya que estos puntos se solidifican estructuralmente.

Por lo contrario cuando los puntos concentradores de esfuerzos están ubicados en la zona donde se encuentra un cordón de soldadura como en las figuras que se muestran a continuación, se requiere que estas secciones sean analizadas para ver si hay fisuras a un lado de los cordones de soldadura.

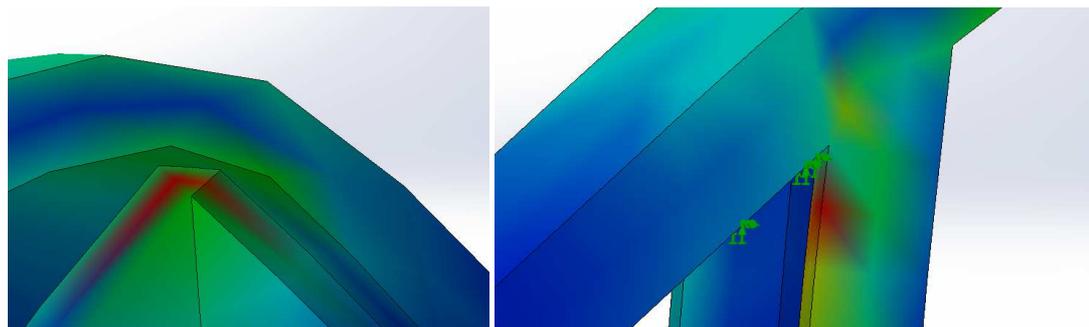


Figura 35 Zonas afectadas por deformación

Fuente: Programa CAD

Por las inspecciones anuales de ensayos no destructivos (END) realizadas a la estructura, se ha determinado que ningún elemento ha sufrido algún tipo de deformación o fisura que comprometa el funcionamiento de la máquina, estos ensayos también reflejan el óptimo estado de los cordones de soldadura. Los resultados de los ensayos no destructivos realizados en el 2013 se los muestra en el Anexo E -CERTIFICACION DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS 2013-

CAPITULO 4

4. DISEÑO

4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Conforme a las reuniones que se desarrollaron en la empresa con el personal del área de Wireline & Perforating (WP) y la visita a la base de Halliburton en Coca se obtuvieron los siguientes datos como parámetros de diseño:

- Área disponible para máquina 30 m².
- Carga de 5 toneladas.
- Motor Caterpillar C6.6.
- Bomba de pistones axiales AA4VG.
- Tensión de trabajo de 0 - 3000PSI.
- Tanque de 30 gal de fluido hidráulico.
- Sistema de posicionamiento hidráulico de cable.
- La máquina no puede exceder el límite de carga de los montacargas que es de 5 toneladas.
- La nueva estructura tiene que ser transportable y desarmable.
- El sistemas de posicionamiento de carrete y máquina debe ser diseñado para minimizar las operaciones manuales.
- La máquina debe cumplir con los estándares de seguridad del área de cables de WP.
- La máquina debe ser certificada.

4.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para la selección de la las alternativas de diseño, se realizaron varios esquemas con diferentes sistemas para la elevación y movilidad de la máquina, se siguió los parámetros de diseño y se obtuvieron varios esquemas que se analizaron cada una de las alternativas mediante una

matriz de selección, en la cual se cuantificaron a los diferentes parámetros como costos, seguridad, eficiencia, entre otros.

La máquina tiene tres componentes principales para desarrollar, el primero fue el skid donde se asienta la estructura y los componentes, el segundo fue el componente donde se asienta el carrete el cual tiene que tener la posibilidad para soportar los dos tipos de carretes y por último se generó la opción del control de posición de cable.

4.2.1. ALTERNATIVAS DE SKID

4.2.1.1. Primera alternativa.

En este primer esquema se pensó en la funcionalidad de un motor hidráulico conectado a un piñón y este a junto a una cremallera se podría movilizar la estructura por el largo de las carrileras tipo cajón, para la elevación de el carrete se contemplaba un cilindro hidráulico el cual tendría que estar enterrado parcialmente para según la altura del cilindro y de la carrilera, para la apertura y cierre se implementaría cuatro pistones unidos a las estructuras principales.

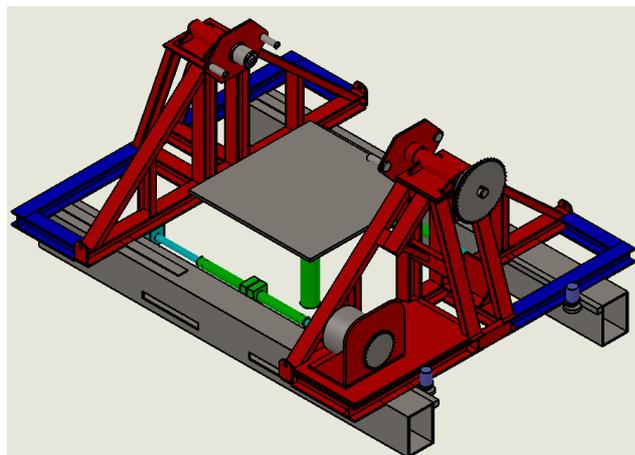


Figura 36 Primera alternativa

Fuente: Programa CAD

El problema principal de este diseño fue el análisis de la futura instalación, ya que esto lo haría estático al cilindro y lo que se buscaba es que toda la máquina puede desplazarse, además el mantenimiento del mismo sería complicado y la obra civil aumentaría por que las mangueras deberían ir por canales o ductos debajo del suelo influenciando directamente en el costo de la construcción.

En el ámbito de seguridad industrial se descartó el sistema de cremallera ya que esto puede afectar a los operadores, ya que su uso inapropiado puede causar lesiones graves hasta cortes o aplastamiento de extremidades, otro de los inconvenientes de este sistema fue la construcción de la cremallera y el piñón ya que esto de igual manera aumentaría el costo de la máquina y por último se tendría que obtener un sincronizador mas para los motores hidráulicos afectando directamente al factor económico.

Como se observa en las Figura 4.1 mostradas, hay un aumento (en color azul) en la estructura principal, el cual será del mismo material y dimensiones que los componentes originales, con esta modificación aumentamos la superficie de contacto y se incrementó la capacidad de carga de la estructura.

4.2.1.2. Segunda alternativa.

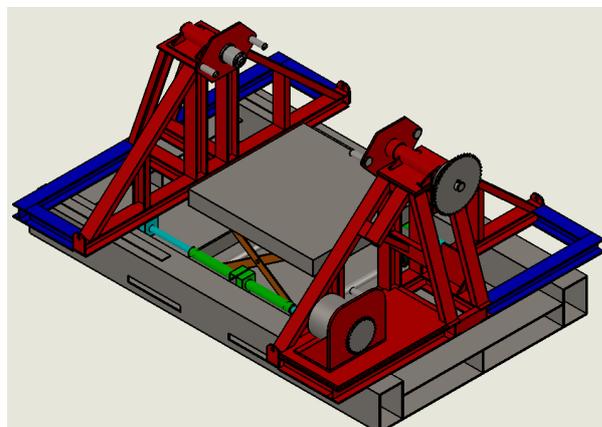


Figura 37 Segunda alternativa

Con la experiencia del primer diseño, se decidió que la estructura tenía que ser aumentada para que su movilidad sea más eficiente y resistente a la carga, por otra parte se necesitaba la consolidación de las dos carrileras para que pueda ser completamente transportable, por lo tanto se sugirió que se junten las carrileras por medio de una chapa metálica dando espacio para desarrollar una solución para el sistemas de elevación del carrete.

Como se habilitó un espacio, se diseñó un sistemas de elevación de carrete el cual consta de dos cilindros hidráulicos que desplazan un eje con rodillos que por su configuración elevan el carrete a la altura requerida. Aunque fue bastante práctico el sistema por la carga se requerían dos cilindros que generen la suficiente fuerza para disminuir la ventaja mecánica y ser capaz de elevar las 5 toneladas del peso del carrete, pero por ser cilindros de grandes dimensiones y no tener el espacio suficiente se descarto él diseño.

4.2.1.3. Tercera alternativa

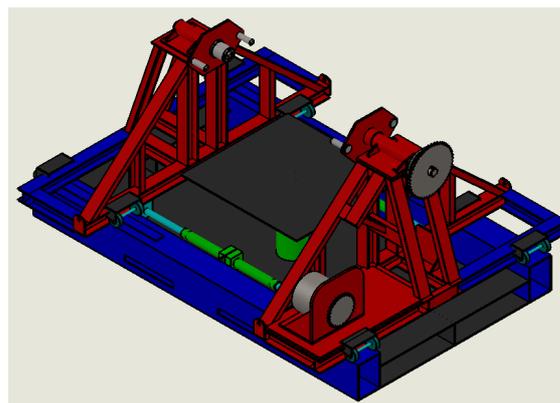


Figura 38 Tercera alternativa

Fuente: Programa CAD

Al momento de seguir con los diseños se necesitaba reducir el esfuerzo creados por el contacto de la máquina con las carrileras, por lo

tanto se aumentó a la estructura principal unos componentes con ruedas que mediante el cálculo de contacto sean resistentes al esfuerzo creado por la carga del carrete, además estos componentes facilitan la selección de los cilindros de apertura de la estructura.

Como se observa en la Figura 4.3 se volvió a ubicar un cilindro en la parte media de la estructura pero esta vez, por encima de la chapa metálica que une a las carrileras, por lo tanto se decidió que un solo cilindro eleve y baje el carrete, y que cuatro cilindros sean los responsables de la apertura de la estructura principal.

A partir de la segunda alternativa es importante recalcar que la plataforma o skid donde se asienta la estructura tiene que ser compacto, por tal motivo se decidió unir las dos carrileras mediante una chapa metálica en la parte media de los extremos que a su vez se une a la plancha principal.

4.2.1.4. Cuarta alternativa.

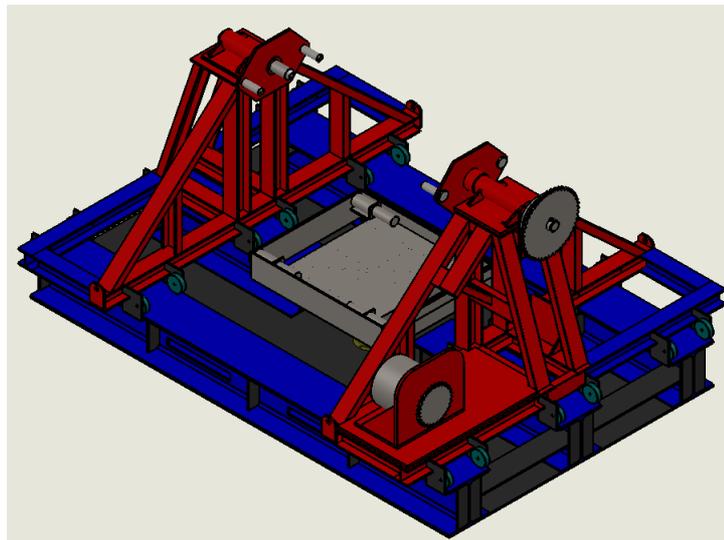


Figura 39 Cuarta alternativa

Fuente: Programa CAD

Esta alternativa para el skid cambia completamente las carrileras, ahora HEB, ya se las compra conformadas y reducen el costo de producción

las carrileras tipo cajón de los modelos anteriores, por otra parte se ubicaron nervios entre los patines para que aumenten la resistencia de los perfiles, además se aumentó carrileras para la zona media de la estructura para cada lado ya que por el peso de diseño esta parte puede sufrir altas distorsiones y lo que se buscaba es tener alta resistencia.

Para que la estructuras mantenga su posición, se mantuvo el sistema de ruedas pero con una configuración diferente, en estos componentes se aumentó pequeñas placas metálicas que ayudaran a estabilizar a la máquina al momento de su exposición a la tensión de enrollado, y siguiendo con las ruedas estas aumentaron su tamaño para evitar que haya interferencia con alguna piedra puesto que la máquina trabajara a la intemperie.

Dentro de esta alternativa hay el espacio suficiente para colocar cualquier tipo de cilindro de apertura de estructura, el espacio entre las carrileras será el indicado para colocarlos, así como el de manipulación de carrete tiene su lugar específico en el centro de la placa principal metálica donde se monta todo el conjunto.

4.2.1.5. Quinta alternativa.

Después de haber realizado el estudio económico de la alternativa número 4 se llegó a la conclusión que el modelo era muy costoso, esto derivó en una nueva reingeniería del modelo, se analizaron cuáles eran los ítems más costosos de la máquina y se trató de reducirlos sin afectar la estabilidad y resistencia de la máquina.

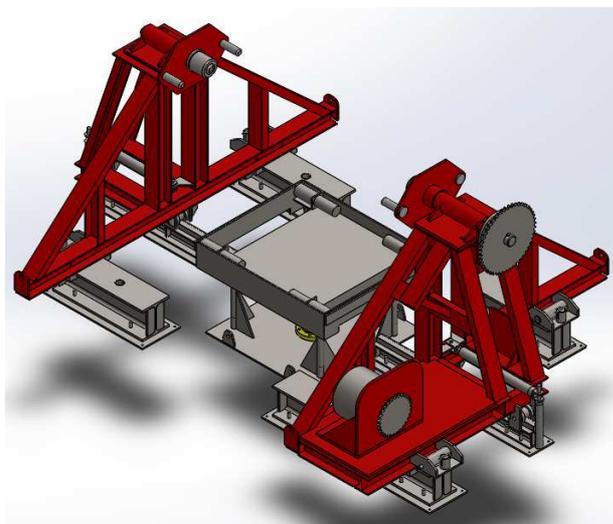


Figura 40 Quinta alternativa

Fuente: Programa CAD

En este diseño se redujo la plancha principal en la que se asentaban las carrileras, por lo tanto todos los elementos de soporte quedaron libres con sus propios sistemas de anclaje que comprenden de una placa de 15mm de espesor con un su propios pernos de sujeción los cuales están diseñados para soportar 150 Ksi de tensión, esta configuración será anclada el piso para asegurar su sujeción. Otros de los cambios realizados fue el sistemas de desplazamiento de la máquina, ya que las ruedas independientes de cada una de las placas fue sustituida por el sistema que se muestra en la siguiente figura.

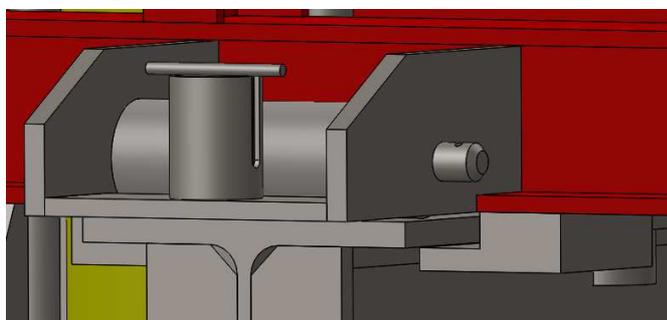


Figura 41 Sistema de sujeción lateral

Fuente: Programa CAD

Este sistema tiene un eje principal que suspende los extremos de la estructura y este soportara las fuerzas resultantes de la distribución del peso y tensión, para asegurar que este eje se encuentre en la posición adecuada se configuró un sistema de soporte con placas y un eje pasante que sirva como guía de los elementos al momento de realizar el ensamble. Para la estabilidad de la máquina al momento de realizar el trabajo con tensión se diseñaron placas que se ajustan a los perfiles de la estructura actual con pernos de una pulgada grado 8.

En el centro de la estructura se aumentaron dos ruedas que permiten el asentamiento y el desplazamiento de toda la estructura, en la configuración de la rueda tenemos un rodamiento cónicos que facilita el movimiento de todos los componentes las placas están reforzadas para soportar las cargas de trabajo. Esta configuración se la muestra en la Figura 42

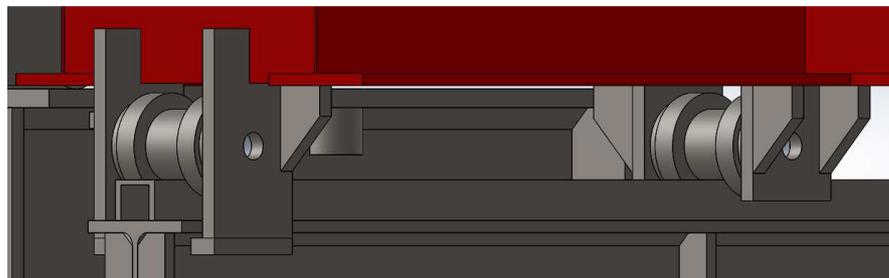


Figura 42 Sistema de sujeción central

Fuente: Programa CAD

Como cambio la configuración general de la estructura los perfiles HEB de 300 fueron suplantados por perfiles HEB 240 para los extremos que son los que resisten la tensión de trabajo y en el centro por perfiles HEB 120 que son lo que resisten la mayor carga de presión por el peso, estas carrileras fueron reforzadas con placas como se lo realizo al modelo anterior.

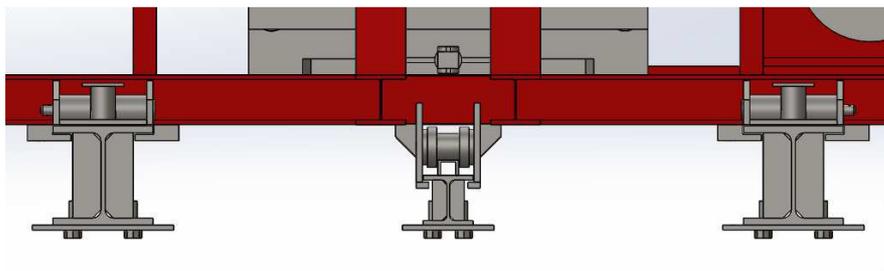


Figura 43 Sistema de sujeción y desplazamiento

Fuente: Programa CAD

Todo el conjunto de vigas HEB se las colocó a 30 cm por debajo del suelo para que las carrileras no queden sobre el suelo y estorben con la movilidad en esta área reduciendo el riesgo por tropiezo, el agujero será tapado con una plancha delgada, se observa que el conjunto de elevación se encuentra a desnivel de los perfiles HEB y esto se debe al tamaño del cilindro y su relación de elevación para los dos tipos de carretes que se usan con esta máquina.

4.2.2. ALTERNATIVAS PARA SOPORTE DE CARRETE

4.2.2.1. Primera alternativa.

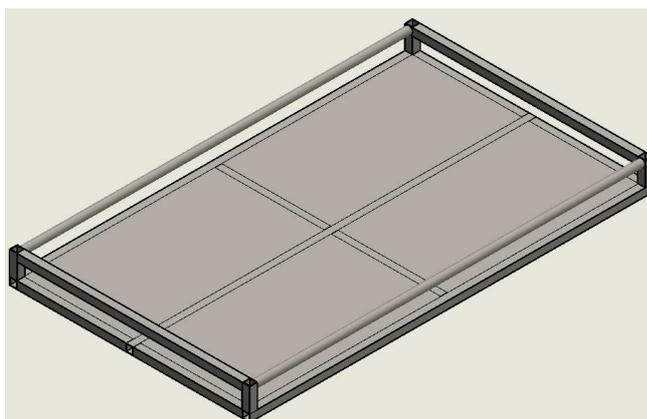


Figura 44 Primera alternativa bandeja de elevación

Fuente: Programa CAD

Esta plataforma esta conformada por una chapa metelica, tubos cuadrados, barras y un soporte de coneccion del mismo con el cilindro de elevacion, esta alternativa fue descartada ya que el peso del carrete la deformaria sobrepasando su limite elástico y dejandola deformada permanentemente lo cual hace que su recambio sea necesario en carga.

4.2.2.2. Segunda alternativa.

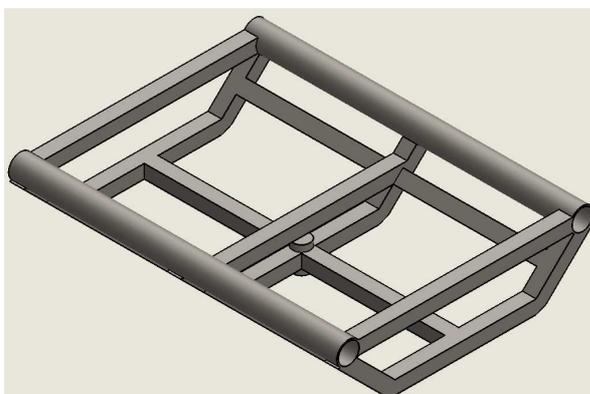


Figura 45 Segunda alternativa bandeja de elevación

Fuente: Programa CAD

Esta estructura consta de barras cuadradas solidas las cuales aumentan la resistencia, además consta de un tubo cilíndrico donde se embonarían los cilindros para apertura de expansión de tamaño para el carrete de madera, pero la resistencia de esta estructura se ve afectada por la resistencia del material el cual es muy bajo en nuestro mercado y tendríamos que darle a cada una de las partes tratamiento térmico para aumentar su resistencia, pero esto incrementaría substancialmente el precio del proyecto en general.

4.2.2.3. Tercera alternativa.

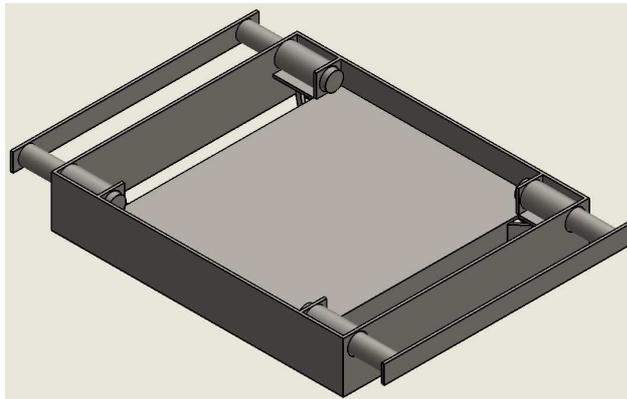


Figura 46 Tercera alternativa bandeja de elevación

Fuente: Programa CAD

En la tercera alternativa se fusionaron los dos conceptos antes mostrados y creó una estructura más grande y robusta capaz de soportar el peso de los dos tipos de carretes, esta opción está compuesta por chapas metálicas de diferentes dimensiones, dispuestas como nervaduras por debajo de la plancha principal y unidas a al eje principal que se unirá al cilindro de elevación, la plancha principal no cubre toda la área ya que se necesitó espacio para que el carrete se coloque de manera correcta. Tiene un sistemas sencillo de expansión de cilindros el cual permite colocar el carrete metálico sin ningún inconveniente.

Como los componentes son independientes en este modelo el sistema de bandeja de elevación tiene su propia configuración, con guías con su respectivos refuerzos para evitar cualquier movimiento brusco del carrete y el pistón de elevación no tenga riesgo de ser afectado, orejas de izaje para que sea transportable y no sea un impedimento al momento de realizar trabajos de mantenimiento del cable con el estacionario.

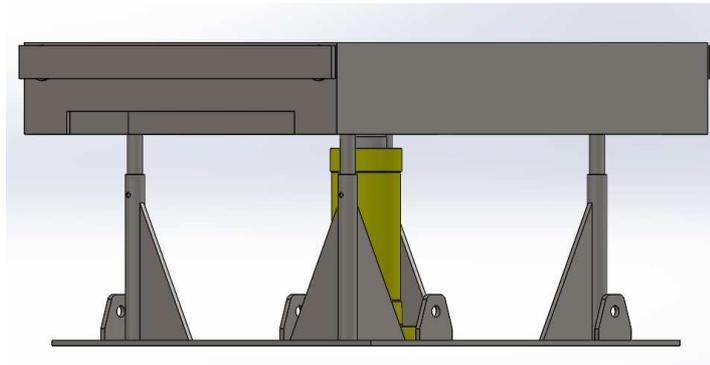


Figura 47 Configuración completa bandeja elevación

Fuente: Programa CAD

Se diseñó un sistema de acople rápido para asegurar que se pueda desmontar con facilidad en caso de emergencia.

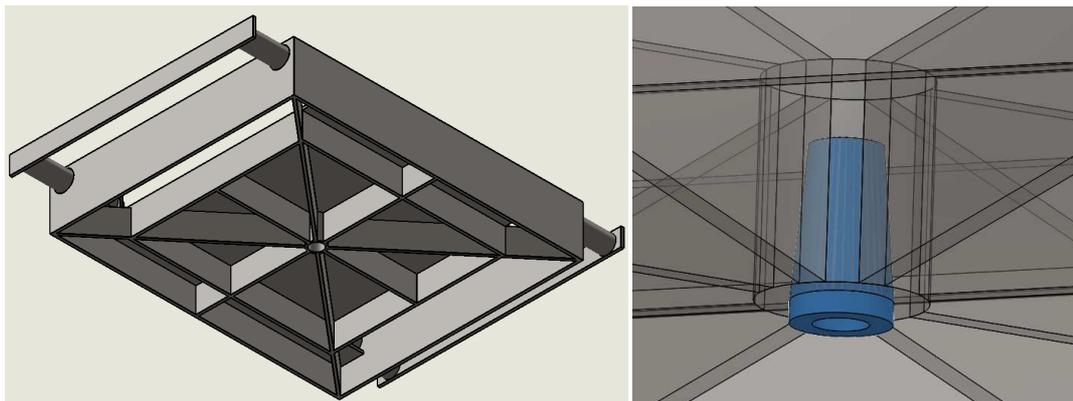


Figura 48 Configuración inferior y sistema de sujeción bandeja elevación

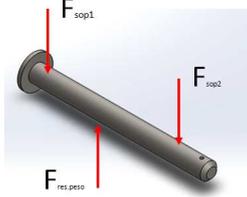
Fuente: Programa CAD

4.3. DISEÑO MECÁNICO

Los cálculos realizados se encuentran adjuntos en el Anexo B - HOJAS DE CÁLCULOS-

Como resultado del análisis realizado tenemos lo siguiente:

Tabla 22 Resultados de análisis ejes pasadores

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD	
PESO	1500 N	7.1	

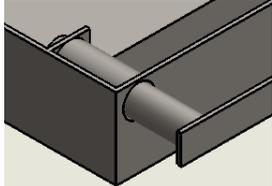
Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 23 Resultados de análisis perno sujeción

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD	
PESO	1500 N	15.8	

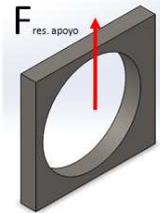
Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 24 Resultados de análisis eje soporte carrete metálico

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD	
PESO	1500 N	13	

Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 25 Resultados de análisis placa soporte eje soporte carrete metálico

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD PARA CORTANTE	FACTOR DE SEGURIDAD PARA FLEXION	
CARGA RESULTANTE	2295.5 N	40.1	190.9	

Fuente: (HALLIBURTON)

Se valores son aceptados ya que los materiales con los que se lo fabricaran son de rápido acceso para la empresa que realizara la construcción del proyecto.

4.4. SIMULACIÓN DE MÁQUINA

4.4.1. SIMULACIÓN DE SKID

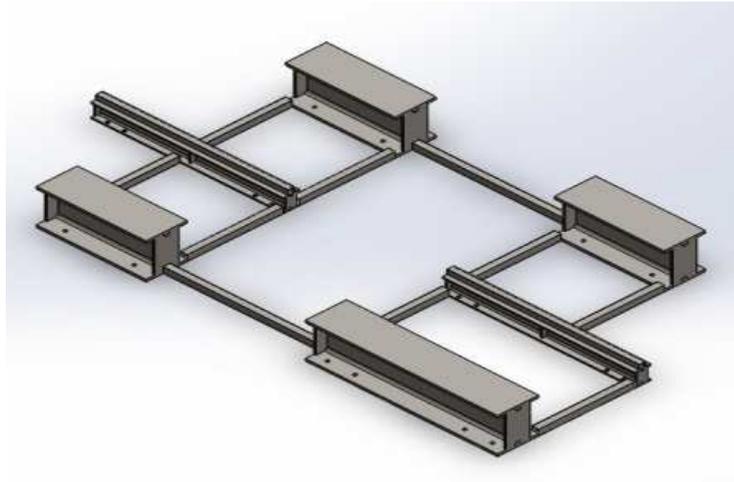


Figura 49 Skid de máquina

Fuente: Programa CAD

4.4.1.1. Cargas.

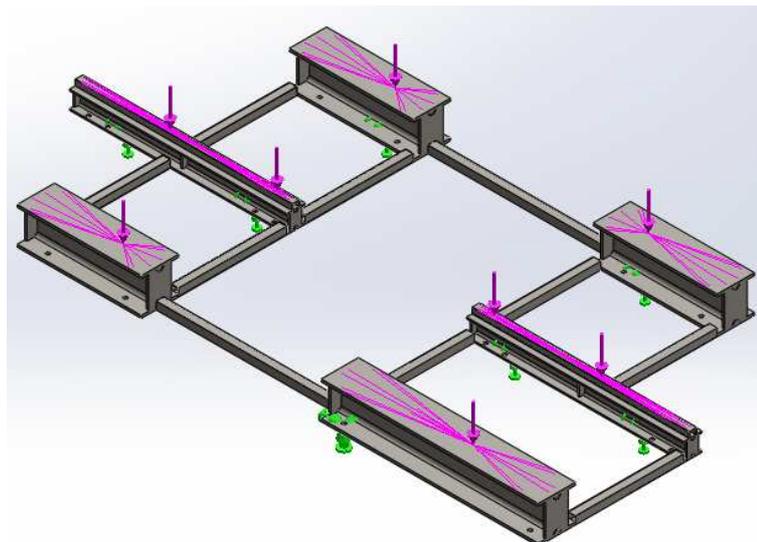


Figura 50 Distribución de cargas en Skid

Fuente: Programa CAD

4.4.1.2. Sujeciones

Como se puede observar en la Figura 4.13 se establecen las sujeciones en los orificios de los pernos con los cuales se sujetara cada una de las vigas.

4.4.1.3. Resultados

Esfuerzos de Von Mises

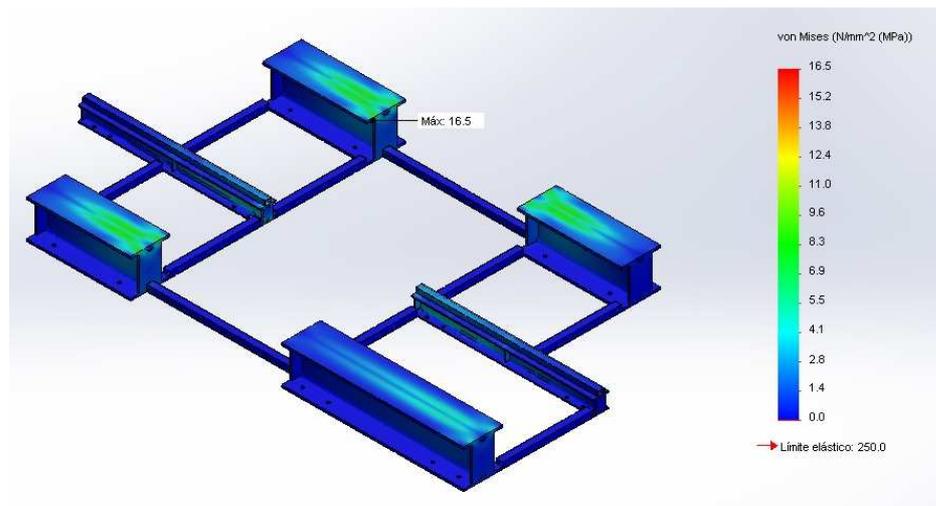


Figura 51 Resultado de esfuerzos de Von Mises en Skid

Fuente: Programa CAD

Deformación unitaria equivalente

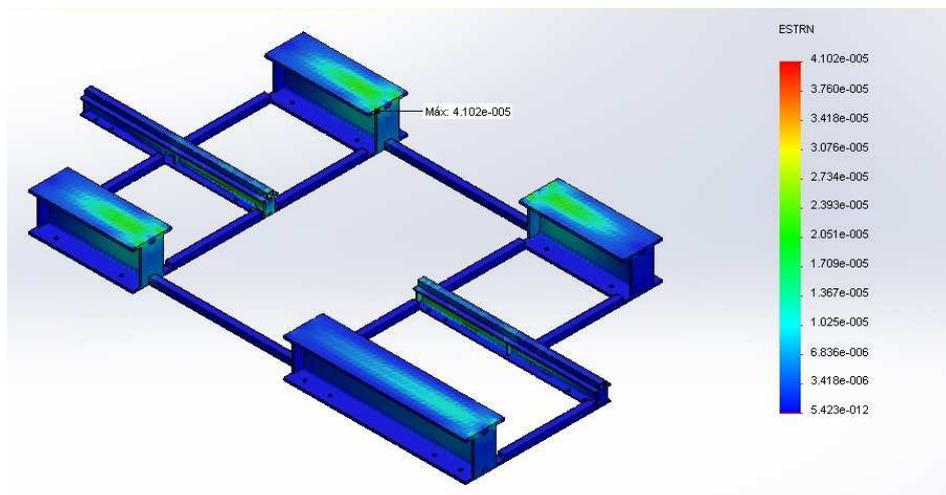


Figura 52 Resultado de deformaciones unitarias en Skid

Fuente: Programa CAD

4.4.2. SIMULACIÓN DE ESTRUCTURA DERECHA.

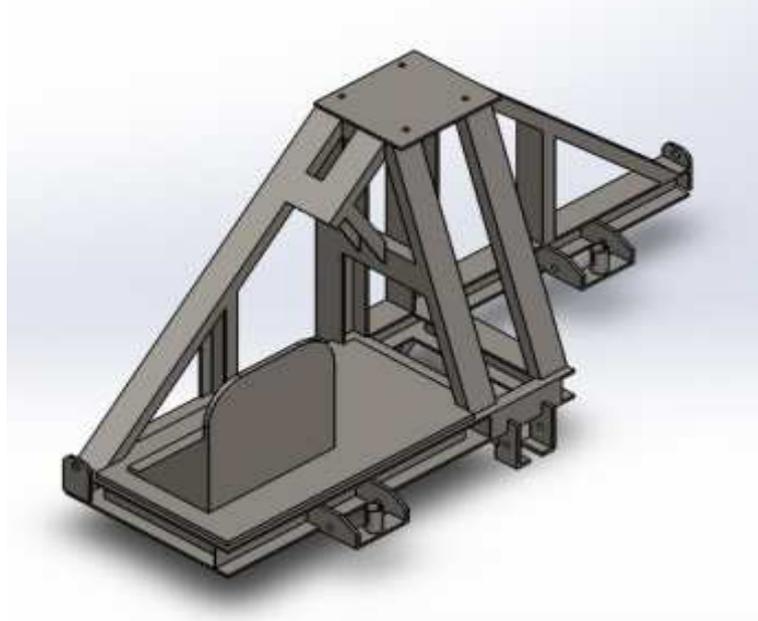


Figura 53 Esquema estructura derecha modificada
Fuente: Programa CAD

4.4.2.1. Cargas

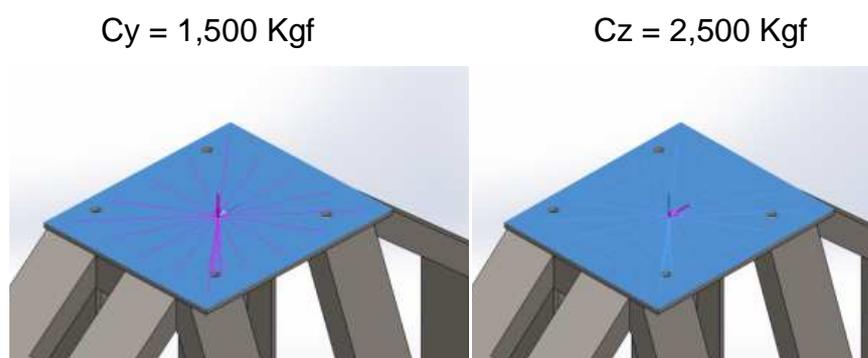


Figura 54 Esquema de cargas para estructura derecha
Fuente: Programa CAD

4.4.2.2. Sujeciones

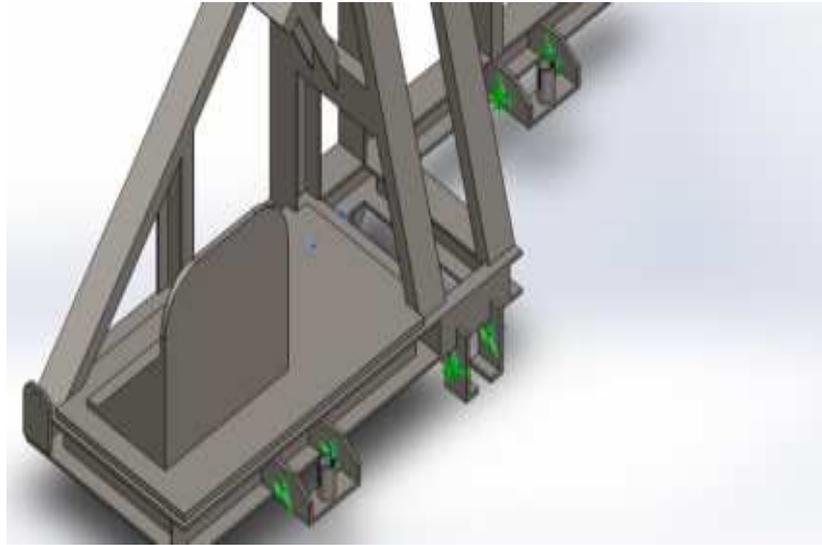


Figura 55 Esquema de sujeciones para estructura derecha

Fuente: Programa CAD

4.4.2.3. Resultados

Esfuerzo de Von Mises

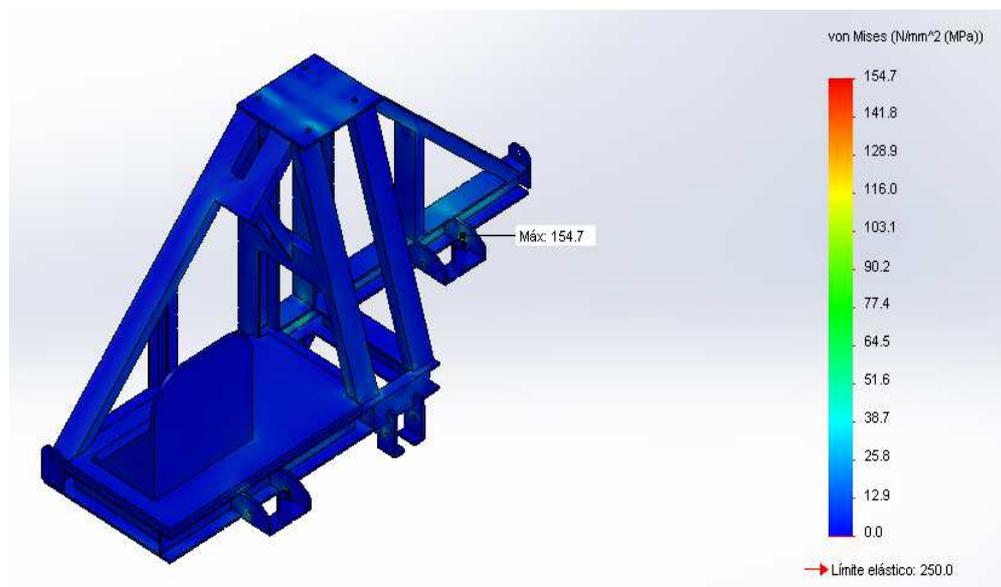


Figura 56 Resultado esfuerzo de Von Mises estructura derecha

Fuente: Programa CAD

Deformación unitaria equivalente

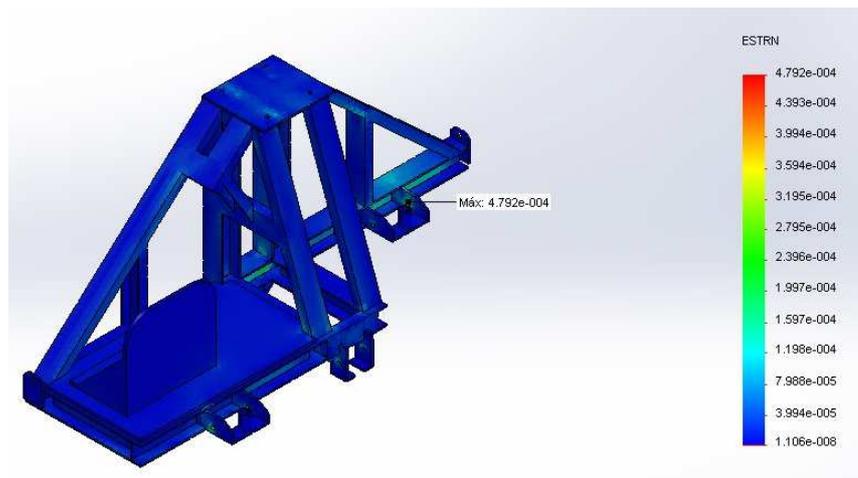


Figura 57 Resultado de deformación unitaria estructura derecha
Fuente: Programa CAD

4.4.3. SIMULACIÓN DE ESTRUCTURA IZQUIERDA.



Figura 58 Esquema estructura izquierda modificada
Fuente: Programa CAD

4.4.3.1. Cargas

$C_y = 1,500 \text{ Kgf}$

$C_z = 2,500 \text{ Kgf}$

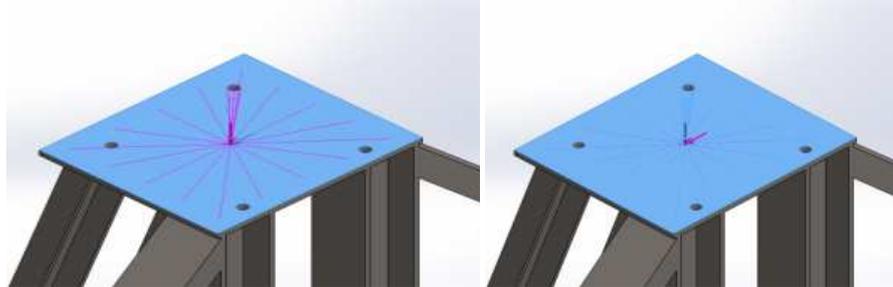


Figura 59 Esquema de cargas para estructura izquierda

Fuente: Programa CAD

4.4.3.2. Sujeciones



Figura 60 Esquema de sujeciones para estructura izquierda

Fuente: Programa CAD

4.4.3.3. Resultados

Esfuerzo de Von Mises

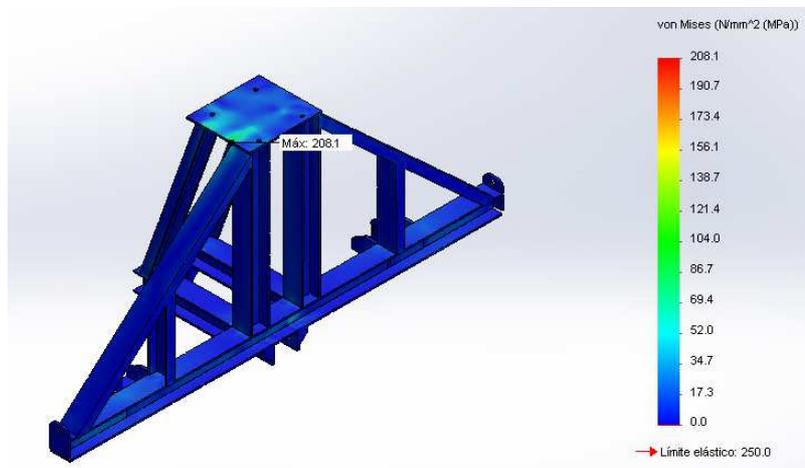


Figura 61 Resultado esfuerzo de Von Mises estructura izquierda
Fuente: Programa CAD

Deformación unitaria equivalente

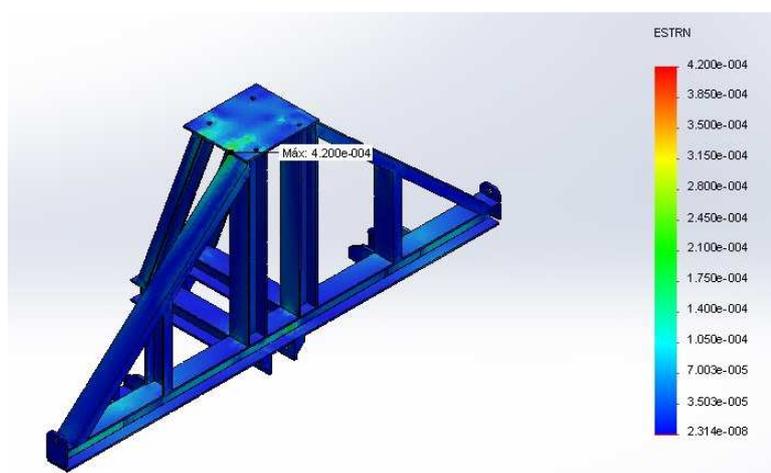


Figura 62 Resultado deformaciones unitarias de estructura izquierda
Fuente: Programa CAD

4.4.4. SIMULACIÓN BANDEJA DE ELEVACIÓN.

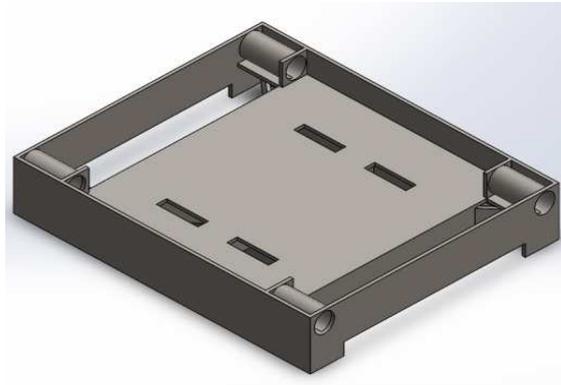


Figura 63 Esquema bandeja de elevación

Fuente: Programa CAD

4.4.4.1. Cargas

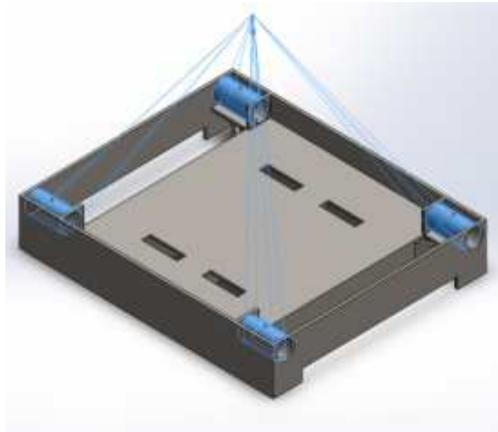


Figura 64 Esquema carga bandeja de elevación

Fuente: Programa CAD

4.4.4.2. Sujeciones

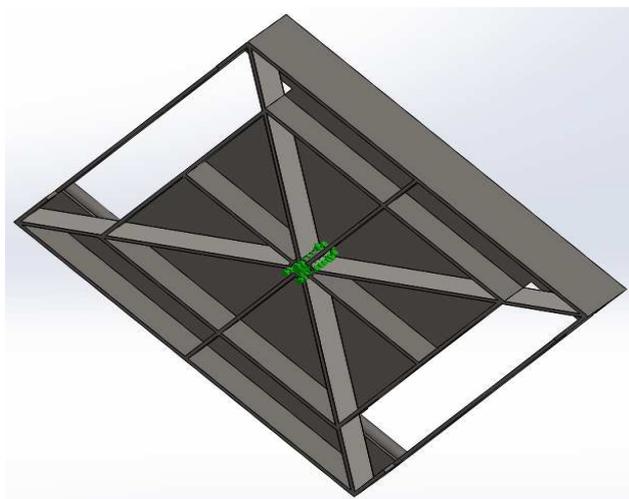


Figura 65 Esquema carga bandeja de elevación

Fuente: Programa CAD

4.4.4.3. Resultados

Esfuerzo de Von Mises

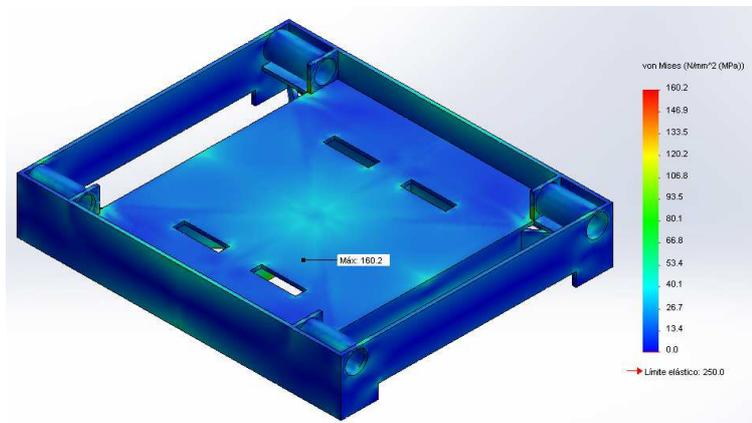


Figura 66 Resultado esfuerzo de Von Mises bandeja de elevación

Fuente: Programa CAD

Deformación unitaria equivalente

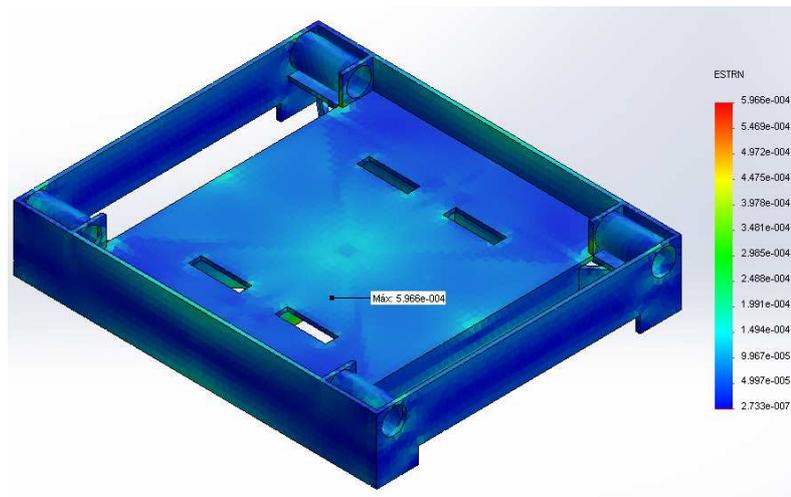


Figura 67 Resultado de deformaciones unitarias bandeja de elevación
Fuente: Programa CAD

CAPITULO 5

5. ANÁLISIS ECONÓMICO.

5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para la fabricación de la máquina bobinadora de cable, se obtuvieron varias proformas de los materiales y elementos a utilizar, este estudio se lo realizó en el mercado local con diferentes empresas que poseen los mismos.

Tabla 26 Costos de materiales estructurales

ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A.				
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	VALOR	
1	VIGA HEB 300	1	\$	3.570,88
2	VIGA HEB 120	1	\$	410,00
3	PLANCHA 12MM	1	\$	1.303,49
4	PLANCHA 10MM	1	\$	374,29
			SUBTOTAL	\$ 5.658,66
			IVA (12%)	\$ 679,04
			TOTAL	\$ 6.337,70

Fuente: Acero comercial

Tabla 27 Costos de ejes y complementos

IVAN BOHMAN C.A.					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
1	EJE SAE 1018 5" X 35MM (24)	85	\$ 3,20	\$	272,00
2	EJE SAE 1018 3" X 100MM (1)	3,6	\$ 2,55	\$	9,18
3	EJE 705 90MM X 350MM (4)	70	\$ 4,02	\$	281,40
4	RODAMIENTOS FAG 6307	24	\$ 16,00	\$	384,00
5	BARRA PERFORADA 75 x 40 (1)	116	\$ 5,00	\$	580,00
6	CORTE DE EJES	1	\$ 15,00	\$	15,00
				SUBTOTAL	\$ 1.541,58
				IVA (12%)	\$ 184,99
				TOTAL	\$ 1.726,57

Fuente: Ivan Bohman

Tabla 28 Costo total de materiales

COSTO APROXIMADO DEL MATERIALES		
ITEM	EMPRESA	COSTO
1	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A.	\$ 6.337,70
2	IVAN BOHMAN C.A.	\$ 1.726,57
TOTAL		\$ 8.064,27

Fuente: Propia

Como se puede observar en la Tabla 5.3 el costo aproximado de los materiales fue de \$8.064,27 el cual se lo tomo como referencia para aceptar la propuesta de la empresa fabricante de la nueva estructura.

La mayoría de los componentes del sistema hidráulico no se lo cotizo ya que Halliburton posee la facilidad de adquirirlos mediante sus proveedores en la ciudad de Francisco de Orellana. Los elementos que fueron cotizados fuera de la ciudad antes mencionada se los muestra en la siguiente tabla.

Tabla 29 Costo de accesorios sistema hidráulico

NEUMAC				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Cilindros hidráulicos 100 X 250mm	1	\$ 860,00	\$ 860,00
2	Válvula manual	1	\$ 680,00	\$ 680,00
			SUBTOTAL	\$ 1540,00
			IVA (12%)	\$ 184,80
			TOTAL	\$ 1724,80

Fuente: Neumac

Con estos costos se estableció un presupuesto de \$20,000.00 USD para la construcción de la nueva máquina, en este costo se incluyó la propuesta de la empresa constructora METALARCO, los cambios generados por la obra civil requeridos para la implementación del nuevo sistemas y los componentes hidráulicos requeridos para la el funcionamiento adecuado del proyecto.

5.2. ANÁLISIS DE IMPACTO SOCIAL, TÉCNICO Y ECONÓMICO

5.2.1. Análisis de impacto social.

En el desarrollo del proyecto se estableció un alto compromiso con la seguridad de los operadores, por lo tanto en el diseño de la máquina se incluyo las protecciones y sistemas de seguridad contra posibles accidentes, como por ejemplo:

- Reducción de los puntos de atrapamiento.

- Reducción de manipulación de elementos mecánicos.
- Implementación de guardas de seguridad para limitar el área.
- Sistema hidráulico de paro de emergencia.
- Cajas de seguridad para evitar la manipulación de válvulas y elementos que regulables.
- Protecciones para habilitar el área cuando no se ocupe la máquina.
- Protecciones para los elementos del sistema hidráulico.

Con estos parámetros de seguridad se consolido la seguridad en el trabajo en el área de cables, reduciendo notablemente la posibilidad de accidente en el área de cables.

5.2.2. Análisis de impacto técnico.

Con el desarrollo de este proyecto se contribuyo para que la empresa pueda establecer nuevos parámetros de calificación de proyectos que se desarrollaran a futuro en la misma. Estos parámetros fueron establecidos al momento de generas las diferentes certificaciones que la máquina deben cumplir.

Los parámetros establecidos son los siguientes:

- Empresa constructora debe poseer certificaciones de calidad.
- Los materiales para la construcción deben poseer sus respectivos certificados de calidad.
- El personal debe tener alto conocimiento de los procesos de manufactura y si es necesario como es el caso de soldadores deben ser calificados por una entidad reguladora.
- Se debe desarrollar un Dossier de calidad para las diferentes áreas en las que se desenvuelva el proyecto, este debe poseer los siguientes elementos:
 1. Certificados de calidad de la empresa.
 2. Certificados de operadores.
 3. Certificados origen y/o construcción de elementos.

4. Memorias técnicas de diseño.
 5. Certificaciones del nuevo proyecto.
 6. Planos referenciales.
- Los proyectos deben cumplir los estándares internacionales de calidad y seguridad de la empresa Halliburton.

Con el cumplimiento de estos parámetros la compañía obtiene un respaldo que garantiza el desarrollo de su nueva infraestructura y obliga a sus proveedores a mejorar sus estándares de calidad en sus productos y servicios.

5.2.3. Análisis de impacto económico.

Gracias al análisis económico realizado para este proyecto se obtuvo los diferentes costos para la implementación del nuevo sistema, los cuales fueron rigurosamente analizados y optimizados. Se redujo el costo de elementos hidráulicos (cilindros hidráulicos, mangueras, acoples y válvulas) que se obtuvieron dentro de la empresa, los cuales disminuyen significativamente el costo general de la máquina.

Por otra parte con el conocimiento del costos real de los materiales a utilizar se puede generar una mejor negociación con los diferentes proveedores.

CAPITULO 6

6. CONSTRUCCIÓN, ENSAMBLAJE Y PRUEBAS

Una vez realizado y aprobado el rediseño de la máquina, se procede a la planificación de la construcción de los nuevos componentes según los planos del Anexo D - PLANOS-.

6.1. LISTADO DE MATERIALES

Los materiales requeridos para la construcción de los nuevos elementos de la máquina según el diseño realizado son:

Tabla 30 Lista de materiales para construcción

LISTADO DE MATERIALES			
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD
1	PLANCHA DE ACERO NAVAL ESPESOR 15mm	1,5 X 1,5	METROS
2	PLANCHA DE ACERO ESPESOR 12mm	1,5 X 3	METROS
3	VIGA HEB 240	4	METROS
4	VIGA HEB 120	3	METROS
5	EJE ACERO 4140 DIAMETRO 4"	500	MILIMETROS
6	EJE ACERO SAE 1018 DIAMETRO 3"	1,4	METROS
7	EJE ACERO SAE 1018 DIAMETRO 1"	1	METRO
8	EJE ACERO 705 DIAMETRO 3"	1,5	METROS
9	TUBERIA DE ACERO CEDULA 40 DIAMETRO 3"	700	MILIMETROS
10	TUBERIA DE ACERO CEDULA 40 DIAMETRO 1¼"	1,7	METROS
11	TUBERIA DE ACERO CEDULA 40 DIAMETRO 1"	1,7	METROS
12	TUBERIA DE ACERO CEDULA 40 DIAMETRO 1 ½"	500	MILIMETROS
13	TUBERIA DE ACERO CEDULA 40 DIAMETRO 2"	600	MILIMETROS
14	RODAMIENTOS 4T 15101 / 15243	8	UNIDADES
15	PEFIL LAMINADO U 50X37	2,8	METROS
16	PLACA DE 110mm X 120mm ESPESOR 2"	10	UNIDADES
17	CILINDROS HIDRAULICOS CARRERA DE 250 3000PSI	3	UNIDADES
18	BOMBA AUTO COMPENSADA	1	UNIDADES
19	MANOMETRO	1	UNIDADES
20	VALVULA 4-3 CENTRO CERRADO MANDO MANUAL	1	UNIDADES
21	VALVULA LIMITADORA DE PRESION	1	UNIDADES
22	MANGUERAS	10	METROS

Fuente: Propia

6.2. CONSTRUCCION Y ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA

6.2.1. Construcción

Para la construcción de la máquina se designo a la contratista Metalarco Cia. Ltda., empresa que se encuentra calificada como proveedora de servicios de construcción metal mecánica, esta empresa brinda todas las facilidades para corte, maquinado y soldado de las piezas. Con la entrega de los planos de construcción y hojas de proceso se dio inicio a este proceso.

6.2.1.1. Descripción del proceso de construcción

Los diagramas de flujo que se presentan en el Anexo D - DIAGRAMAS DE PROCESOS- describe cada uno de los procesos que se realizaron para la fabricación de los nuevos elementos de la máquina, estos procesos están directamente relacionados con las hojas de procesos que se encuentran en el Anexo D -HOJAS DE PROCESOS-.

6.2.2. Ensamblaje de Máquina.

Después de culminado el proceso de manufactura y unión de los nuevos elementos, la contratista de Halliburton para inspecciones estructurales SETE procedió a realizar los ensayos no destructivos para la certificación de la máquina, obteniendo resultados positivos que se muestran en el Anexo E -INFORME DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS-.

Para el montaje estructural se cumplió con los procedimientos de Ordenes de Trabajo y Análisis de Riesgos, requeridos por Halliburton a sus contratistas, los cuales se encuentran adjuntos en el Anexo E -PERMISOS DE TRABAJO-.



Figura 68 Ensamble completo de proyecto

Fuente: (HALLIBURTON)

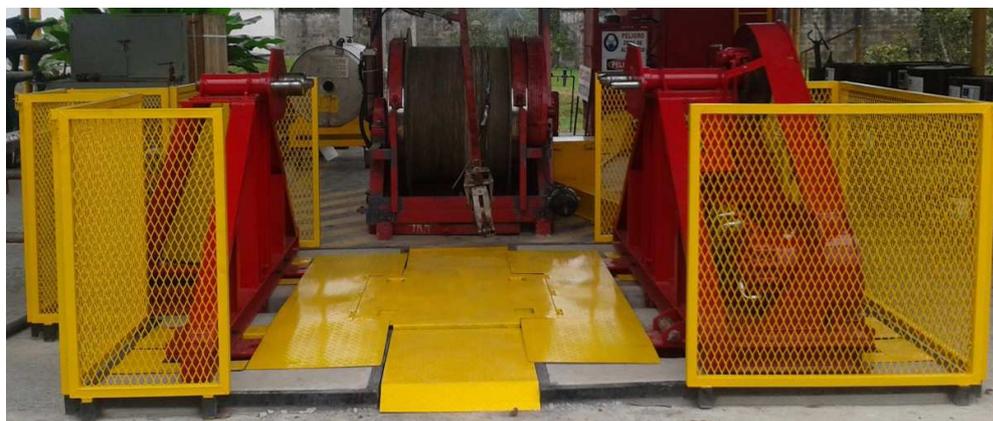


Figura 69 Ensamble de placas de seguridad para habilitar espacio de trabajo

Fuente: (HALLIBURTON)

6.2.3. Ensamble de sistema hidráulico

Este sistemas está compuesto con los elementos hidráulicos descritos en la tabla de materiales y posee la siguiente configuración.

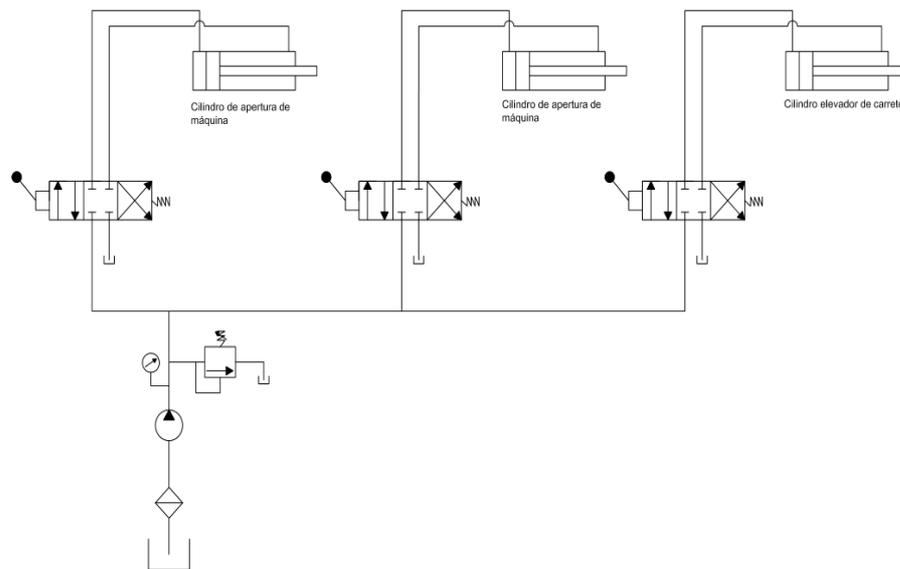


Figura 70 Diagrama de sistema hidráulico

Fuente: (HALLIBURTON)

Para su implementación se modificó del sistema powerpack que alimenta a los sistemas hidráulicos en el área de cables, estas modificaciones se describen a continuación:

- Acoplamiento de bomba AA4VG90EP1DT1/32L



Figura 71 Acoplamiento de bomba a PowerPack

Fuente: (HALLIBURTON)

- Instalación de manómetros, válvulas y accesorios.



Figura 72 Instalación de accesorios

Fuente: (HALLIBURTON)

- Instalación de válvulas de control para los diferentes sistemas del powerpack.



Figura 73 Instalación válvulas de control de flujo

Fuente: (HALLIBURTON)

Para el control del sistema de desplazamiento y bobinado se instalaron los siguientes componentes:

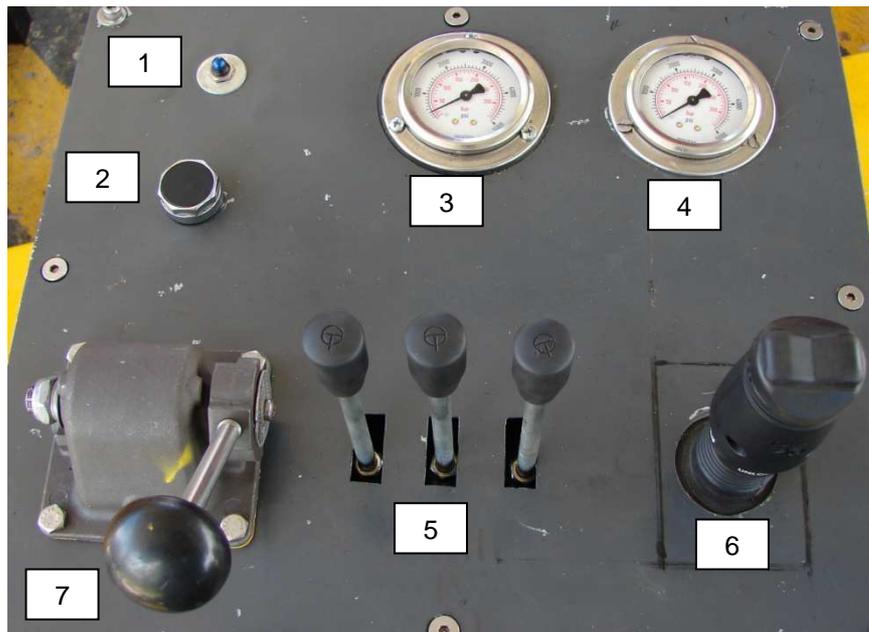


Figura 74 Panel de control

Fuente: (HALLIBURTON)

Tabla 31 Descripción de elementos de panel de control

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Indicador LED de encendido
2	Pulsador Sistema de Desplazamiento
3	Manómetro Alimentación Motor
4	Manómetro Sistema de Desplazamiento
5	Válvula 3-4 centro cerrado 3 palancas
6	Válvula control de velocidad de Motor
7	Válvula Neumática de Sistema de Frenado

Fuente: (HALLIBURTON)

El sistema de desplazamiento está conformado por:

1. Cilindros hidráulicos



Figura 75 Cilindros de desplazamiento de máquina y elevación de bandeja
Fuente: (HALLIBURTON)

2. Válvulas reguladoras de caudal
3. Accesorios y mangueras.

6.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Culminado el ensamble, se examinó el sistema hidráulico y se estableció la presión de trabajo que la presión máxima de trabajo es de 2000 PSI, las pruebas de funcionamiento se las realizó tomando en cuenta la norma ASME B30.7 - 2001 ELEVADORES DE TAMBOR MONTADOS SOBRE BASE, Capítulo 7-2, Sección 7-2.2. Pruebas.

6.3.1. Pruebas en vacío.

Se realizaron pruebas a distintas presiones, empezando desde 500PSI y aumentando 500PSI cada 30 minutos hasta alcanzar los 2000 PSI. En el periodo de tiempo se observaron cada unos de las estructuras y se verificó los elementos que las conforman al momento de su desplazamiento. Las pruebas se las realizaron de dos maneras:

- Sin carrete.



Figura 76 Prueba de máquina sin carrete

Fuente: (HALLIBURTON)

- Con carrete vacío.



Figura 77 Prueba de máquina con carrete vacío

Fuente: (HALLIBURTON)

La prueba de vacío sin carrete se realizó para verificar el estado inicial de todo el ensamble (mecánico e hidráulico), su correcto desplazamiento y funcionamiento. Una vez concluida esta prueba se realizó la prueba con carrete vacío para verificar el correcto ensamble de las estructuras con el carrete.

6.3.2. Pruebas con cargas.

Estas pruebas fueron realizadas con presión de trabajo de 2000 PSI en el sistema hidráulico. Por la falta de disponibilidad de carretes nuevos se

utilizó un carrete viejo que contenía el peso requerido para esta prueba tal como se muestra en el Figura 6.11.



Figura 78 Prueba de máquina con carrete lleno

Fuente: (HALLIBURTON)

En esta prueba se verifico lo siguiente:

- Carga de carrete en bandeja de elevación.
- Elevación y descenso de bandeja con carrete.
- Acople de carrete con estructuras de soporte.
- Descenso de bandeja de elevación sin carrete.
- Acople sistema de seguridad con carrete.

Para las pruebas de tensión se utilizo la Unidad de Registro, un carrete vacio para el bobinado de cable y la unidad de tensión CAPSTAN. Se lo realizó de esta manera ya que con la Unidad de Registro se puede comprobar la tensión de bobinado del motor hidráulico con la tensión que registra la Unidad de Registro. En la Tabla 6.3 se evidencia las diferentes tensiones a la que fue sometida la máquina.

Tabla 32 Tensiones de prueba

PRUEBA NÚMERO	TENSIÓN (PSI)	REGISTRO FOTOGRÁFICO
1	300	
2	700	
3	800	
4	1000	
5	1500	
6	2000	
7	2800	
8	3000	

Fuente: (HALLIBURTON)

Con cada una de las tensiones se enrolló un cama en el carrete y cada bobinado duro 10 minutos, en estas pruebas se verificó que el sistema de bloqueo de movimiento trabaje según lo diseñado.

En las pruebas de vacío, carga y tensión la máquina no presentó ningún problema, los componentes no sufrieron sobreesfuerzos y las estructuras no presentaron ningún tipo de deformación por trabajo.

6.4. ELABORACION DE LOS MANUALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.

El manual de operación y mantenimiento se encuentran en el Anexo F -MANUALES DE OPERACIÓN- y Anexo F -MANUAL DE MANTENIMIENTO- respectivamente.

CAPITULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

1. Se rediseño, reconstruyó y se probó la nueva máquina que cumple la carga de 5 toneladas, soporta la tensión de trabajo de 3000 PSI, reduce las operaciones peligrosas al momento de manejar carrete de cable, aumentó la seguridad en el área de cables y al momento del bobinado del cable.
2. El estudio de las estructura que conformaban la máquina anterior fue fundamental para conocer el estado de los componentes de cada una y saber si la configuración tenía la capacidad de seguir soportando las cargas de trabajo.
3. Con los resultados de los estudios generados, fue importante realizar la inspección visual en los puntos más críticos y a toda la máquina para detectar si sus elementos presentaban algún tipo de deflexión o la soldadura mostraba algún tipo de fisuras.
4. La aportación de los involucrados en este proyecto por parte de la empresa Halliburton fue de gran importancia para diseñar un proyecto que se direcciona directamente a las necesidades del personal y cumpla los más altos niveles de seguridad industrial, de esta manera se redujo el peligro al momento de manipular los diferentes carretes en el área de cables.
5. El generar varios tipos de modelos para el proyecto fue de gran ayuda para resolver las necesidades del personal y realizar un estudio económico acorde al presupuesto establecido para el mismo. De esta manera se pudo reducir mediante pequeños cambios el costo de la modificación de la máquina.
6. Si la empresa tiene la capacidad de obtener varios recursos dentro de sus instalaciones, es importante que estos sean analizados para añadirlos al proyecto y de esta forma de reducir más costos.

7. Los resultados obtenidos en las pruebas y el los trabajos realizados a continuación de las mismas, fueron favorables ya que la máquina soporto las cargas de trabajo sin sufrir ningún sobre esfuerzo estructural que comprometa al diseño.

7.2. RECOMENDACIONES

1. Para la ejecución de la reingeniería de la máquina o de un proceso se necesita obtener la mayor cantidad de información del mismo, ya que de esta manera se puede generar un estudio integral el cual arrojará datos reales de la estado actual de la máquina o del proceso.
2. Durante el proceso de manufactura, se tiene que realizar diariamente el control de calidad de los trabajos realizados, verificando las medidas según los planos y la tolerancias admisibles. Con esto se evita problemas de reproceso y descuadres de la máquina al momento de realizar el montaje.
3. En la etapa de construcción es importante la conjunción de los partes involucradas, ya que la comunicación y el buen entendimiento del proyecto hará que los resultados sean favorables, se reduzcan los tiempos de reproceso y se cumplan los tiempos estipulados.
4. Al momento de realizar el diseño hay que tener un vasto conocimiento de los materiales que se van a utilizar y su disponibilidad en el mercado local, ya que si no se encuentran, los tiempos se alargan por importación de materiales y los costos aumentan notablemente afectado directamente al presupuesto del proyecto.
5. Dentro de la duración del proyecto se generaron varias necesidad por parte de la empresa para realizar mejoras en ciertos procesos, los cuales pueden ser parte de pasantías o proyectos de grados que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica pueden resolver, es por esto que se recomienda establecer convenios con la empresa auspiciante para mejorar el desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera.

6. Se recomienda que los estudiantes que realizan este tipo de proyectos tengan plena disponibilidad de tiempo en todas las etapas del desarrollo del mismo, esto complementará el desarrollo personal y profesional del estudiante.

BIBLIOGRAFÍA

ANCOIL. (s.f.). Obtenido de http://www.ancoil.com.ar/productos_hidraulica.php

CWS INDUSTRIES. (s.f.). Obtenido de

<http://www.cwsindustries.com/images/pdf/spanish/cws-cable-reeler-spanish.pdf>

DirectINDUSTRY. (s.f.). Obtenido de

<http://www.directindustry.es/prod/loimex/desenrolladoras-enrolladoras-cables-37551-1192441.html>

ELECTRICAL, G. C. (s.f.). CABLE DRUM HANDLING.

expometals.net. (s.f.). Obtenido de <http://www.expometals.net/es-es/equipos/detalles-del-producto-inosym-ltd/carretes-renforzados-con-bridass-met%C3%A1licas-para-cable-alambre-y-cuerda>

HALLIBURTON. (s.f.). ECUADOR.

MOBAC. (s.f.). Obtenido de http://www.mobac.de/spanisch/s_folder/index_s.html

MOOG ANIMATICS. (s.f.). Obtenido de WINDINGINDUSTRIESOLUTIONS:

<http://www.animatics.com>

Nexans. (s.f.). Obtenido de

http://www.nexans.com.br/SouthAmerica/2008/Package_es.pdf

Tecnologías técnicas. (s.f.). Obtenido de http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/Page4769.htm

UNICILINDROS. (s.f.). Obtenido de <http://www.unicilindros.com.co/boletin-tecnio/6-cilindros-hidraulicos>

ANEXOS

- Anexo A:
 1. ANÁLISIS DE RIESGOS

- Anexo B
 1. HOJAS DE CALCULOS

- Anexo C
 1. PROFORMAS

- Anexo D
 1. PLANOS
 2. HOJAS DE PROCESO
 3. DIAGRAMAS DE PROCESOS

- Anexo E
 1. INFORME INSPECCION END
 2. CERTIFICADO ACEPTACIÓN DE MÁQUINA

- Anexo F
 1. MANUAL DE OPERACIÓN
 2. MANUAL DE MANTENIMIENTO

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

ANEXO E

ANEXO F