

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**REDISEÑO Y PROPUESTA DE MEJORAS DEL TUBO
TELÉSCOPICO DEL CARGADOR DE BARCOS EN LAS
INSTALACIONES DEL MUELLE PETROQUÍMICO DE JOSE**

**Realizado por:
Pedro Miguel Bastidas Cáceres**

**Trabajo de grado presentado ante la Universidad de
Oriente como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

Barcelona, Marzo de 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**REDISEÑO Y PROPUESTA DE MEJORAS DEL TUBO
TELÉSCOPICO DEL CARGADOR DE BARCOS EN LAS
INSTALACIONES DEL MUELLE PETROQUÍMICO DE JOSE**

**Trabajo de grado presentado ante la Universidad de
Oriente como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

ASESORES:

**Ing. Richard Estaba
Asesor Académico**

**Ing. José López
Asesor Industrial**

Barcelona, Marzo de 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**REDISEÑO Y PROPUESTA DE MEJORAS DEL TUBO
TELÉSCOPICO DEL CARGADOR DE BARCOS EN LAS
INSTALACIONES DEL MUELLE PETROQUÍMICO DE JOSE**

**Trabajo de grado presentado ante la Universidad de
Oriente como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

Ing. Antonio Franco
Jurado Principal

Ing. Carmen García
Jurado Principal

Barcelona, Marzo de 2009

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de Grado de la Universidad de Oriente:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SOLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, EL CUAL LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”

DEDICATORIA

Yo, "...creo en muchas cosas que no he visto, UD(s) también, lo sé, no se puede negar la existencia de algo palpado por más etéreo que sea. No Hace falta exhibir una prueba de decencia de aquello que es tan verdadero; el único gesto es creer o no. Algunas veces hasta creer llorando. Se trata de un tema incompleto porque le faltan respuestas, respuestas que algunos de ustedes quizás le puedan dar...". Dedico este logro al **TODOPODEROSO**, es el **SEÑOR** y al **DR. JOSÉ GREGORIO HERNÁNDEZ** salvadores de mi en todo momento. Gracias, siempre estaré en deuda con ustedes.

A, mi **MADRE**, HERMINIA, por sus palabras de estímulos, por sus comentarios tan particulares pero oportunos y por sobre todo por permitirme ser el regalo más peculiar aquel domingo 08 de mayo, donde se celebró el día de las madres. Por mi partida, nunca estuviste de acuerdo pero lo que no sabes es que fuiste un modelo a seguir, tantas palabras para sólo decir, que TE ADORO, en fin lo que se hereda no se hurta, tu hijo.

A, mi **PADRE**, El Maestro, de ti aprendí que en estos casos sólo se debe tener paciencia; aunque nunca tengo sabiduría, patrón esperanzador, elocuencia y reproche artístico. Jamás olvidare la llamada que me hiciste para que formara parte de la Universidad de Oriente, no sabes la alegría que me causo, aunque tampoco estuviste de acuerdo de que continuara mis estudios aquí en Anzoátegui, para mi fue difícil, pero lo debía hacer. Sabes, también te admiró; TE ADORO. Papá, Mamá para mi es indiferente quien va de primero; sólo me alegra saber que están aquí para compartir un triunfo que también de es ustedes.

A mis **HERMANAS**: ANDREEYNA, dulce y agria como el limón, tu fuiste el primer ejemplo de los hijos BASTIDAS CÁCERES en lograr un triunfo como esté, tú comida es muy sabrosa, gracias por tus peleas y tu compañía. La GORDA (Andry) embustera y carismática, también el segundo ejemplo a seguir, gracias por saberme escuchar y por asociarte conmigo para poderle ganar a Andreeyna, que Dios cuide a tu hija. ADRIAN, antipática y colaboradora, tu lentitud me enseñó a no desesperarme, siempre recuerdo los zapatos que me regalaste cuando no tenía. LAS QUIERO. Su hermano el Jefe.

A La Bruja de mi **ABUELA** IRMA, tu dedicación con nosotros no tiene precio, siento mucha alegría en saber que soy tu nieto preferido pero no deja de olvidarse, las pelus innecesarias que mi mamá nos causaba por tu influencia caprichosa. Pero igual gracias. Saludos a mi **tío** PERUCHO, el popular confidente, tus juguetes eran muy bonitos y tus consejos también.

A la gordita **ALEXANDRA**, me quedé sin palabras, pero ya va, hay voy. Mi compañera de dificultades, amiga y compañera de jaula, mi reacción antes las acciones, jamás olvido tu amargura con razón, en hacerme entender que yo podía pasar Mecánica de los Fluidos y que no tenía porque desistir al sueño de poder ser ingeniero, de verdad gracias por no dejarme ir. TE QUIERO y aprecio todas tus *artimañas* que hiciste para que me pudiera sentir como en Barinas, tu mamá nunca estuvo de acuerdo pero se hizo la loca, risas. Aún estoy en deuda contigo, risas, luego te pagó.

A la **MEMORIA**, de mi Hermano Alexander “Celedonio” Bastidas, pocas palabras muchas vivencias, siempre serás mi demonio protector. Machete y maíz pal suelo.

A las Señoras: la tía de Nenena, Deyanira Russian, Zaida Fermín y Lilian Mata. Con sinceridad mi familia y yo, se han sentido muy emocionados de que me hayan brindado el apoyo, atención, pernocta y por formar parte del grupo de comensales familiar. Gracias por dejarme abrir la nevera de sus casas.

Bueno llegó la hora de decir, GUASIPATÍ TOMORROW NIGHT, si les sigo mencionado, pues seguiré llorando, es por eso, “por si acaso yo no vuelvo me despido a la llanera”. Discúlpeme, si los que no están no son y si los que son no están, pero deben sentirse feliz de que tengo una memoria de elefante.

Pedro Miguel Bastidas Cáceres.

PEM'S 08.

AGRADECIMIENTO

A Dios y al Dr. José Gregorio Hernández, por ser mi custodio en los momentos de alegrías y de tristezas. Durante el transcurrir del tiempo han sido luz para mi vida y regazo para mi alma.

A mis Padres Herminia y Pedro por ser complacientes y por su esfuerzo incondicional. Aunque esto no acaba aquí, risas, aún les queda.

A mis hermanas, Andriina, la Gorda (Andry) y su niña Abril y Adrian, por las consideraciones y estímulos que siempre me manifiestan.

A la gordita Alexandra, gracias por tu ayuda y tu comprensión. Por prestarme tus cosas cuando las necesite y por todo, gracias.

A mis amigos y amigas, concañeros, chuleteros, forzarlo todo y compañeros de trasnocho intelectual, grandes anécdotas. El Cura (Miguel Bello), Nenena (Marlyn Hernández), el Compadre (Gustavo Moreno), Teta e Perra (Teddy Castellano), el Choricíño (Mauricio Aguerri), Araña (Ebert Cardozo) y la Marisca (Jesús Rojas). Mis respetos.

A mis compañeras y compañeros de aulas universitarias y también concañeros: el Sifrino (Dorian Oliveros), Charlin (Fernando Hernández), el Malandro Warao (Freddy Pereira), Wiston (Jesús Lira), La Gata Gorda (Aldemar Hernández), el Latonero (Genaro Silva), la Mente Comelona (Carlos Mosqueda), buen grupo de estudio y 3000 peleas/min. Agradezco su amistad.

Al viejito Bombón (Gregorio Moreno), por su “poco a poco y sin apuro”, que DIOS te tenga a su lado. No podía faltar el Portugués Merideño, *Leonard Parra*, por su afinidad y sus largas charlas consejeras.

Al Prof. Richard Estaba, tutor incondicional gracias por brindarme su asesoría y orientarme cuando estaba más perdido que Bariniteño en New York.

A los profesores de la Universidad de Oriente que me enseñaron lecciones académicas, de vida, disciplina y sobre me enseñaron a pensar como ingeniero, cuando en su momento no lo entendí. Comienzo en ascenso académico durante mi etapa: Prof. (a) María Figueroa, jamás se olvida la explicación del “momento” y el tiempo de explicación en su hogar de Construcciones Metálicas, Prof. (a) Delia Villarroel por exigirme avance al 5^{to} semestre, Prof. Eduardo Rengel, por perdonarme la insistencia con mi compañera de examen. Prof.(a) Anabelis Rodríguez, gracias por su orientación, Prof.(a) Gloris López, absuélvame de la insistencia con las metalografías.

A mis compañeros de pasantías, como hice varias, me puedo extender, pero UD(s) me comprenden.

Al Ing. José López, agradezco su excelente disposición y al Operador Luis Bidue, por sus recorridos dentro de las instalaciones portuarias.

Al equipo multidisciplinario de REPRESENTACIONES COMPUHEMA C.A, compuesto por: mi Mamá, la Gorda, Yuli, el Obrero, Yorvint Alberl. AGRADECIDO de verdad porque me aceptaron en un momento donde nadie trabajaba. Yo sé que ustedes celebraron después de mi partida. No por mi

traslado sino porque ya no había más fastidio, risas. Les agradezco su excelente disposición .

A todas aquellas personas que estuvieron a mi lado y dieron su colaboración para que de alguna manera esto fuera posible. Mil Gracias. Yo los recordaré cuando este en la GLORIA.

Pedro Miguel Bastidas Cáceres.

PEM'S 08.

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación se centró en el rediseño y una propuesta de mejoras del Tubo Telescópico, motivado por el desprendimiento y fallas del mecanismo de izamiento, afectando las operaciones normales necesarias para el despacho de urea, por lo que se hizo necesario describir en profundidad las condiciones actuales del sistema operacional del surtidor telescópico. La herramienta de análisis Causa-Raíz (ACR), permitió definir las acciones necesarias para solucionar el problema. Para el desarrollo del ACR, se realizó un análisis metalográfico para identificar el mecanismo de deterioro de las guayas, adicionalmente; fue necesario realizar los cálculos analíticos de esfuerzos del sistema que permitieron la verificación de los parámetros originales de diseño; la propuesta de modificación constó en sugerir: reemplazo de cable de acero anticorrosivo, de elevada resistencia a la fatiga y de mayor esfuerzo de ruptura, agregar eslingas paralelas sintéticas de seguridad y sugerir un lubricante especial para guayas. Por lo tanto resultaría satisfactorio para usar en el reemplazo 6X25AA- BARRACUDA, diametro 11,11 mm, galvanizado. Al cambiar el cable de acero es necesario reemplazar las poleas según norma DIN 15059. Al cambiar los elementos antes descritos se debe sustituir el eje fijo de la polea con el material AISI 1045, hierro dulce, laminado simple manteniendo las dimensiones originales de los elementos. Se elaboró un plan de mantenimiento a los equipos críticos para implementación y corrección de las fallas por las cuales se inició esta investigación.

INDICE

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	xi
CAPITULO I	20
INTRODUCCIÓN	19
1.1.Descripción de la Empresa [1].	20
1.2- Ubicación Geográfica de la Empresa.	21
1.3- Visión y Misión	22
1.3.1- Visión	22
1.3.2- Misión	22
1.4- Objetivos de Pequiven S.A	22
1.6- Ubicación Geográfica del Muelle Petroquímico Jose.....	25
1.7- Descripción y generalidades del área de estudio.	26
1.7.1- Condiciones ambientales del Muelle Petroquímico	26
1.7.1.1- Temperatura Ambiente.	26
1.7.1.2- Presión.....	26
1.7.1.3- Humedad	26
1.7.1.4- Vientos.....	26
1.7.1.5- Lluvias.....	27
1.7.1.6- Profundidad Marina Área del Muelle.....	27
1.7.2- Plataforma de Servicio.....	27
1.7.2.1- Plataforma de Manejo de Urea	288
1.8- Planteamiento del Problema.....	299
1.9- Objetivos.....	33
1.9.1- Objetivo General	33
1.9.2- Objetivos Específicos	33

1.10- Justificación e Importancia.....	33
1.11- Alcance	35
1.12- Delimitación	36
CAPITULO II.....	37
MARCO TEÓRICO	36
2.1- Antecedentes.....	36
2.2- Definiciones y Fundamentos Teóricos.....	378
2.2.1- Urea Granular ^[7]	378
2.2.2- Propiedades Fisicoquímicas de la Urea.....	389
2.2.3- Corrosión de Metales ^[8]	40
2.2.3.1- Clasificación de la Corrosión	41
2.2.3.2- Tipos de Corrosión según su Forma.....	42
2.2.3.3- Tipos de Corrosión según el Medio	44
2.2.4- Esfuerzos.....	46
2.2.5- Concentradores de Esfuerzos	47
2.2.6- Esfuerzo Cortante	479
2.2.7- Deformación Elástica	489
2.2.8- Relaciones de Esfuerzo-Deformación	50
2.2.9- Materiales Poliméricos ^[11]	51
2.2.9.1- Propiedades básicas de los termoplásticos a seleccionar para el sistema de seguridad de los chutes del tubo telescópico ^[11]	52
2.2.10- Gestión de Mantenimiento ^[12]	55
2.2.10.1- Contexto Operacional ^[12]	55
2.2.10.2- Confiabilidad Operacional ^[12]	56
2.2.11- Bases teóricas para la aplicación del Análisis Causa Raíz	56
2.2.11.1-¿Qué es el Análisis Causa Raíz?	56
2.2.11.2- Dónde y cuándo se debe aplicar el ACR	57
2.2.11.3- Beneficios generales por la aplicación del Análisis Causa Raíz	57
2.2.11.4- Importancia del ACR.....	568

2.2.11.5- Aplicación del ACR	579
2.2.11.6- Niveles del ACR.....	62
2.2.11.6.1- Raíces Físicas	62
2.2.11.6.2- Raíces Humanas	62
2.2.11.6.3- Raíces Latentes.....	62
2.2.11.6.4- Construcción del Árbol Lógico de Fallas.....	63
2.2.12- Indicadores de gestión de mantenimiento ^[14]	65
2.2.12.1- Principios Básicos del Mantenimiento ^[14]	65
2.2.12.2- Mantenimiento ^[14]	66
2.2.12.3- Tipos de Mantenimiento ^[14]	66
2.2.13- Plan de Mantenimiento ^[15]	668
2.2.13.1- Aspectos que se deben considerar para elaborar programas de mantenimiento	669
2.2.14- Sistemas de Izamiento.....	679
2.2.14.1- Aspectos Generales.....	679
2.2.14.2- Tipos de Equipos de Izamiento ^[15]	70
2.2.14.3- Reductor de velocidad ^[16]	71
2.2.14.4- Determinación de la potencia del motor ^[16]	71
2.2.15- Diseño para diferentes tipos de cargas ^[18]	72
2.2.16- Guayas o Cables de Acero	73
2.2.16.1- Arreglos de los Alambres Externos ^[19]	75
2.2.16.2- Construcción de los cordones o torones [19].....	76
2.2.16.2.1- Abrasión vs Fatiga	77
2.2.16.2.2- Resistencia a la Abrasión	77
2.2.16.2.3- Resistencia a la Fatiga.....	77
2.2.16.2.4- Criterios de selección de la guayas o cables de acero	758
2.2.17- Inspección de las Guayas o Cables de Acero ^[19]	80
2.2.18- Fallas más comunes en los cables de acero deteriorados ^[19]	81
2.2.19- Revisión de Poleas ^[19]	85

2.2.19.1- Medición del Diámetro del Cable	86
2.2.20- Principios Desembalaje de los Cables de Acero ^[20]	86
2.2.22- Manejo del Cable ^[22]	867
CAPITULO III	90
DESARROLLO DEL PROYECTO	90
3.1- Generalidades	90
3.2- Metodología Empleada	90
3.2.1- Revisión Bibliográfica	90
3.2.2- Observación Directa	90
3.2.3- Entrevistas No Estructuradas	91
3.2.4. Visitas al Área de Estudio	91
3.3- Descripción las Condiciones Actuales del Sistema Operacional del Surtidor Telescópico de Urea.....	91
3.3.1- Sistema de Manejo de Urea ^[1]	92
3.3.2- El Cargador de Barcos.....	93
3.4- Limitaciones Actuales del Sistema Operacional del Surtidor Urea	94
3.4.1- El cargador de Barcos	95
3.4.2- Limitación Tobogán Telescópico Perteneciente	97
3.5- Consideraciones generales que limitan el funcionamiento Telescópico	99
3.6- Secciones de Izamiento Propuestos para el Análisis ^{1]}	100
3.7- Aplicación de una Estrategia de Confiabilidad Operacional	103
3.7.1- Definición del Problema	105
3.7.2- Construcción del Árbol Lógico de Fallas.....	106
3.7.2.1- El Problema	107
3.7.2.2- Modos de Fallas	107
3.7.2.3-¿Como Puede Ocurrir?.....	107
3.7.2.4- Diagnóstico y determinación de las fallas	1298
3.7.2.5- Identificación e Implantación de las Soluciones.....	13111
3.7.2.6- Soluciones	13111

3.8- Propuesta del Rediseño del Surtidor Telescópico	112
3.8.1- Estudio Metalográfico: Cable Negro, tipo MAMUT 6x25.....	113
3.8.1.1- Procedimiento de Selección, Preparación.	114
3.8.1.1.3- Etapa II	116
3.8.1.1.4- Etapa III	118
3.8.2- Elaboración de Procedimiento Experimental	121
3.8.2.1- Preparación Experimental de la Solución Eslingas Sintéticas	123
3.8.2.2- Ensayo de Tracción para las Eslingas Sintéticas	124
3.8.2.2.1- Propiedades Mecánicas según Fabricante	124
3.8.3.1- Propuesta de Reemplazo de la Grasa	14929
3.8.3.1.1- Propuesta para Uso del Nuevo del Lubricante Guayas	15131
CAPITULO IV.....	132
CÁLCULOS DEL PROYECTO.....	132
4.1-Ejecución de los Cálculos Necesarios Planteados	132
4.1.1-Cálculos Para Las Eslingas Sintéticas Tracción.....	132
4.1.2- Cálculos para la Relajación sin la Aplicación	134
4.1.3- Cálculos del Sistema de Izamiento: Cables de Aceros.....	13636
4.1.3.1- Cálculos para la Selección del Cable y Poleas de Izamiento . .	13636
4.1.3.1.1- Selección del Cable	1399
4.1.3.1.2- Cálculos y Selección de las Poleas.	14444
4.1.3.1.3- Cálculos para el Eje Fijo de la Polea de Carga.....	14646
4.1.3.1.3.1- Comprobación del Eje Fijo de la Polea a Cortadura.	1499
4.1.3.1.3.2- Cálculo del Soporte de la Polea de Carga.....	15151
4.1.3.1.4- Selección del Gancho de Carga	15353
4.1.3.1.5- Selección del Tambor de Izamiento.....	1657
4.1.3.1.5.1- La Potencia del Motor.....	16970
4.1.3.1.5.2- Cálculos de Esfuerzo en el Tambor.....	17476
4.1.3.1.5.3- Cálculo para la Cantidad de Espiras del Cable en el Tambor	17880

4.1.3.1.5.4- Cálculo de la Flexión en Cable en Forma de Espiras	17981
CAPITULO V.....	182
SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA PROPUESTA	18282
5.1- Análisis del cable negro tipo Mamut 19x7-AA, Antigiro.	18282
5.1.1- Microestructuras del Cable Tipo Mamut 19x7.....	183
5.2- Inspección Microscópica Bajo Magnificación.....	20383
5.2.1- Sección A Zona de la Falla Final	20383
5.2.2- Sección B.....	20586
5.2.3- Sección C Comienzo de la Guaya L ₄	2078
5.3- Análisis del Esfuerzo de Ruptura Tracción.	2088
5.4- Selección del Cable de Acero.....	21293
5.5- Selección de la Polea	21394
5.6- Selección del Eje Fijo de la Polea.....	21494
5.7- Cálculo del Soporte de la Polea de Carga.....	21495
5.8- Selección del Gancho de Carga	21595
5.9- Selección del Tambor de Izamiento.....	21696
5.10- Cantidad de Espiras del Cable en el Tambor	2167
5.11- Elaboración el Plan de Mantenimiento Preventivo.....	2178
5.11.1- Generalidades de los Planes de mantenimiento.....	2178
5.11.2- Elementos del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	2189
5.11.2.1- Recolección de Datos	2199
5.11.2.2- Actividades de Programación	200
5.11.2.3- Plan de Mantenimiento	200
5.11.2.4- Ejecución de las Actividades	201
5.11.2.5- Control de Inspecciones	201
5.11.2.6- Análisis de Datos	201
5.11.2.7- Verificación de los Resultados.....	202
5.11.2.8- Reajuste de Condiciones del Programa.....	204
5.12- Diseño de un Plan de mantenimiento	204

5.12.1- Planificación y Programación.....	204
5.12.2- Funcionamiento del Plan de Mantenimiento.....	204
5.12.3- Estimación de los Tiempos de Mantenimiento.....	206
5.12.4- Descripción de los Equipos del Sistema (urea).	2077
5.12.5- Plan de Mantenimiento Preventivo.	2077
CONCLUSIONES	2177
RECOMENDACIONES	22121
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	22323
BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL.....	22626

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.Descripción de la Empresa [1].

Pequiven, Petroquímica de Venezuela, S.A. es la corporación del Estado venezolano encargada de producir y comercializar productos petroquímicos fundamentales con prioridad hacia el mercado nacional y con capacidad de exportación. La empresa propicia la creación de empresas mixtas y de producción social (EPS), estimula el desarrollo agrícola e industrial de las cadenas productivas promoviendo el equilibrio social con alta sensibilidad comunitaria y ecológica.

Pequiven ofrece a los mercados nacional e internacional más de 40 productos petroquímicos. Su visión internacional del negocio y la vinculación con importantes socios en la conformación de las empresas mixtas en la que participan le ha permitido consolidar una importante presencia en los mercados de la región, así como de otras partes del mundo.

Pequiven fue creada en 1977 asumiendo las operaciones del Instituto Venezolano de Petroquímica (IVP), fundado en 1955. Desde su transformación Pequiven ha vivido sucesivas etapas de reestructuración, consolidación y expansión en las que ha ampliado su campo de operaciones, desarrollando un importante mercado interno y externo para sus productos. La empresa ha orientado su crecimiento en tres líneas específicas de negocios: fertilizantes, productos químicos industriales y olefinas y resinas

plásticas. Mediante decreto del Presidente de la República Bolivariana de Venezuela, Pequiven pasó de ser filial de Petróleos de Venezuela (PDVSA), para convertirse en una corporación independiente, adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo. Esta independencia le permitirá a la empresa la consolidación de un sector industrial fortalecido capaz de impulsar las industrias transformadoras del plástico; así como al sector agroindustrial y al de productos químicos industriales.

1.2- Ubicación Geográfica de la Empresa.

1.2- Ubicación Geográfica de la Empresa

El Complejo Petroquímico José Antonio Anzoátegui. Esta ubicada en la carretera de la costa, troncal 9 Vía Píritu-Barcelona, Estado Anzoátegui Venezuela. Ver figura N° 1.1



Figura N° 1.1. Ubicación Geográfica de Pequiven. [Fuente Pequiven].

1.3- Visión y Misión

1.3.1- Visión

Ser la corporación capaz de transformar a Venezuela en una potencia petroquímica mundial para impulsar su desarrollo.

1.3.2- Misión

La misión de Pequiven es producir y comercializar con eficiencia y calidad productos químicos y petroquímicos en armonía con el ambiente y su entorno, garantizando la atención prioritaria a la demanda nacional, con el fin de impulsar el desarrollo económico y social de Venezuela.

1.4- Objetivos de Pequiven S.A

El objetivo fundamental de la empresa es suministrar servicios de agua, electricidad, muelle, clínica, bomberos e infraestructura. Esta empresa desde su constitución tiene un mercado con expectativas de crecimiento de acuerdo al desarrollo del complejo. Cabe destacar que posee el 100% del suministro y sin competencia alguna en el tratamiento del agua en su fase de clarificación dentro de este complejo industrial.

- ❖ Suministrar servicio de óptima calidad a sus clientes.
- ❖ Llegar a la meta de caudales de proceso de los 4000 Lt/seg.
- ❖ Expandirse a otras áreas urbanas dentro del Territorio Nacional.

En la tabla N° 1.1 muestra las plantas que operan y los productos de servicio del Complejo Petroquímico.

Tabla N° 1.1. Plantas que operan en el Complejo Petroquímico Jose y Productos de Servicios. [Fuente Propia].

Empresas del Complejo Petroquímico	Producto Servicio	Capacidad MTMA
PLANTA DE AGUAS 	Suministro de Agua al Complejo Jose	460 MTMA
FERTINITRO 	Amoniaco Urea	1.460 MTMA
METOR 	Metanol	750 MTMA
SUPERMETA NOL 	Metanol	770 MTMA
SUPER OCTANOS 	Metil-tebutil-éter (MTBE) 1.600 Lts/segundo.	660MTMA

MTMA: Miles de Toneladas Métricas Anuales. [Fuente Pequiven]

1.6- Ubicación Geográfica del Muelle Petroquímico Jose.

Este Terminal Marino, construido en Jose, Estado, Anzoátegui, Venezuela, ha sido dedicado para servir al área petroquímica del Complejo Industrial. Ver figura N° 1.3.

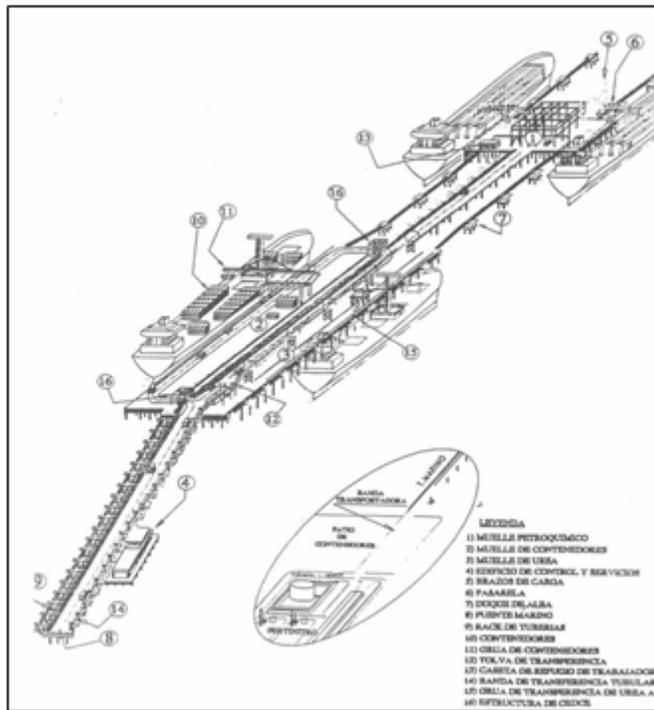


Figura N° 1.3. Muelle Petroquímico. [Fuente Pequiven].

1.7- Descripción y generalidades del área de estudio.

1.7.1- Condiciones ambientales del Muelle Petroquímico

1.7.1.1- Temperatura Ambiente.

❖ Temperatura Máxima: 37° C.

- ❖ Temperatura Promedio Anual: 27° C.
- ❖ Temperatura Mínima Extrema: 15° C (Bulbo seco); 24° C (Bulbo húmedo).
- ❖ Temperatura para Diseño de Compresores y Ventiladores: 34° C (bulbo seco); 30° C (bulbo húmedo).

1.7.1.2- Presión

- ❖ Presión Atmosférica Promedio: 1.013 Bar.
- ❖ Promedio de Elevación: 7.5 m.

1.7.1.3- Humedad

- ❖ Humedad Promedio: 77%.
- ❖ Máxima humedad en verano: 100%.
- ❖ Humedad de Diseño: 79%.
- ❖

1.7.1.4- Vientos

- ❖ Promedio de Velocidad: 5 m/s.
- ❖ Velocidad Máxima: 120 Km/h.
- ❖ Dirección Prevaliente: NNE/ESE/SE/NNE.

1.7.1.5- Lluvias

- ❖ Promedio Anual: 850 mm
- ❖ Máxima en una Hora: 63.4 mm.
- ❖ Máxima en 5 minutos: 17.9 mm.

1.7.1.6- Profundidad Marina Área del Muelle

❖ 14 metros.

1.7.2- Plataforma de Servicio

La plataforma de servicios pasa a ser el área de control central de este Terminal Marino, específicamente por encontrarse allí la sala de control. Además, se encuentra en ella: la sala de equipos mecánicos, la cual incluye los compresores de aire, secadores y tanques acumuladores, para la generación de aire de instrumentos, una subestación eléctrica, un generador de electricidad de emergencia, las bombas del sistema contra incendio, incluyendo bombas principales para agua de mar, bombas jockey, bombas para espuma, tanque de espuma, sistema generador de solución de espuma, y los tanques de combustible asociados a cada bomba accionada por motor diesel.

De igual forma, esta plataforma esta ubicados equipos de seguridad personal, así como portátiles de extinción de incendios; esta equipado con baños, duchas y vestuario; el tanque receptor de las aguas servidas y residuales de las embarcaciones y de las plataformas. Cuenta además con acceso vehicular alrededor del edificio. Ver figura. N° 1.4.



Figura N° 1.4. Plataforma de Servicios. [Fuente Pequiven].

Los productos que se transportan desde la planta de fertilizante (Fertinitro) a los buques atracados en las plataformas son: urea granular y amoniaco.

1.7.2.1- Plataforma de Manejo de Urea

Esta plataforma usada para despachar urea a granel a razón de 1000 Tm/h, desde la planta de Fertilizantes I. Desde Fertinitro, la urea es transportada por un "Pipe Conveyor" hacia una torre de transferencia al extremo sur de la Plataforma. En esta torre de transferencia el material es alimentado desde el "Pipe Conveyor" a una cinta transportadora en el cual esta fijado un volteador móvil. El volteador móvil se ajusta para alimentar al eslabón transportador del cargador del buque el cual alimenta la pluma transportadora del cargador de buques.

La pluma posee una longitud fija que permite al material fluir al buque unido al extremo de la pluma transportadora; existe un chute telescópico para alimentar la urea dentro del receptor de los buques. El cargador de

buques es móvil desde la popa hacia la proa. En la figura N° 1.5. Se observa la cinta transportadora en operación de despacho de urea granular, correspondiente a la zona de galería del sistema.



Figura N° 1.5. Cinta transportadora de urea granular en operación correspondiente a la zona de galería. [Fuente Propia].

1.8- Planteamiento del Problema

El Complejo Petroquímico Jose, como comúnmente se le conoce, está ubicado entre los Municipios Simón Bolívar y Fernando Peñalver del Estado Anzoátegui, Venezuela, teniendo como finalidad impulsar el desarrollo de la petroquímica en el Oriente del país y actuar como condominio industrial de las empresas mixtas que operan en el área, mediante el suministro de los servicios básicos necesarios para su operación. La Petroquímica de Venezuela S.A, (PEQUIVEN); esta ubicada dentro de este Complejo Industrial y tiene participación accionaria mayoritaria en las plantas que operan en el Complejo Petroquímico. Está conformado por cuatro empresas mixtas como lo son Súper Octanos (SOCA), Súper Metanol, C.A; Metanol de Oriente, METOR, S.A y Fertinitro, C.A.

PEQUIVEN S.A, tiene a su disposición dos Plataformas de producto terminado. Una sirve para el traslado de sólido (urea) y la otra para el transporte de líquido (amoníaco) necesario para el transporte de material a los buques que se encuentren atracados en el Muelle. Esta empresa no procesa o produce ningún tipo de materia prima. Simplemente, se encarga del despacho de productos al barco; a través de un Sistema de Cinta Transportadora y de un Brazo de Carga. Las operaciones principales entre Fertinitro C.A, y las Empresas Navieras, cuenta con el apoyo operacional de PEQUIVEN.

El sistema de manejo de urea, se utiliza para el despacho de carga de urea a granel a una razón de 1.000 Ton/hora, desde la Torre de Transferencia hasta la Plataforma de Urea; a través de un sistema de alimentación y carga, compuesto: por una (1) cinta transportadora dos (2) torres de transferencia en cada extremo de la cinta transportadora, una (1) galería de carga de 200 metros de longitud con una (1) cinta transportadora y un (1) cargador de barcos (Shiploader), y a su vez está equipado con servicios de electricidad, agua potable y aire de instrumentos, con acceso libre a través de sus dos canales de flujo para automóviles de servicios, vehículo de transporte de personal y Camiones-Grúas.

Por otra parte, el equipo en estudio está unido al extremo del Cargador de Barco, existiéndose un chute telescópico extensible compuesto por siete (7) camisas tubulares (Telescopic Loading System), con una longitud vertical de 5 m (contraído completamente) y 17 m (extendido completamente), necesario para el llenado de bodegas de buques con capacidad de carga desde 6.000 hasta 65.000 DWT (Toneladas de peso Muerto). Dicho telescópico está sujeto en la parte superior a la zona del brazo transportador (Boom Conveyor), apertado a una tolva, con mecanismo de izaje por medio

de motor tipo elevador con una potencia nominal de 3,4 Kw y en el otro extremo inferior una pala, tipo vertedero, asistida por un brazo hidráulico, cuya función es darle inclinación vertical a la pala. Además cuenta con mecanismo giro horizontal de 345°, necesario para situar la urea dentro del receptor de los buques.

PEQUIVEN, a través de la Gerencia Técnica en conjunto con la Gerencia de Producción realizaron un diagnóstico para lograr la implantación y restablecimiento operacional en su totalidad de la instalación portuaria, en especial del Surtidor de Carga Telescópico. Debido a la persistente falla y al impedimento operacional al momento de ser extendida y/o retraída las camisas tubulares, la sección de los aros guías del chute sufre obstrucción constante; limitando la maniobra de acercamiento del brazo de carga con la fosa superficial de la bodega, originando la diseminación de urea en forma irregular dentro de las bodegas del buque y dando origen a cuatro (4) paradas no programadas, en un período de dos años, debido al desprendimiento del telescópico.

Continuando con la idea se puede decir que, dentro del diseño original del brazo está contemplado una extensión que varía desde 5 a 17 m de longitud vertical ajustables a los deposito del buque, actualmente no cumple con estos parámetro de diseño, debido ha que en ocasiones ha derivado en fallas de las guayas tensoras generando con esto desprendimiento mientras estaba bajo operación el chute telescópico. Las paradas por mantenimiento no programado crea costos operacionales elevados y la implantación de sanciones monetarias por parte de Fertilizantes Nitrogenados (Fertinitro).

Seguidamente, con el objetivo de garantizar la seguridad física, laboral e industrial en la plataforma portuaria de urea, en el Muelle Petroquímico Jose, la Gerencia de Mantenimiento, se ha visto en la necesidad de plantear una solución a través de un Rediseño y una Propuesta de Mejoras del Tubo Telescópico, motivado a que actualmente cuando el mecanismo de izaje falla existe el riesgo de desprendimiento del tubo telescópico afectando las operaciones normales necesarias para el despacho de urea, a las bodegas de los buques atracados en la plataforma.

Las razones que originaron dichas fallas, no han sido del todo esclarecidas, por lo que se hace necesario determinar en profundidad las causas de las mismas. La herramienta de análisis Causa-Raíz (ACR) permitirá definir las acciones necesarias para el buen funcionamiento del equipo.

Adicionalmente, el análisis metalográfico y los cálculos analíticos de esfuerzos del sistema permitirán la verificación de los parámetros originales de diseño; y de ser necesario modificar el sistema de recorrido con el incremento del número de cables y/o agregar eslingas paralelas sintéticas de seguridad. Las nuevas condiciones deben contar con la procura comercial de la zona para que de esta manera contribuyan a una oportuna solución del sistema de izamiento.

1.9- Objetivos

1.9.1- Objetivo General

❖ Rediseñar el cargador telescópico de urea en las instalaciones del muelle Petroquímico Jose.

1.9.2- Objetivos Específicos

1. Describir las condiciones actuales del sistema operacional del surtidor telescópico de urea.

2. Aplicar una estrategia de confiabilidad operacional, bajo la metodología del ACR (Análisis Causa Raíz) al sistema telescópico del cargador de barcos.

3. Proponer el rediseño del surtidor telescópico cargador de urea.

4. Realizar los cálculos necesarios planteados en el rediseño.

5. Escoger la propuesta de rediseño de acuerdo a la disposición más factible del tubo telescópico.

6. Elaborar el plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del cargador telescópico de urea.

1.10- Justificación e Importancia

La presente investigación deriva de la necesidad que tiene Pequiven de mantener una mayor disponibilidad de los equipos, reducción de posibles fallas durante la carga a buques, menores gastos por reemplazo, extensión de la vida útil, mayor seguridad, productividad y confiabilidad de los Equipos e Instrumentos que garanticen la constante operación del Muelle Petroquímico.

El cargador de barcos (Shiploader) es un equipo prioritario que pertenece al sistema de manejo de urea, el cual tiene como función principal la operación de carga de sólidos a granel como lo es la urea granular, a los buques que se encuentran atracados en la plataforma, cuya rata de carga para exportación es de 1.000 Ton/hora desde la planta de Fertinitro y es operado a través de un equipo portátil de radio control, el cual es sometido a excesivas horas de funcionamiento durante las operaciones de carga; puesto que, los buques que son cargados con la urea granular, reciben una carga entre dieciséis mil Toneladas (16.000 Ton) y veintisiete mil Toneladas (27.000 Ton), lo que conlleva a un rango de operación de carga de tres (3) a cinco (5) días de operación continua del equipo, durante veinticuatro (24) horas cada día.

Los cambios climatológicos y de temperatura, que no pueden ser controlados; la variación de longitud de las camisas tubulares, pueden afectar los equipos de control existentes en el equipo y retrasar o detener en su totalidad las operaciones de carga. Todos estos factores de desgastes y variaciones originando las Paradas de Emergencia por fallas en el equipo, implicando pérdida de dinero, debido a que si las operaciones de carga se detienen producirán la tardanza de carga al buque, la cual es calculada previamente.

Tomando en cuenta que si la empresa no culmina las operaciones de carga durante el tiempo preestablecido según el contrato de carga, generará una multa por retraso; la cual deberá cancelarse por incumplimiento de contrato al buque.

El tiempo estipulado para que el buque sea cargado y permanezca atracado en el muelle Petroquímico tiene un costo por días adicionales por

paradas no programadas, tomando en consideración las tarifas para el año 2007, modificadas anualmente el primer día de cada año. El valor monetario es de siete mil seiscientos treinta y cuatro dólares (\$7.634) por día y la hora adicional es de trescientos dieciocho dólares (\$318), la seguridad en las instalaciones del Terminal Marino tiene un costo de ciento cuarenta y cinco dólares (\$145) por día. Además del incremento de tiempo y costos en la reparación, calibración y compra de repuestos para el funcionamiento inmediato del equipo; así como, la disminución de la eficiencia en el proceso de carga es de quinientos cincuenta mil cuatrocientos cuarenta dólares (\$550.440).

Por esta razón, es de vital importancia para la corporación disponer de las mejoras del tubo telescópico del cargador de barcos para continuar con las operaciones de carga y evitar las paradas de emergencia que se pudiesen ocasionar por el mal funcionamiento del equipo actual, el cual es lo que justifica la gestión de esta propuesta.

1.11- Alcance

Proponer el rediseño del surtidor telescópico cargador de urea y escoger la propuesta de rediseño de acuerdo a la disposición más factible del tubo telescópico. Se procederá a estudiar el sistema de izamiento y realizar los cálculos necesarios para el análisis de esfuerzos, ya sea en forma analítica o experimental para compararla con los esfuerzos del diseño original y de ser necesario modificar el sistema de recorrido y/o agregar un cable de acero tipo eslingas.

1.12- Delimitación

Los factores limitantes para esta investigación, estará reflejados exclusivamente al problema planteado por las ventanas del tiempo, que son los espacios existentes durante el arribo del buque al muelle, atraque, desatraque, carga del mismo, estudio de los componentes del sistema bajo operación y la dificultad para el acceso del equipo al momento de realizar la inspección visual.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentaran todos los conceptos, teorías y métodos que serán necesarios para el desarrollo del proyecto, así como también las ecuaciones básicas para realizar los respectivos cálculos y facilitar la comprensión del mismo.

2.1- Antecedentes

Sánchez, R. (2003). Estudió los aspectos técnicos, para el incremento de la tasa de carga de urea, en el muelle Petroquímico Jose. Para esto fue necesario establecer los equipos críticos que componen el sistema de transporte por un análisis de sensibilidad, y de acuerdo a esto se formularon diferentes propuestos, analizando las ventajas y desventajas. Para su solución, se estudiaron los componentes que necesitaron ser cambiados, con el menor costo y la seguridad posible. Por último se realizó una estimación de los costos de la propuesta desarrollada para su construcción. ^[2]

Granados, N, J. (2003). Rediseñó de los arbotantes de los ejes de propulsión de las lanchas patrulleras. Con la finalidad de disminuir los costos de los tiempos de mantenimiento y aumentar la disponibilidad del parque naval. Se realizó un análisis de esfuerzos al diseño con el fin de determinar si es capaz de soportar la carga a la cual estará sometido. Se determino el costo del nuevo arbotante diseñado. ^[3]

Reina, P. (2004). Rediseñó el sistema de accionamiento en las compuertas tipo Jaiba del conjunto de tolvas Alimentadora y Dosificadoras, el cual se inició inspeccionando y recopilando los datos del sistema, la obtención de los estados de carga y esfuerzos existentes en el proceso de desplazamientos de las compuertas. Se evaluaron los esfuerzos medios y alternantes pertenecientes al tipo de carga antes mencionada. ^[4]

Cova, J. (2004). Elaboró de un plan de mantenimiento preventivo de elevación y transporte (cargadores y grúas) de una empresa Atlántida Socotherm, S.A. La metodología utilizada consistió en el desarrollo de unas etapas en donde se describe el estado de funcionalidad de cada equipo, la segunda la elaboración de la tasa de falla, la tercera etapa se elabora los planes de mantenimiento y por último se incluyen los planes desarrollados en el software utilizado por la empresa. ^[5]

Guerra, J. (2006). Estudió las causas que se originan posterior a ocurrencia de los derrames de urea, destacando lo siguiente: incremento de horas hombre adicionales en las actividades operacionales de la planta productora de urea (Fertinitro), recolección, almacenaje y manejos de sacos de manera manual, retardo en la selección de los compradores para el producto derramado y incremento de costo de logística para el despacho dentro de un marco de seguridad higiene y ambiente sujeto a las normas y leyes nacionales. ^[6]

2.2- Definiciones y Fundamentos Teóricos

2.2.1- Urea Granular ^[7]

Es un material que presenta la siguiente fórmula química $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, sirve como fertilizante para las plantas, los granos tienen un diámetro de 1 a 3 mm, y en condiciones ambientales con alto grado de humedad, pierde su propiedad físico-química. Es una sustancia nitrogenada. La urea se presenta como sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular. Es una sustancia higroscópica, es decir, que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera y presenta un ligero olor de amoníaco. Ver figura N° 2.1.



Figura N° 2.1. Muestra de urea granular. [Fuente Propia].

2.2.2- Propiedades Físicoquímicas de la Urea

La fórmula química de la urea se define en la figura N° 2.2:

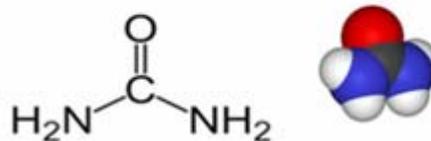


Figura N° 2.2. Estructura molecular de la Urea.

En la Tabla N° 2.1. Hace referencia a las propiedades químicas de la urea granular.

Tabla N° 2.1. Propiedades químicas de la urea granular. [Fuente Propia].

Peso molecular	60.06 g/mol
Densidad	768 Kg/m ³
Punto de fusión	132.7 °C
Calor de fusión	5.78 a 6 cal/gr
Calor de combustión	2531 cal/gr Humedad crítica relativa (a 30°C): 73%
Acidez equivalente a carbonato de calcio	84 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de urea)
Índice de salinidad	75.4
Calor de disolución en agua	57.8 cal/gr (endotérmica)
Energía libre de formación a 25°C	47120 cal/mol (endotérmica)
Corrosividad	Altamente corrosivo al acero al carbono. Poco al aluminio, zinc y cobre. No lo es al vidrio y aceros especiales

2.2.3- Corrosión de Metales ^[8]

“La *corrosión* es la destrucción de un material por interacción química o electroquímica con su medio ambiente”. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción química (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, la propiedad electrolítica del fluido en contacto con el metal y las propiedades de los metales en cuestión, generalmente el material tiende a buscar la forma en la cual fue encontrado inicialmente en la naturaleza, siempre es un trabajo posterior a la oxidación, la figura N° 2.3. Muestra el esquema del proceso de corrosión.

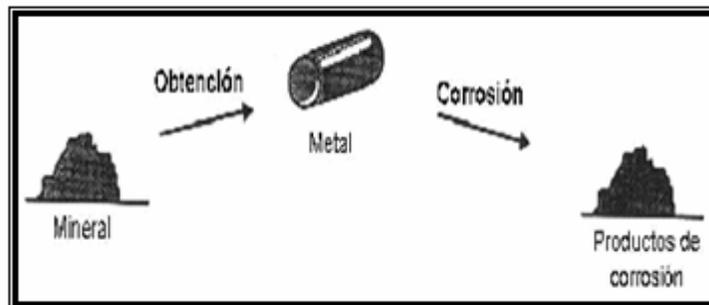


Figura N° 2.3. Esquema del proceso de corrosión de los metales. [9]

2.2.3.1- Clasificación de la Corrosión

La corrosión se puede clasificar según su morfología y según el medio en que se desarrolla, el esquema de la figura N° 2.4. Muestra la clasificación de los tipos de corrosión:

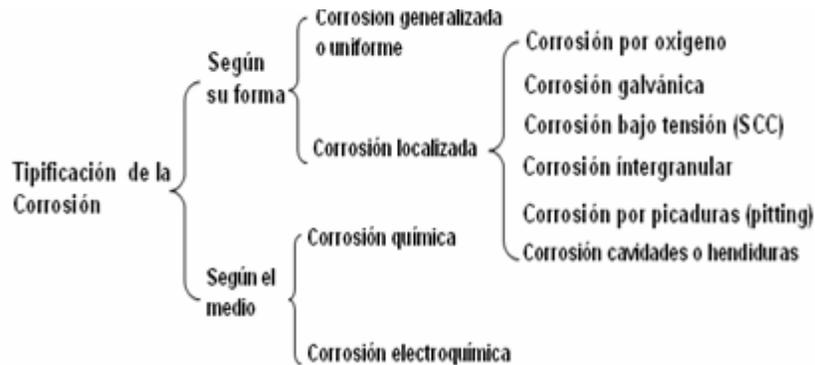


Figura N° 2.4. Esquema de la clasificación de la corrosión.

2.2.3.2- Tipos de Corrosión según su Forma

Cuando se quiere evaluar los daños producidos por la corrosión resulta muy conveniente la ordenación según la forma.

a) Corrosión Generalizada o Uniforme.

Es la forma más común en la mayoría de los metales y aleaciones, pero en el acero inoxidable es muy escaso. Se presenta como una pérdida equivalente de material a través de la superficie, en la mayoría de los casos cuando se utilizan ácidos minerales para la eliminación de incrustaciones salinas en industria láctea o cervecera. El ácido sulfúrico y clorhídrico puede generar deterioro superficial y generalizado a muy bajas concentraciones produciendo un deterioro de la superficie del metal.

b) Corrosión Localizada

❖ Corrosión Galvánica

Se produce cuando dos metales distintos entre si actúan uno de ellos como ánodo y el otro como cátodo. Aquel que tenga el potencial de reducción más negativo procederá como una oxidación y viceversa aquel metal o especie química que exhiba un potencial de reducción mas positivo procederá como una reducción ^[9]. Este par de metales construye una Pila galvánica. En donde la especie que se oxida (ánodo) cede sus electrones y la especie que se reduce (cátodo) acepta los electrones. Figura N° 2.5 (a) muestra la trayectoria del deterioro.

❖ Corrosión Bajo Tensión (SSC)

El agrietamiento por esfuerzos en ambientes corrosivos (SCC, por sus siglas en ingles) toma la forma de una fractura ramificada en un material aparentemente dúctil. Para que la corrosión de fractura bajo tensión ocurra, se requiere de la interrelación de dos factores esenciales: en primer lugar, la

superficie del material expuesto al medio corrosivo debe estar bajo esfuerzo de tensión; en segundo lugar, el medio corrosivo debe específicamente ser causa de la corrosión bajo tensión Figura N° 2.5 (b).^[9]

❖ **Corrosión Íntergranular**

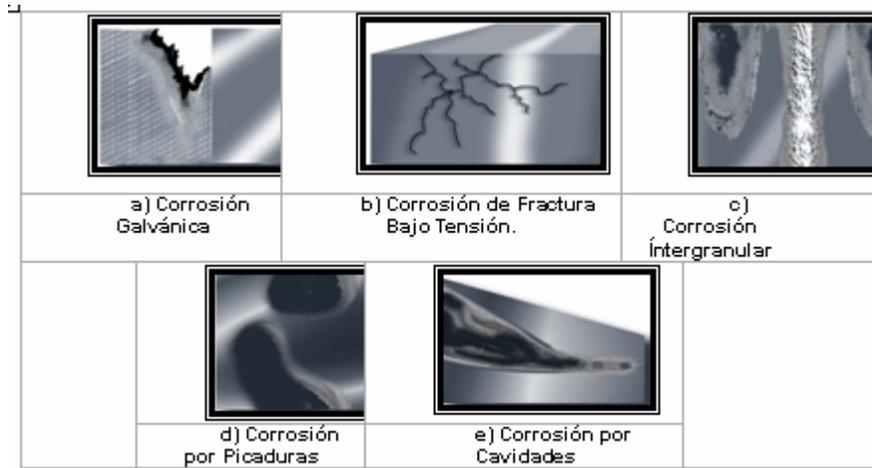
Es una corrosión localizada de tipo no uniforme a escala microscópica en los límites de grano de la aleación. Usualmente es resultado del agotamiento del cromo sobre los límites de grano en zonas sensibilizadas por procesos térmicos en aceros inoxidable. Figura N° 2.5 (c).^[9]

❖ **Corrosión por Picaduras (Pitting)**

El picado o corrosión por formación es del tipo que frecuentemente se notan pequeños huecos; es una forma de corrosión localizada muy peligrosa, puesto que en ocasiones el avance del debilitamiento en el material puede no ser observable. Se caracteriza por la presencia de pequeñas perforaciones localizadas en una superficie que por otro lado presenta áreas no afectadas, avanza en el sentido de la gravedad; y si se cambia de dirección verticalmente también lo hace la propagación del picado en el interior de una pared, Figura N° 2.5 (d).

❖ **Corrosión por Cavidades**

Esta corrosión puede surgir cuando se presenten intersticios entre dos superficies acopladas de piezas metálicas del mismo o diferente tipo, o bien entre piezas metálicas y depósitos de cuerpos extraños, incluso no metálicos (microorganismos u otros depósitos de materiales). Figura N° 2.5 (e).^[9]



2.2.3.3- Tipos de Corrosión según el Medio

❖ Corrosión Química

Bajo esta denominación se estudian aquellos casos en que el metal

Figura N° 2.5.Tipos de Corrosión ^[9].

a altas

temperaturas) . Se supone que se expone una superficie metálica limpia a la acción del oxígeno, el metal comenzará a reaccionar con el oxígeno formando óxidos. Por ejemplo una pieza de Fe (metal que presenta más de una valencia) calentada al aire seco, por encima de 500°C se oxida a apreciable velocidad formando una película con la siguiente estructura Figura N° 2.6.

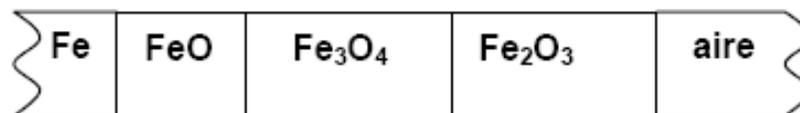


Figura N° 2.6. Estructura del producto de las reacciones redox sin la intervención de iones en solución y sin generación de corrientes eléctricas recorriendo el metal ^[8].

Si el grado de corrosión se expresa como aumento de peso (por el óxido formado) por unidad de área, se observa que la corrosión se propaga en forma lineal con el tiempo, y se puede expresar por la Ecuación N° 2.1, teniendo un comportamiento lineal [8].

$$\text{corrosión} = K \times \text{tiempo} \qquad \text{Ec. N° 2.1}$$

Donde K es el grado de corrosión y el tiempo de contacto del material con el entorno corrosivo.

❖ **Corrosión Electroquímica**

A temperatura ambiente la forma de corrosión más frecuente y más seria es de índole electroquímica, este tipo de corrosión implica un transporte de electricidad a través de un electrolito. En los procesos de corrosión electroquímica circulan, sobre el material expuesto a corrosión, corrientes eléctricas. Se ha demostrado que durante la corrosión se cumplen las leyes de Faraday. Las causas más frecuentes de estas corrientes eléctricas son:

1. El contacto de dos materiales diferentes, tal como ocurre con el hierro en contacto con el cobre, el aluminio en contacto con el cobre, el cobre en contacto con el zinc, etc. La unión de dos partes de un mismo metal mediante un material de soldadura (Ejemplo: Fe con Sn-Fe).

2. Presencia de fases diferentes de una misma aleación. Ejemplo: aceros inoxidable.

3. Presencia de óxidos conductores de electrones. Por ejemplo óxido de laminación en chapas de Fe.

4. Diferentes grados de aireación de una pieza metálica.

5. Corrientes inducidas por circuitos eléctricos mal aislados. Tal es el caso de corrientes vagabundas en estructuras metálicas enterradas.

6. Impurezas, tensiones en el metal, etc.

Los factores anteriormente mencionados hacen que en el metal existan zonas de diferente potencial, es decir aparecen zonas anódicas y zonas catódicas (microelectrodos) que convierten al cuerpo metálico junto con el medio agresivo en un gran conjunto de micropilas electroquímicas. El medio agresivo puede ser la delgada capa de humedad que casi inevitablemente recubre a todo cuerpo expuesto al aire atmosférico.

2.2.4- Esfuerzos

“El **esfuerzo** es la fuerza aplicada por unidad de área, o intensidad de las fuerzas distribuidas sobre una sección dada” [10]. **El esfuerzo normal** es la intensidad de la fuerza que actúa perpendicular al área de sección transversal y se designa con la letra griega σ . **El esfuerzo de tensión** puede ser el resultado de cargas aplicadas, presión interna en el sistema, o esfuerzos residuales provenientes de soldaduras anteriores o combadura. Para soluciones más detalladas se puede referir a una pequeña sección de área ΔA , dividiendo la fuerza actuante ΔF entre esa pequeña área, por medio de una expresión límite como dicta la Ecuación N° 2.2.

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad \text{Ec. N° 2.2}$$

Para una barra con sección transversal constante como la muestra la Figura N° 2.7, esta ecuación se reduce al esfuerzo normal medio, Ecuación N° 2.3:

$$\sigma_n = \frac{P}{A}$$

Ec. N° 2.3

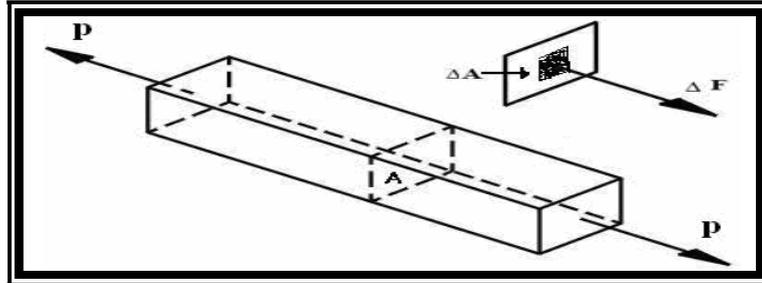


Figura N° 2.7. Esquema en tres dimensiones de una barra de área constante aplicada con carga a tensión ^[10].

2.2.5- Concentradores de Esfuerzos

La concentración de esfuerzos se define como un pico en la intensidad del esfuerzo que ocurre en un punto de discontinuidad geométrica de un elemento sometido a carga. Los concentradores de esfuerzo no son más que los cambios en la geometría de cualquier elemento al cual se le va a realizar los cálculos respectivos de esfuerzo, entre los cambios más comunes de los elementos se tienen los agujeros, cuñeros, filetes, variaciones en la sección transversal (dimensiones), grietas, discontinuidades, entre otras ^[10].

El concepto de un **factor teórico o geométrico de concentración de esfuerzos** se basa en la prueba de tensión de una barra isotrópica homogénea de sección transversal constante (área A), el esfuerzo σ se asume para ser distribuida uniformemente sobre la sección transversal, con tal que la sección sea suficientemente lejana de los extremos de la barra, donde la carga se puede aplicar de una manera no uniforme (Figura N° 2.8 a).

En las secciones del extremo, la distribución ordinaria del esfuerzo no es uniforme. No uniformidad del esfuerzo puede también ocurrir debido a cambios geométricos (los agujeros o las muescas) en la sección transversal de un espécimen (Figura N° 2.8 b) ^[10], la Ecuación 2.4 da el factor de concentración de esfuerzo K_t .

$$K_t = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n} \quad \text{Ec. N° 2.4}$$

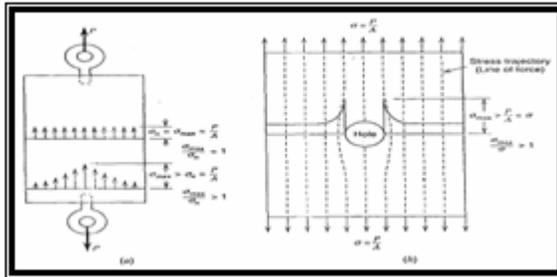


Figura N° 2.8. Distribución de los esfuerzos: (a) una barra de sección transversal constante sometida a tensión y (b) una barra con agujero también sometida a tensión ^[8].

2.2.6- Esfuerzo Cortante

El esfuerzo cortante es donde la intensidad de la fuerza actúa paralelamente al plano de la sección. Designando el esfuerzo cortante con la letra griega tau (τ), dividiendo la fuerza cortante V entre el área A de la sección transversal se obtiene el esfuerzo cortante medio de la sección:

$$\tau_{\text{medio}} = \frac{V}{A} \quad \text{Ec. N° 2.5}$$

Debe destacarse que la magnitud obtenida es un valor medio del esfuerzo cortante sobre la sección completa, dado que comúnmente dichos esfuerzos están distribuidos uniformemente en el área de la sección

transversal, en ciertas aplicaciones se deben considerar en la práctica una distribución uniforme de esfuerzo cortante ^[10].

2.2.7- Deformación Elástica

El **alargamiento o elongación** se le llama a la cantidad adicional que sobresale de un material sometido a carga cuando rompe su estado inicial. La elongación por unidad de longitud de la barra se llama elongación unitaria o deformación unitaria ^[10]. Si se una barra sometida a tensión la expresión de la deformación corresponde a la Ecuación N° 2.6:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{l}$$

Ec. N° 2.6

Donde la δ es la elongación total de la barra dentro de una longitud l .

2.2.8- Relaciones de Esfuerzo-Deformación

Existen muchas técnicas experimentales que se emplean para medir la deformación. Por lo que, si se conoce la relación entre el esfuerzo y la deformación es posible calcular el estado de esfuerzo en un punto, después de que se haya medido el estado de deformación. Las deformaciones principales se definen como las deformaciones en la dirección de los esfuerzos principales.

Las deformaciones por cortante son iguales a cero (0), al igual que los esfuerzos cortantes son iguales a cero (0), en las caras de un elemento

alineado en las direcciones principales. La tabla N° 2.2, contiene las relaciones para los tres tipos de esfuerzo.

Tabla N° 2.2. Relaciones elásticas esfuerzo-deformación ^[10].

Tipo de esfuerzo	Deformaciones principales	Esfuerzos principales
Uniaxial	$\epsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E}$ $\epsilon_2 = -\nu \epsilon_1$ $\epsilon_3 = -\nu \epsilon_1$	$\sigma_1 = E \epsilon_1$ $\sigma_2 = 0$ $\sigma_3 = 0$
Biaxial	$\epsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E} - \frac{\nu \sigma_2}{E}$ $\epsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E} - \frac{\nu \sigma_1}{E}$ $\epsilon_3 = \frac{\nu \sigma_1}{E} - \frac{\nu \sigma_2}{E}$	$\sigma_1 = \frac{E(\epsilon_1 + \nu \epsilon_2)}{1 - \nu^2}$ $\sigma_2 = \frac{E(\epsilon_2 + \nu \epsilon_1)}{1 - \nu^2}$ $\sigma_3 = 0$
Triaxial	$\epsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E} - \frac{\nu \sigma_2}{E} - \frac{\nu \sigma_3}{E}$ $\epsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E} - \frac{\nu \sigma_1}{E} - \frac{\nu \sigma_3}{E}$ $\epsilon_3 = \frac{\sigma_3}{E} - \frac{\nu \sigma_1}{E} - \frac{\nu \sigma_2}{E}$	$\sigma_1 = \frac{E \epsilon_1 (1 + \nu) + \nu E (\epsilon_2 + \epsilon_3)}{1 - \nu^2 - 2\nu^2}$ $\sigma_2 = \frac{E \epsilon_2 (1 + \nu) + \nu E (\epsilon_1 + \epsilon_3)}{1 - \nu^2 - 2\nu^2}$ $\sigma_3 = \frac{E \epsilon_3 (1 + \nu) + \nu E (\epsilon_1 + \epsilon_2)}{1 - \nu^2 - 2\nu^2}$

2.2.9- Materiales Poliméricos ^[11]

La palabra polímero literalmente, significa muchas piezas. Puede considerarse que un material sólido polimérico está formado por muchas partes químicamente enlazadas como unidades enlazadas entre si para

formar un sólido. Los plásticos representan un variado grupo de materiales sintéticos. Estos a su vez describen una deformación permanente sin ruptura.

La clasificación de los polímeros esta basada en dos clases: termoestables y los termoplásticos; estos últimos requieren calor para hacerlos deformables, es decir materiales que pueden aplicarse calor pueden volver a modelarlos tanta veces como sea necesario sin producir cambios significativo de sus propiedades. Los termoplásticos normalmente se calientan hasta reblandecerse y se les da forma antes de enfriar; mientras que los materiales termoestables no están completamente polimerizados, antes de procesarlos a su forma final; debe ocurrir una reacción química de endurecimiento de la cadena para transformarse en una red de material polimérico.

2.2.9.1- Propiedades básicas de los termoplásticos a seleccionar para el sistema de seguridad de los chutes del tubo telescópico ^[11]

Es importante para la selección de una eslinga conocer las propiedades químicas, disponibilidad en el mercado y la compatibilidad de la eslinga con el medio de trabajo bajo carga. La idea de la selección de las eslingas sintéticas de polyester es porque ofrece variedad comercial en el mercado nacional y una elevada resistencia de esfuerzo de ruptura y la buena tenacidad ante la reacción de los agentes químicos.

Aunque el porcentaje de elongación eslingas de nylon es 6%, es decir 3% mayor que el de la fibra de polyester bajo carga límite de trabajo, el polyester no pierde su resistencia cuando se humedece y con mejor comportamiento característico de fibras sintéticas ante la presencia de soluciones acuosas a temperatura ambiente.

A manera de referencia se muestra a continuación las propiedades de ambos materiales:

a) Poliamidas (Nylon)

Es una fibra sintética de propósitos populares y generales, resistente a la acción de los aceites y grasas. Los productos de nylon tienen buena resistencia a los aldehídos, hidrocarburos, éteres y algunos álcalis. Pero las fibras del nylon presentan una degradación, entre nula y moderada; cuando se exponen a algunos álcalis. El nylon no puede ser usado en ambientes con frecuencia de ácidos y agente blanqueadores; la degradación observada va desde nulas hasta total de las fibras. Mezclas de ácidos diluidos, tales como ácido clorhídrico y sulfúrico al 10% de concentración a temperatura ambiente, puede causar un ablandamiento de las fibras de material en 10 horas.

El nylon pierde hasta 15% de su resistencia a la elongación bajo tensión cuando se humedece, causa primordial por la cual no cumple con los criterios de selección para el sistema de seguridad de los chute telescópico. Además, el rango aceptable de la temperatura de exposición se indica entre (-40 °C) hasta un máximo de 82 °C. La elongación bajo la carga límite es aproximadamente 6% de su carga de trabajo.

Solventes para Nylon:

- ❖ Ácidos fórmicos concentrados.
- ❖ Compuestos fenólicos a temperaturas ambiente.
- ❖ Cloruros de calcio diluidos en metanol, a temperatura ambiente.

- ❖ Soluciones calientes de cloruro de zinc en metanol.

Soluciones calientes de cloruros de calcio:

- ❖ Ácido Acético glacial.
- ❖ Etilén- Cloroaidrina.
- ❖ Etilén- Glicol.

El nylon no es significativamente afectado por los siguientes compuestos:

- ❖ Alcoholes.
- ❖ Hidrocarburos halogenados.
- ❖ Quetonas.
- ❖ Surfurantes y detergentes sintéticos.
- ❖ Agua dulce o salada.

b) Poliéster (Polyester)

El polyester es resistente a la acción de los siguientes compuestos:

- ❖ Alcoholes.
- ❖ Hidrocarburos halogenados.
- ❖ Quetonas.
- ❖ Surfurantes y detergentes sintéticos.
- ❖ Agua dulce y Saladas.

El polyester tiene una resistencia excelente resistencia a soluciones acuosas de ácidos débiles en el punto de ebullición, y a la mayoría de los ácidos a temperatura ambiente, pero es desintegrado por el ácido sulfúrico concentrado al 95% de solución, a temperatura ambiente.

Los productos del polyester también tienen buena resistencia a soluciones acuosa de ácidos débiles en el punto de ebullición, y a la mayoría de los ácidos a temperatura ambiente, pero se degradan cuando entran en contacto con éstos a la temperatura de ebullición. Agentes oxidantes y

tratamientos bloqueadores comúnmente usados por la industria textil tampoco degradan la fibra de polyester. El rango de temperatura aceptable para la exposición al calor de los polyester es entre (-40 °C) hasta un máximo de 82 °C.

La elongación a la carga límite de trabajo es aproximado de 3% menor que el de las fibras de nylon, pero el polyester no pierde su resistencia cuando se humedece (absorción elevada) y el aumento a la resistencia a ser cizallada por bordes filosos, viene a ser el criterio primordial de elección de igual manera la disponibilidad del polyester en el mundo comercial.

2.2.10- Gestión de Mantenimiento ^[12]

Es el medio que tiene toda empresa para conservar operable con un alto grado de eficiencia y eficacia su activo fijo. Engloba al conjunto de actividades necesarias para:

- Mantener una instalación o equipo en funcionamiento.
- Restablecer el funcionamiento del equipo en condiciones predeterminadas.

El mantenimiento incide, por lo tanto, en la cantidad y calidad de la producción.

2.2.10.1- Contexto Operacional ^[12]

El contexto operacional del mantenimiento debe estar centrado en el conjunto de las mejores prácticas operacionales que reúna los distintos

enfoques organizacionales con visión de negocio, lo cual engloba aspectos técnicos, humanos y financieros, de tal forma que las actividades de mantenimiento en una planta, empresa u organización no se debe limitar sólo a la simple disminución de las fallas sino, que se debe preservar la función de los equipos aplicando estrategias efectivas de mantenimiento que ayuden a minimizar los riesgos asociados a las consecuencias que generan los distintos modos de fallas dentro del contexto operacional presente en cada negocio.

2.2.10.2- Confiabilidad Operacional ^[12]

Es la capacidad de una instalación o sistema integrado por procesos, tecnología y gente para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo su contexto operacional específico. La confiabilidad operacional depende de los siguientes factores, que se muestran en la figura N° 2.9.



Figura N° 2.9. Factores de la Confiabilidad Operacional ^[12].

2.2.11- Bases teóricas para la aplicación del Análisis Causa Raíz (ACR)

[13]

2.2.11.1-¿Qué es el Análisis Causa Raíz?

Es una herramienta utilizada para identificar las causas que originan las fallas o problemas, las cuales al ser corregidas evitan la ocurrencia del mismo. Esta técnica de identificación de las causas fundamentales conducen a las causas recurrentes. Las causas identificadas son lógicas y su efecto es relacionado.

En el ACR se utilizan gran variedad de técnicas y su selección depende del tipo de problema, disponibilidad de la data, árbol de falla, diagrama espina de pescado, análisis de cambio, análisis de barreras y eventos y análisis de factores causales.

2.2.11.2- Dónde y cuándo se debe aplicar el ACR

1. En forma proactiva para evitar fallas recurrentes de alto impacto en costo de operación y de mantenimiento.
2. En forma reactiva para resolver problemas complejos que afecte la organización.
3. Equipos/sistemas con un alto costos de mantenimiento correctivo.
4. Análisis de fallas repetitivas o procesos críticos.
5. Análisis de errores humanos en el proceso de diseño y aplicación de procedimientos y de supervisión.

2.2.11.3- Beneficios generales por la aplicación del Análisis Causa Raíz

1. Reducción de los números de incidentes, fallas y desperdicios.
2. Reducción de gastos y de la producción diferida, asociado a fallos.
3. Mejoras de la confiabilidad, la seguridad y la protección ambiental.

4. Mejoras de la eficiencia, rentabilidad y productividad e los procesos.

2.2.11.4- Importancia del ACR

Normalmente cuando ocurre una falla, esta es percibida porque genera ciertas manifestaciones o fenómenos de fácil localización (síntomas), no así las causas de las mismas (causa raíz) que, mientras mas complicada sea el sistema mayor será la dificultad de localizar el origen de dichas causas, pudiendo atacar las manifestaciones de la falla pero no su origen, lo que se traduce en potencialidad de ocurrencia de fallas que se harán recurrente. A continuación se muestra un diagrama, que describe los efectos a considerar en el ACR.

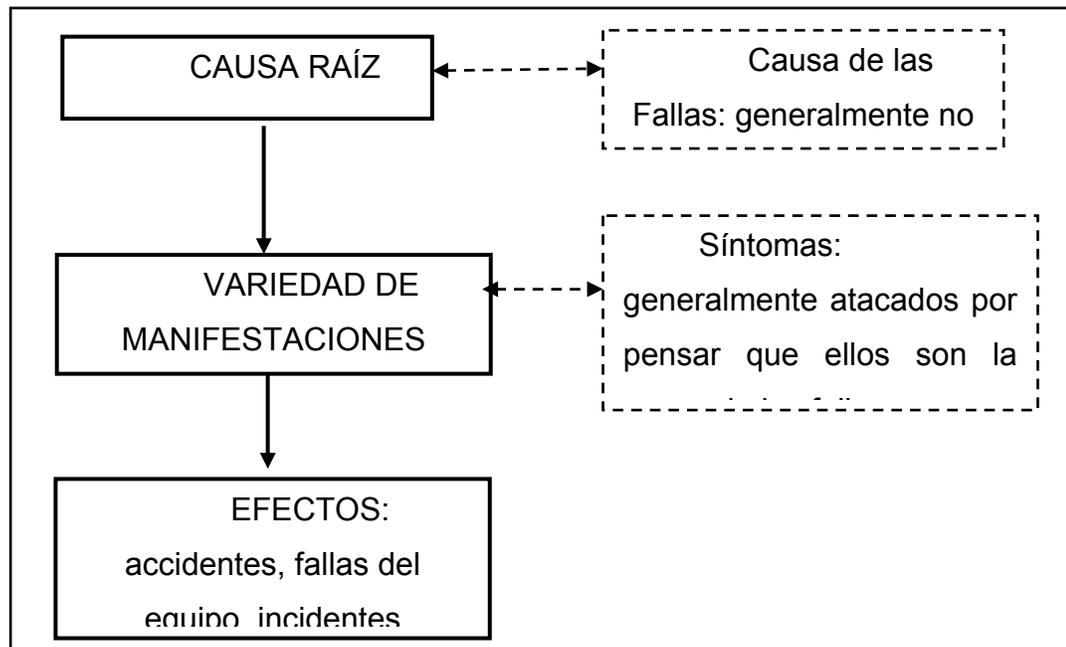


Figura N° 2.10. Diagrama de efectos de fallas ^[13].

Se puede observar que al no realizar un análisis exhaustivo de la fallas y su posible causas, se está perdiendo la oportunidad de aprovechar ésta como un paso para mejorar la relación costo-producción-confiabilidad. Se hace necesario crear programas tales como el Análisis Causa Raíz para ayudar a recordar que tal vez el programa de mantenimiento preventivo que no se ejecuta esta asociado a la cantidad de fallas que presentan los equipos.

2.2.11.5- Aplicación del ACR

La aplicación del análisis causa raíz consta de cuatro etapas básicas:

- 1) Definición del problema.
- 2) Efectuar análisis del problema (ACR).
- 3) Identificar soluciones efectivas.
- 4) Implementar soluciones.

1) Definición del Problema

Esta etapa consiste en identificar el problema o situación que se desea solucionar. A partir de este punto se decide o no de la aplicación de la herramienta ACR en búsqueda de mejoras para el funcionamiento de los equipos o erradicar problemas complejos que afecten la integridad de la empresa.

2) Efectuar Análisis del Problema (ACR)

Esta etapa consta de las fases preliminares y de desarrollo en pleno de las herramientas para efectuar el análisis del problema. Generalmente, se

comienza por un entrenamiento del equipo natural de trabajo que participara en el análisis para luego aplicar la herramienta ACR en la solución del problema previamente definido.

3) Pasos para la Aplicación del ACR

3.1- Recolectar los datos de las fallas: este paso consiste en recolectar todos los datos con las fallas o el problema estudiado. Se debe asegurar ser lo mas objetivo posible y evitar suposiciones, puesto que solo se llegara a un resultado real solo con datos confiables. La data debe ser recolectada, clasificada, y analizada cuidadosamente sin obviar detalles.

3.2- Ordenar el análisis: se debe asegurar que el equipo destinado a realizar el análisis sea multidisciplinario, conformado por los representantes de cada departamento involucrados con el fin de descartar y realizar un análisis de los puntos de vistas y o de conclusiones pre-concebidas. El árbol lógico de fallas promueve un proceso de deducciones lógicas y disciplinarias que obliga al equipo a trabajar en reversa desde el fallo hasta las causas.

Para un mejor desarrollo del análisis causa raíz, existen dos preguntas básicas que deben ser realizadas repetidamente hasta que todas las raíces sean localizadas. Estas preguntas básicas son: ¿Cómo? Y ¿Por qué?.

Los ¿Cómo?, están relacionado de las formas como pueden ocurrir el fallo y los ¿Por qué? Se relacionan por las causa ella ocurre. Cuando el proceso del ACR está completo, las soluciones de las fallas parecen aparentes. El próximo paso es presentar los hallazgos y recomendaciones en una forma que motive a tomar acción que corrijan el problema.

3.3- En vías de asegurar el éxito: en este punto se propone en realizar los cambios e inversiones necesarias para evitar que la falla ocurra nuevamente por las mismas causas, eliminando ésta y realizando un seguimiento para detectar los beneficios obtenidos.

3) Identificar soluciones efectivas

Esta etapa esta íntimamente ligada a los hallazgos y conclusiones obtenidas a lo largo de la aplicación del ACR al problema estudiado. Donde ya identificadas las causas de fondo se identifican las correcciones que deben realizarse para la no ocurrencia de la falla debido a la no presencia de la causa que la origina.

5) Implementar Soluciones

Cuando se realizan las correcciones y se tiene las aplicaciones de a metodología, a continuación en la figura N° 2.11, se muestra un esquema de las etapas del ACR y el orden correcto de cada una de ellas.

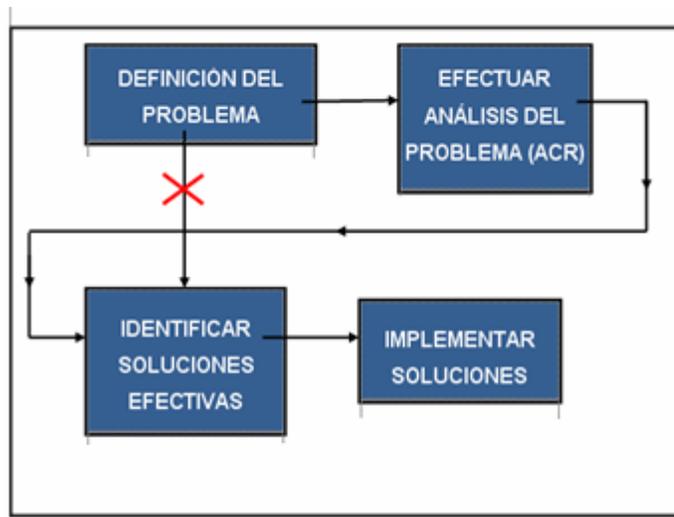


Figura N° 2.11. Etapas del Análisis Causa Raíz ^[13].

2.2.11.6- Niveles del ACR

2.2.11.6.1- Raíces Físicas

En este nivel se reúnen todas aquellas situaciones o manifestaciones de origen físico que afectan directamente la continuidad operativas de los equipos o plantas, por ejemplo: malas conexiones, repuestos defectuosos. Generalmente en este nivel no se encontrará la causa de la raíz de la falla, sino un punto de partida para localizarla.

2.2.11.6.2- Raíces Humanas

Aquí se encuentran todos aquellos errores cometidos por el factor humano y que inciden directamente o indirectamente en la ocurrencia de la falla; por ejemplo: errores de diseño, la no aplicación correcta de un procedimiento. Esta es una en las categorías en las que se podría encontrar la causa raíz de la falla.

2.2.11.6.3- Raíces Latentes

Todos aquellos problemas que aunque nunca hayan ocurrido, son factibles su ocurrencia. Entre ellos: falta de procedimiento para el arranque o puesta en servicio, personal que realice los trabajos de reparación sin adiestramiento, diseño inadecuado, inapropiados procedimientos de operación, entre otros.

2.2.11.6.4- Construcción del Árbol Lógico de Fallas

El análisis debe continuar con la construcción estructura del árbol lógico de fallas con niveles de causa y efecto. El árbol lógico de falla trata estrictamente con datos reales y utiliza la lógica deductiva para trabajar sistemáticamente a través del problema, para llegar a la causa raíz real. Los pasos construir un árbol lógico de fallas en la aplicación de ACR, que se muestra en la figura N° 2.12.

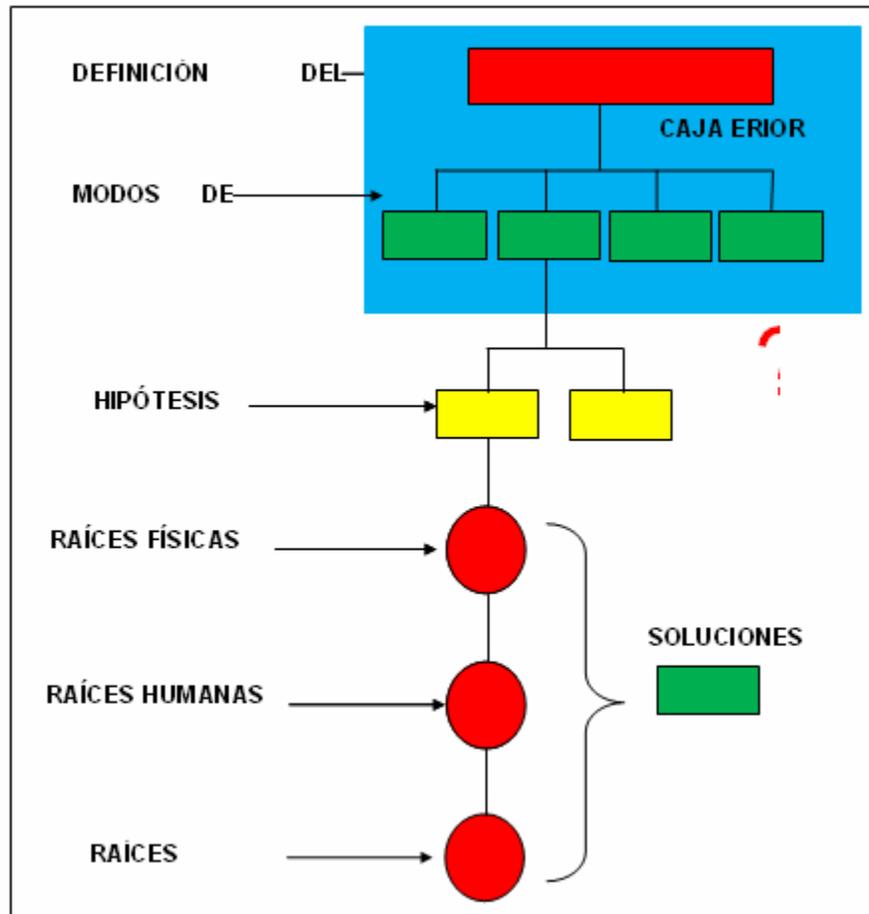


Figura N° 2.12. Árbol lógico de fallas ^[13].

Los dos primeros niveles del árbol lógico de fallas, consideran todos los hechos conocidos del problema analizar Estos dos niveles representan la caja superior y representan la definición de la falla. El primer nivel es la declaración del evento, la razón por la que se esta analizando el problema. El segundo nivel representa los modos del problema. Se pueden analizar los modos de fallas como la causa aparente del evento. El tercer nivel se refiere a hipotetizar “como” pudo haber ocurrir. La clave es ser amplio e incluir todo lo posible en las hipótesis. La idea es agrupar las razones o causas en

categorías generales. En esencia el árbol lógico debe ir de lo general a lo específico, aplicar la lógica deductiva.

El siguiente paso, el más crítico, es la verificación de las hipótesis. Se debe verificar las hipótesis para ver cual es la verdadera y cuales no lo son. La verificación de las hipótesis da la confianza necesaria para llegar a las causa raíz correctas. Este proceso de lógica deductiva y verificación se reitera una y otra vez hasta que todas las raíces se determinan acertadamente.

2.2.12- Indicadores de gestión de mantenimiento ^[14]

Son herramientas de control que sirven para detectar las desviaciones entre un nivel de referencia y un nivel real. Permiten evaluar los hechos mediante un patrón establecido, para controlar los resultados en función de la toma de decisiones. También, son diseñados para establecer mecanismos que permiten mejorar continuamente los procesos indicando donde están las oportunidades de mejoras y midiendo el grado de eficiencia de la gestión de mantenimiento.

2.2.12.1- Principios Básicos del Mantenimiento ^[14]

Para el diseño de planes de mantenimiento basados en el contexto operacional es necesario tener como base ciertas herramientas que se van a manejar durante el desarrollo del proyecto, es por tal motivo, que se comenzará por introducir las definiciones más importantes del área del mantenimiento así como también, los principios básicos del mismo.

2.2.12.2- Mantenimiento ^[14]

El mantenimiento es una disciplina integradora que incrementa la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo. Es una actividad dinámica donde interactúan varias variables complejas dentro de un patrón aleatorio que se fundamenta en la teoría de la probabilidad, teniendo como objetivo maximizar la efectividad del sistema sin sacrificar el ambiente y la seguridad.

2.2.12.3- Tipos de Mantenimiento ^[14]

Existen tres tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así se tiene:

❖ Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento reactivo", tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema.

Características

1. Todos los trabajos son de carácter urgente.
2. Todos necesitan solución inmediata.
3. Se deben evitar perdidas de tiempo.
4. Se deben minimizar las perdidas de producción y dinero. Si se detiene el proceso de producción, debe ser el mínimo tiempo posible.

❖ Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

Objetivo: Reducir al mínimo las interrupciones y las depreciaciones excesivas, resultantes de negligencias por operación y mantenimiento que podrían ocasionar nefastas rupturas o paradas. Además de ser un instrumento de reducción de costos que busca el ahorro a la empresa, en conservación y operación; Por ello, es menester definir con anticipación las metas a cumplir.

Características

1. Inspecciones periódicas de instalaciones y equipos, que deben detectar condiciones defectuosas.
2. Rutinas de lubricación a las partes rotóricas y estatóricas en contacto con ellas, según las especificaciones del fabricante.
3. Evita que el equipo se deteriore por un falso sentido de la economía o sobreproducción.
4. Las reparaciones son más económicas.
5. Disminuye los costos por horas extras.
6. Mejora las condiciones de seguridad.
7. Permite identificar los equipos obsoletos.

❖ Mantenimiento Predictivo

Es el conjunto de actividades destinadas a mantener las maquinas en función de su condición normal de operación, escogiendo como momento de intervención el estado más próximo a la falla la cual, se logra mediante medición, inspección y prueba. Este tipo de mantenimiento es la mejor forma de impedir que suceda una falla o en todo caso, minimizar su ocurrencia y efectos negativos.

Características ^[4]

1. Se debe tener un mantenimiento preventivo normalizado.
2. Exige la tenencia de un mínimo de mantenimiento correctivo.
3. Se necesita un historial de equipos actualizado.
4. Debe existir una plantilla de personal capacitado para este trabajo.
5. Debe haber un presupuesto planificado y actualizado

2.2.13- Plan de Mantenimiento ^[15]

Es una relación detalla de las actuaciones de mantenimiento que necesita un Ítem o elemento y de los intervalos temporales con que deben efectuarse.

❖ Objetivos de los Planes de Mantenimiento

La planificación del trabajo es una herramienta efectiva que puede utilizarse para garantizar la disponibilidad de los equipos al costo mas bajo posible, ayuda a distribuir el tiempo de la fuerza laboral para realizar trabajos específicos.

2.2.13.1- Aspectos que se deben considerar para elaborar programas de mantenimiento

❖ **Unidad de trabajo:** La mayor parte de los programas se elaboran en términos de horas hombres.

❖ **Tamaño de los trabajos programados:** Algunos sistemas incluyen tanto los trabajos pequeños como los grandes. Otros consideran solamente los trabajos grandes, en los que la cantidad de personas y el tiempo empleado sean considerables.

❖ **Porcentaje de la carga total de trabajo programado:** Existen dos criterios; uno que intenta programar toda la fuerza de trabajo disponible y otro que deja una parte de la fuerza laboral libre de programación para asignarle rápidamente los trabajos de emergencia que surjan u otros trabajos que merecen prioridad y que no hayan sido considerados en el momento de la programación fuerte.

❖ **Duración o alcance de la programación:** El alcance del tiempo de la programación o el tiempo cubierto por el programa, es otra variable que debe considerarse. En la mayor parte de los casos, un programa semanal con un alcance de tiempo de dos o tres días produce buenos resultados y es suficiente flexible para manejar los trabajos imprevistos.

2.2.14- Sistemas de izamiento

2.2.14.1- Aspectos Generales

Los sistemas de izamiento, también conocidos como aparatos de elevación y transporte, permiten la movilización y elevación de cargas, siendo esta, una de las operaciones más riesgosas que enfrenta toda industria. En los últimos años, la tendencia a reducir el trabajo bruto confiando a las máquinas todo lo que en otros tiempos era misión del peonaje, con el doble fin de aliviar el peso de la fatiga física y de obtener mayor rapidez de trabajo

con notable economía; se han desarrollado modelos más sofisticados, de mayor capacidad y más seguros.

2.2.14.2- Tipos de Equipos de Izamiento ^[15]

Los equipos de izamiento, según catálogo comercial, se clasifican de la siguiente manera:

a) Grúas de pedestal

- ❖ De pluma estructural o celosía.
- ❖ De pluma Telescópica. Ver figura N° 2.13.

b) Grúas pórtico ("gantry")

- ❖ Grúas montadas sobre camión.
- ❖ Grúas montadas sobre ruedas.
- ❖ Grúas montadas sobre orugas (de pluma estructural o telescópica).

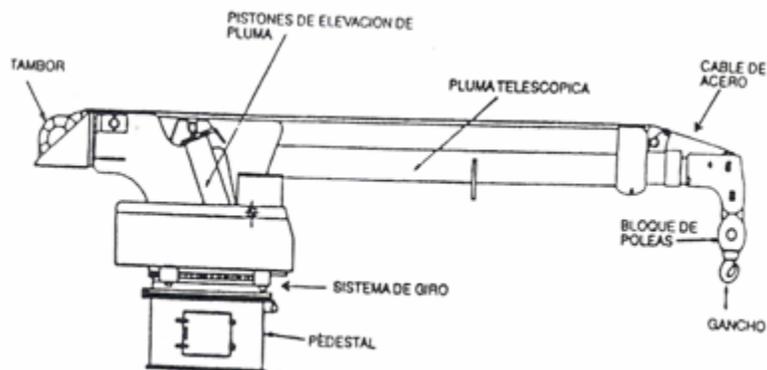


Figura N° 2.13. Grúas de pedestal del tipo: pluma telescópica ^[15].

2.2.14.3- Reductor de velocidad ^[16]

Este consiste en un tren de engranes, es decir, un par o más de engranes que operan juntos para transmitir potencia. Por lo general hay un

cambio de velocidad de un engrane al siguiente debido a los tamaños distintos de los engranajes que se enlazan. En los reductores, en particular los que existen en la planta, la velocidad de salida es más baja que la velocidad de entrada. Cuando el reductor de velocidad se acopla a un motor eléctrico, recibe el nombre de moto reductor.

2.2.14.4- Determinación de la potencia del motor ^[16]

La potencia transmitida en el eje a la salida puede expresarse según la siguiente Ecuación N° 2.7:

$$P (Hp) = \frac{\text{Torque (Pulg-lbs)} * 63.000}{N (RPM)} \quad \text{Ec. N° 2.7}$$

Donde:

- ❖ P: Potencia; (HP) (kW).
- ❖ Torque: Torque de salida; (pulg.-lbs).
- ❖ N: Revoluciones del motor o de la caja; RPM.

Una correa transportadora es sencillamente un medio de transportar material desde un punto inicial A hasta el punto final B (Figura N° 2.14). Para efectuar el trabajo de mover material desde A hasta B, se necesita potencia que es suministrada por un motor que hace girar una polea. El arranque del motor, o fuerza de rotación se transforma en una fuerza tangencial en la periferia de la superficie de la polea motriz, la cual se denomina tensión efectiva. Este esfuerzo de tracción o tensión que se requiere de la banda para movilizar el material entre los puntos de émentación (A) y de descarga (B), tiene que vencer los siguientes obstáculos:

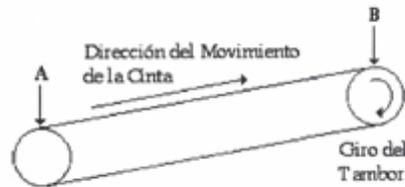


Figura N° 2.14. Forma de funcionamiento de la cinta. [Fuente propia].

1. Tensión para vencer la fricción de la banda y de los accesorios del transportador que hacen contacto con la banda (movimiento en vacío).
2. Tensión para vencer la fricción debida al desplazamiento horizontal de la carga.
3. Tensión para elevar o bajar la carga debido a cambios de nivel.

Si en el caso que la tensión para elevar o bajar la carga debido a cambios de nivel sea mayor que las otras dos, el transportador debe tener un freno automático para sostenerlo si se interrumpe la corriente ^[17].

2.2.15- Diseño para diferentes tipos de cargas ^[18]

Es responsabilidad del diseñador asegurar que una pieza de máquina cumpla con los requisitos para operar bajo condiciones prevista en forma razonable. Esto se logra realizando un análisis de tensión, ya sea en forma analítica o experimental, y comparando la tensión que se proyecta con una tensión de diseño. La tensión de diseño es el nivel que permite a la pieza la operación bajo condiciones de operación. La decisión en cuanto a que tensión utilizar implica cuando menos, considerar el tipo de carga en la pieza y el material con que se fabrica.

Los tipos de cargas que aquí se consideran son los siguientes:

- ❖ Estática.
- ❖ Repetidas e invertidas. Variable.
- ❖ Por choque o impacto.

Es importante considerar la ductilidad del material, así como su resistencia y su rigidez. Las diferencias en los modos en que fallan los materiales dúctiles y los quebradizos son, por demás, sorprendentes. Casi todas las piezas para máquinas se fabrican con materiales dúctiles, en particular si se les somete a cargas que generan fatiga, o bien, a choque o impacto. Los metales forjados, como acero, aluminio y cobre son, por lo regular, dúctiles.

Los tipos de material son numerosos y diversos. Entre los materiales, la clasificación principal comprende aquellos materiales que son dúctiles y los quebradizos o frágiles. Otras consideraciones incluyen la manera en que se forma el material (por medio de fundición, forja, rolado, maquinado y demás), tipo de tratamiento térmico, acabado de la superficie, dimensiones físicas, el ambiente o entorno en el que va a operar y la geometría de la pieza.

2.2.16- Guayas o Cables de Acero

Las guayas o cables de acero consisten primordialmente en un número de cordones de alambres de acero arrollados helicoidalmente en capas alrededor de un centro o alma, según un patrón de construcción definido. Ver la figura N° 2.15, donde se describe la constitución del cable de acero.

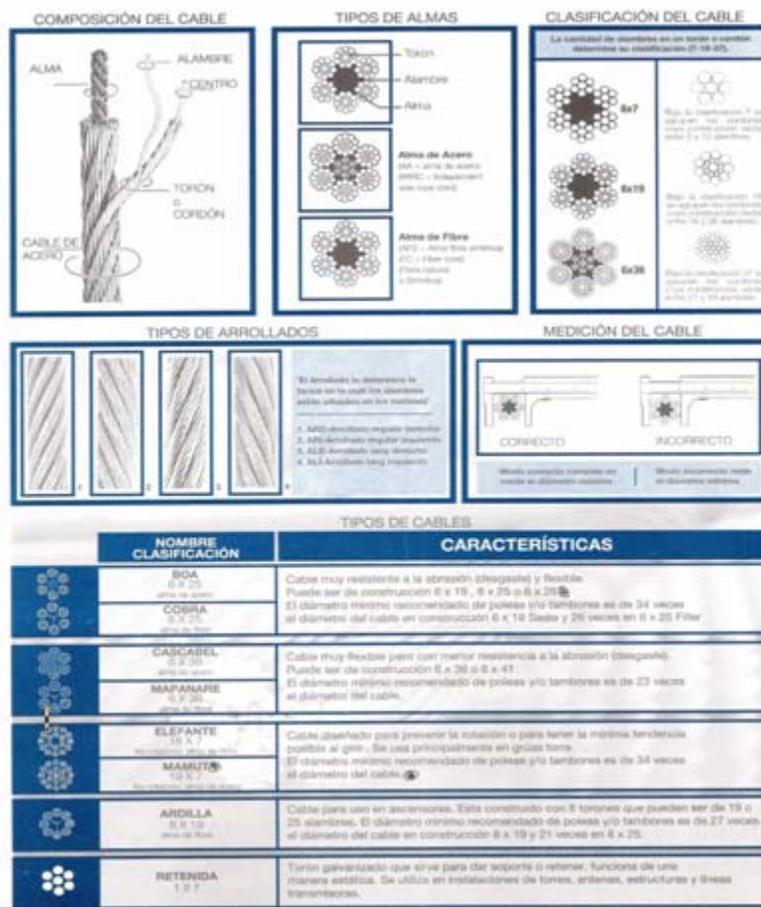


Figura N° 2.15. Componentes de un cable de acero. [Fuente Cable Acero].

El centro o alma es la base que soporta el resto de los alambres del cordón para este análisis se utilizara el alma de acero, donde el alma a su vez está constituida por un cable de varios alambres de acero.

2.2.16.1- Arreglos de los Alambres Externos ^[19]

Los alambres externos de un cable de acero absorben el desgaste y los esfuerzos causados por el contacto con las poleas, tambores y otras

superficies. Toda la construcción está diseñada para dar a cada alambre libertad de movimiento en relación a los alambres adyacentes.

La tabla N° 2.3, muestra las nuevas designaciones de arreglo o dirección de los alambres externos de cables de acero, según la norma API 9A, que es la encargada de realizar la clasificación de la dirección de los alambres del cables de acero.

Tabla N° 2.3. Arreglo de los alambres externos. [Fuente Norma API 9A].

Designación	Nueva Descripción	Antigua Descripción
sZ	Right ordinary lay (Arreglo ordinario derecho).	Right hand ordinary (RHO) or Right regular lay (RRL) – Ordinario derecho o arreglo regular derecho.
zS	Left ordinary lay (Arreglo ordinario izquierdo).	Left hand ordinary (LHO) or Left regular lay (LRL) – Ordinario izquierdo o arreglo regular izquierdo.
zZ	Right Lang lay (Arreglo Lang derecho).	Right hand Lang (RHL) or Right Lang Lay (RLL) – Lang derecho o arreglo Lang derecho.
sS	Left Lang lay (Arreglo Lang izquierdo).	Left hand Lang (LHL) or Left Lang Lay (LLL) – Lang izquierdo o arreglo Lang izquierdo.
aZ	Right alternate lay (Arreglo alterno derecho).	Right alternate lay (RAL).
aS	Left alternate lay (Arreglo alterno izquierdo).	Left alternate lay (LAL).

La Figura N° 2.16, muestra los tipos de arreglos más comunes del cable de acero y la designación según norma API 9A. Debido a que esta norma ha sido diseñada para proveer un compendio acerca de la basta información existente sobre guayas, es la norma más utilizada para la estandarización por la empresas nacionales.

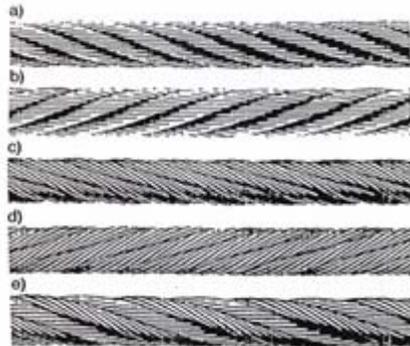


Figura N° 2.16. a) sZ arreglo ordinario derecho, b) zS arreglo ordinario izquierdo, c) ZZ arreglo Lang derecho, d) sS arreglo Lang izquierdo, e) aZ arreglo alterno derecho. [Fuente Norma API 9A].

2.2.16.2- Construcción de los cordones o torones [19]

Expresada como Número de Cordones x Números de Alambres. 6x25, indica que la guaya tiene 6 torones y que cada uno de estos tiene 25 alambres individuales. Como se ha mencionado, los alambres conforman los elementos primarios o fundamentales de una guaya o cable de acero. Están ordenados según un patrón definido en una o más capas para formar un torón o cordón. A su vez los torones o cordones se enrollan alrededor del alma para construir la guaya o cable de acero. Es importante resaltar que los torones o cordones proveen cerca del 90% de la resistencia de una guaya de alma de acero.

Como regla general, se puede indicar que una guaya que posea torones o cordones fabricados con pocos alambres gruesos tendrá mayor resistencia a la abrasión y poca a la fatiga, mientras que una guaya que posea muchos alambres finos será más resistente a la fatiga y menos resistente a la abrasión.

2.2.16.2.1- Abrasión vs Fatiga

Existen dos características de los cables de acero que son contrapuestas; en otras palabras, o se tiene una o se tiene otra, pero ambas no se pueden tener al mismo tiempo. Estas son la Resistencia a la Abrasión y la Resistencia a la Fatiga. A continuación se definirán dichas características:

2.2.16.2.2- Resistencia a la Abrasión

Consiste en la capacidad que tiene el cable de soportar el desgaste que se produce principalmente en sus alambres externos, a consecuencia del roce o fricción con otra superficie dura.

2.2.16.2.3- Resistencia a la Fatiga

Consiste en la capacidad que tiene el cable de soportar el trabajo en frío que se genera al doblar cíclicamente o repentinamente los alambres del mismo. Dicho trabajo en frío va aumentando gradualmente la dureza de los alambres y eventualmente se producen micro grietas en el acero, hasta que el alambre se fractura.

2.2.16.2.4- Criterios de selección de la guayas o cables de acero

1. Resistencia mecánica: esta resistencia se refiere a los valores aceptados dentro de la industria de fabricación de guayas o cables de acero y correspondiente al valor mínimo al cual se rompe una guaya nueva, sometida a una prueba de tracción. Por esta razón también se le

conoce como resistencia, fuerza o carga de rotura. Este factor es aplicable solamente a guaya nueva, sin uso y que jamás va operar cercano a este valor nominal.

2. Resistencia a la fatiga: como se ha mencionado anteriormente, para tener buena resistencia a la fatiga mecánica la guaya o cable debe ser capaz de doblarse repetidamente sobre los componentes de izamiento tales como, poleas, tambores o rodillos. Las condiciones de fatiga mecánica evaluadas por los fabricantes de guayas o cables de acero no contemplan condiciones corrosivas; si ésta es empleada en condiciones corrosivas se produce el fenómeno de corrosión por fatiga, el cual disminuye drásticamente la vida útil de la guaya.
3. Resistencia al aplastamiento: el aplastamiento representa el efecto de la aplicación de un esfuerzo externo sobre el cuerpo de la guaya, debido a la operación con cargas excesivas y también al uso de tambores lisos o con ranuras que no dan apoyo suficiente al cable. El aplastamiento ocasiona daños al distorsionar la sección transversal del cable, al adelgazar los alambres y al deformar al alma. Por lo tanto la resistencia al aplastamiento representa la habilidad del cable para soportar fuerzas externas laterales.
4. Resistencia a pérdidas del metal (abrasión) y a deformación: la pérdida del metal se refiere a la remoción de material de los cordones o torones del cable y la deformación a los cambios o variaciones de forma de dichos cordones o torones. En el primer caso, la resistencia a la pérdida de material por abrasión se denomina “Resistencia a la Abrasión”. Durante el desgaste por

abrasión los alambres externos de los torones sufren pérdida del material de acero. Por otro lado, la forma más común de daño por deformación se conoce como “martilleo o machacado”.

5. Estabilidad: este término se emplea usualmente para describir características de manejo o de trabajo y no representa una propiedad física definida. De manera general, se puede decir que un cable es estable cuando se enrolla uniformemente sobre el tambor, o no tiende a enredarse cuando es estirado.

6. Capacidad de doblez: este término describe la capacidad que puede tener un cable para doblarse fácilmente en arco. Existen cuatro factores que afectan esta capacidad:

- a) Diámetro de los alambres que conforman el cable.
- b) Tipo de construcción del cable.
- c) Composición del metal del cable y acabado del mismo (desnudo o galvanizado).
- d) Tipo de alma, de acero o de fibra.

1. Resistencia de reserva: este factor equivale a la resistencia combinada de todos los torones de un cable, menos los de las capas exteriores de los torones, las cuales siempre son los primeros en dañarse o desgastarse. A mayor número de alambres mayor es la resistencia de reserva, dado que al disminuir el diámetro de los alambres exteriores, mayor sección metálica estará concentrada en las capas internas del torón.

2.2.17- Inspección de las Guayas o Cables de Acero ^[19]

2. Todas las guayas o cables de acero inevitablemente se deterioran en servicio y su capacidad de trabajo va disminuyendo gradualmente. Por estas razones las inspecciones periódicas son críticas y se pueden indicar tres objetivos fundamentales:

3. Las inspecciones revelan la condición del cable en un momento dado y pueden indicar la necesidad de reemplazo.

4. Las inspecciones revelan si se está usando el cable apropiado.

5. Las inspecciones permiten el descubrimiento y la corrección de defectos en los equipos o en la operación, que pudieran estar causando deterioro prematuro del cable.

6. En las inspecciones se debe tomar en cuenta los aspectos siguientes:

7. Abrasión: desgaste superficial por roce mecánico.

8. Reducción del diámetro: causado por estiramiento dúctil.

9. Fatiga: ocasionada por esfuerzos alternos de doblez.

10. Pérdidas de resistencia mecánica: causada por roturas o fallas de alambres individuales.

11. Corrosión: ataque del material por el medio ambiente.

12. Distorsión o deformación: las fallas más comunes presentes en los cables de acero son: “Jaula de Pájaro” y “Martillado”.

2.2.18- Fallas más comunes en los cables de acero deteriorados ^[19]

A continuación se mostrará las figuras donde se representa la falla más común en los cables de acero:

Falla dúctil o por estiramiento del cable de acero:

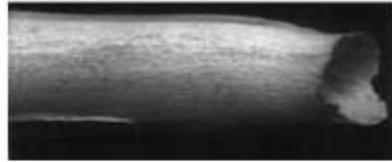


Figura N° 2.17. Falla dúctil o estiramiento ^[19].

Falla mecánica debida al movimiento del cable sobre superficies cortantes bajo tensión:



Figura N° 2.18. Falla mecánica producida por superficies cortantes ^[19].

Pequeña sección desgastada con fracturas de fatiga, generadas por trabajo en poleas con excesivo diámetro:



Figura N° 2.19. Fractura por fatiga [6].

Dos secciones paralelas de alambres de alambres rotos indican trabajo en poleas de pequeño diámetro:



Figura N° 2.20. Falla por secciones paralelas de alambres rotos producto de operación en poleas de pequeño diámetro [6].

Desgaste excesivo asociado con esfuerzos laterales elevados:



Figura N° 2.21. Falla por esfuerzos laterales elevados [6].

Desgaste excesivo en un cable, ocasionado por abrasión:



Figura N° 2.22. Falla por abrasión, en un arreglo tipo Lang ^[9].

Corrosión severa externa, causada por exposición a ambientes agresivos al acero del cable:



Figura N° 2.23. Falla por corrosión expuesta ambientes corrosivos ^[10].

Presencia típica de alambres rotos debido a una fatiga por flexión:

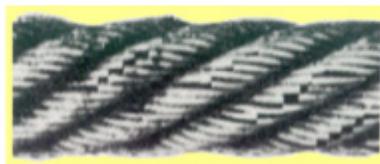


Figura N° 2.24. Falla por flexión ^[9].

Deformación mecánica severa, provocada por la formación de una "Coca":



Figura N° 2.25. Falla por deformación "Coca" ^[19].

Falla típica en el extremo de anclaje debido a la torsión de un cable antigiro "Jaula de Pájaro":

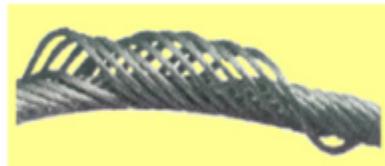


Figura N° 2.26. Falla por torsión en cable antigiro ^[19].

Exposición del alma de acero, producida al aplicar cargas bruscas repentinas al cable:



Figura N° 2.27. Falla por desgaste excesivo y carga variable sobre el alma del cable ^[19].

2.2.19- Revisión de Poleas ^[19]

Es de suma importancia la revisión de las ranuras o canales de las poleas. En las poleas se debe verificar lo siguiente:

- El tamaño de la ranura.
- El contorno de la ranura.
- El grado de desgaste.
- La galga o calibrador de medición.

La inspección de los canales o ranuras se realiza mediante calibradores o galgas. EL contacto del calibrador-polea debe estar entre $130-150^\circ$. Las ranuras muy anchas o muy estrechas con respecto al cable ocasionan daños graves a la polea y el cable del sistema de izamiento tal como se mostró en las figuras N° 2.20 y 2.21, respectivamente. A continuación en la figura N° 2.28, muestra el calibrador de las galgas y el contacto con el canal de la polea, utilizado como instrumento de medición para las poleas y cables de acero.

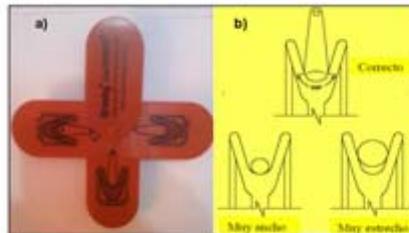


Figura N° 2.28. a) Calibrador o galgas para la revisión de las poleas y b) Uso del calibrador de las poleas [Fuente cable acero].

2.2.19.1- Medición del Diámetro del Cable

Es impórtateme la verificación del cable antes de su instalación para estar seguros que cumple con los requisitos y que se ha recibido el cable indicado. Un cable de bajo diámetro se puede romper por exceso de carga y uno de diámetro alto puede dañar los equipos y ocasionar un desgaste prematuramente. En la figura siguiente se muestra las dos formas de medición de las guayas y sus respectivos instrumentos de medición:

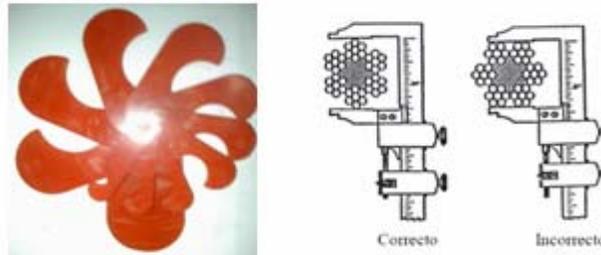


Figura N° 2.29. a) Medición del diámetro del cable con el uso de las galgas y b) Medición del diámetro del cable con Vernier. [Fuente Propia].

2.2.20- Principios Desembalaje de los Cables de Acero ^[20]

1. El desenrollado de un cable de la bobina, debe ser realizado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, a fin de prevenir cocas o dobleces, este paso aplica al momento de reemplazo de la guaya.

2. Antes de cortar un cable, éste debe ser adujado a cada lado del sitio donde va a ser cortado, a fin de prevenir que los cordones pierdan su posición. Ver paso número 1.

3. Durante la instalación, se debe tener cuidado de evitar arrastrar el cable en sitios sucios o alrededor de objetos que raspen, mellen, machaquen o produzcan dobleces agudos en él.

4. El cable debe ser mantenido en una condición de buena lubricación de 400 horas de operación o cada 8 meses. En caso de duda debe ser consultado al fabricante del cable de existir reemplazo por otro tipo de guaya. El lubricante aplicado, debe ser de un tipo tal que no estorbe con la inspección visual. Aquellas secciones del cable que se encuentran sobre poleas o que estorben durante los procedimientos de inspección y mantenimiento, requieren mayor atención cuando se lubrica el cable. El

objeto de la lubricación de un cable es el de reducir la fricción interna, la fricción externa y prevenir la corrosión.

5. Cuando un cable movable muestra un mayor desgaste en un área bien definida que la existente en el resto del cable, la vida del cable puede ser extendida (cuando se pueda reducir el largo del cable) cortando una sección del extremo desgastado, desplazando así el área del cable.

2.2.21- Reemplazo del Cable ^[21]

El cable debe ser reemplazado si se presentan las siguientes condiciones:

1. En cables móviles, seis (6) alambres rotos en el trecho de una vuelta del cordón en el cable, distribuidos aleatoriamente, o tres (3) alambres rotos en un cordón en el mismo trecho, es suficiente la rotura de un alambre en el mismo trecho de cable para considerar su reemplazo.

2. Un alambre externo roto en el punto de contacto con el núcleo, cuando éste se ha desplazado de la estructura original del cable y se asoma formando una gaza o curva fuera de la estructura del cable.

3. Desgaste de un tercio (1/3) del diámetro original de cualquier alambre externo.

4. Coca, aplastamiento, jaula o cualquier otro daño resultante de la distorsión de la estructura del cable.

5. Evidencia de daños por calor proveniente de cualquier causa.

6. Reducción del diámetro nominal mayor de lo indicado se muestra en la siguiente tabla N° 2.4.

Tabla N° 2.4. Máxima reducción del diámetro nominal de los cables.

[Tomado de la Norma COVENIN 3174-00, ítem 4.6.7].

Número	Diámetro nominal		Reducción	
	mm	Pulgada	Mm	pulgada
1	≤ 8	≤ 5/16	0,4	1/64
2	9,5 a 13	3/8 a 1/2	0,8	1/32
3	14,5 a 19	9/16 a 3/4	1,2	3/64
4	22,0 a 29,0	7/8 a 1 1/8	1,6	1/16
5	32,0 a 38,0	1 1/4 a 1 1/2	2,4	3/32

En cables fijos, más de dos (2) alambres rotos en el trecho de una vuelta del cordón en áreas fuera de las conexiones y más de un (1) alambre roto en las conexiones terminales.

7. El cable de reemplazo debe tener una resistencia por lo menos igual a aquella del cable suministrado o recomendado por el fabricante del equipo de izamiento.

8. Cualquier desviación de las dimensiones originales, tipo, grado o construcción del cable, debe ser especificado por el fabricante del cable, el constructor del equipo de izamiento o por una persona calificada. Cuando se reemplace un cable fijo (tensor) por uno de mayor tamaño, deben considerarse si las hubiere, las modificaciones en las capacidades del equipo como consecuencia del aumento de peso del cable tensor.

2.2.22- Manejo del Cable ^[22]

Al momento de considerar el reemplazo del cable es necesario tener presente lo siguiente:

a) Descarga y Traslado

Un cable de acero es suministrado en forma de bobinas o enrollado en un carrete de madera. Deben tomarse las precauciones para impedir que el cable pueda caer al suelo desde la plataforma del vehículo que lo transporta, en vista que se producirían deformaciones permanentes en los torones. También debe evitarse rodar el carrete sobre superficies irregulares para evitar daños y si se utiliza una barra de hierro como palanca para mover el carrete, la barra solamente debe ser aplicada sobre el borde del carrete de madera. La forma idónea de traslado es mediante un montacargas.

b) Desenrollado

Si se realiza incorrectamente el desenrollado del cable existe la posibilidad de utilizarlo si se forma una “coca”. El carrete debe ser montado sobre gatos o sobre una mesa giratoria para remover el cable, teniendo la previsión de no permitir que se desenrolle sin control.

c) Almacenaje

Es recomendable almacenar los carretes bajo techo, en un ambiente aireado, si esto no es posible entonces se deben cubrir los carretes con lonas o material plástico. La zona de almacenaje debe estar lejos de elementos contaminantes o corrosivos. Adicionalmente, se debe cubrir la guaya con una capa adicional de lubricante al momento de ser almacenada por largo tiempo.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1- Generalidades

En este capítulo se presenta de forma detallada la metodología empleada para el cumplimiento de los objetivos propuestos y el funcionamiento del sistema de urea. Para el desarrollo de la eficiente investigación del proyecto y el logro de los objetivos planteados, se siguieron los siguientes pasos:

3.2- Metodología Empleada

3.2.1- Revisión Bibliográfica

Abarcó la recopilación de toda la información necesaria para la resolución del problema. Utilizar el apoyo bibliográfico es una herramienta didáctica básica, haciendo uso del material bibliográfico existente para lograr documentarse sobre todos los aspectos asociados con el proyecto en particular. La gerencia servicios industriales cuenta con los manuales de los equipos del sistema en estudio, además de acceso a páginas Web referentes al tema, que sirvieron de referencia teórica para el desarrollo del proyecto.

3.2.2- Observación Directa

Esta actividad consistió en observar atentamente el sistema, tomando información para su posterior análisis. Esta técnica es directa cuando el

investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que se trata de investigar, esto se empleó en este estudio donde se observó todo el sistema directamente en el sitio.

3.2.3- Entrevistas No Estructuradas

Esta actividad fue ejecutada para profundizar y obtener una información más objetiva y directa del proceso en particular. Se fundamentó en el dialogo directo con el entrevistado (operadores, mecánicos y supervisores del proceso) donde se obtuvo respuestas precisas sobre el caso en estudio, pudiendo de esta manera complementar la experiencia que se tiene a través de la observación.

3.2.4. Visitas al Área de Estudio

Mediante el recorrido del sector donde se evaluó el sistema despacho de urea de las instalaciones del muelle. Durante esta observación se puntualizó la ubicación de los equipos, capacidad nominal de carga, serial de los equipos, fabricante, modelo, potencia del motor, procedimientos de trabajo, identificación de las propiedades de los materiales, búsqueda de especificaciones en la red interna de la empresa y operación del cargador del barco, entre otros.

3.3- Descripción las Condiciones Actuales del Sistema Operacional del Surtidor Telescópico de Urea

En esta etapa de estudio se describe la situación del sistema operacional de la planta después de haber conocido el proceso productivo y operacional a fin de analizar las posibles causas del problema como es el

desprendimiento de las camisas tubulares, mantenimiento por paradas no programadas, incremento de costo y tiempo en reparación, calibración, compra de repuestos de forma inmediata para la reparación del equipo; así como la disminución de la eficiencia de la carga por día, acarreado un valor monetario siete mil seiscientos treinta y cuatro dólares (7634 \$) que afecta el sistema telescopio de urea. De igual manera se identificaron aquellos factores indicativos del mecanismo deterioro y las posibles causas de tal deterioro de los cables bajo operación, esto se hizo a través de una inspección microscópica realizada en cables retirados de servicio, así como también sugerir el uso de una eslinga sintética de ancho de 3 pulgadas que funcione como sistema de seguridad al momento de ocurrir una ruptura de la guaya, la identificación de las propiedades de los lubricantes diseñados especialmente para estas y los cálculos necesarios en el sistema de izamiento.

3.3.1- Sistema de Manejo de Urea ^[1]

Este sistema, tiene como objetivo el transporte de urea desde la planta de fertilizantes de Fertinitro, hasta la plataforma de sólidos para su despacho a los buques que se encuentran atracados en el Muelle Petroquímico Jose Pequiven. Ver figura N° 3.1.



Figura N° 3.1. Torre de Transferencia de Tierra Firme y enlace entre las empresas Asociadas (enlace entre el Pequiven y Fertinitro). [Fuente Pequiven].

El sistema esta compuesto de las siguientes unidades:

- ❖ Una Torre de Transferencia en Tierra Firme.
- ❖ Un Transportador Tubular (Pipe Conveyor).
- ❖ Una Torre de Transferencia en el Muelle.
- ❖ Una Galería del Cargador de Barcos con la Cinta Transportadora.
- ❖ Un Carro deslizante (Tripper Car), integrado en la Cinta Transportadora de la Galería.
 - ❖ Un Cargador de Barcos (Ship Loader).
 - ❖ Un Silo de Emergencia.

3.3.2- El Cargador de Barcos

El cargador de barcos, es el equipo que se utiliza para cargar las bodegas de los buques. Posee una capacidad de carga desde 6.000 DWT (Toneladas de peso Muerto) hasta 65.000 DWT y se desplaza sobre rieles a lo largo de la plataforma. Los movimientos principales del cargador de barcos son. (Para mayor información sobre operación de algunos de los enunciados. ver anexo 1):

- A. Sistema de recorrido.
- B. Sistema de inclinación.
- C. Surtidor de carga telescópica.
- D. Sistema de giro.
- E. Transportador del brazo.

En la figura N° 3.2 Se observa el cargador de barcos (Shiploader) visto desde los puntos cardinales Sur-Este, con ángulo normal de carga, sección del surtidor y telescópico suspendido:

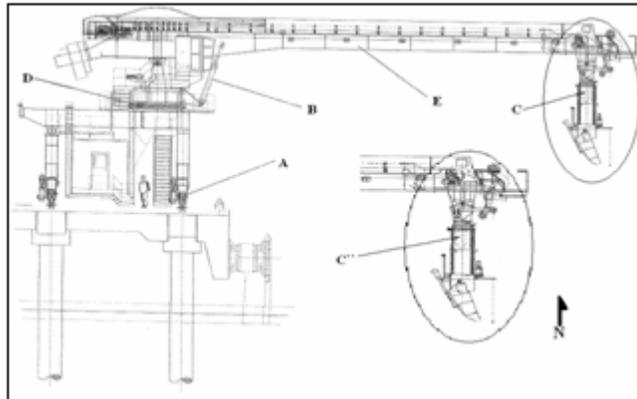


Figura. N° 3.2. Cargador de barcos. [Fuente Propia].Ver ítem 3.3.2

3.4- Limitaciones Actuales del Sistema Operacional del Surtidor Telescópico de Urea

Toda la maquinaria utilizada para cualquier tarea está propensa a fallar o deteriorarse por el efecto de antigüedad, el uso e inclusive por las condiciones ambientales del lugar en cual prestan servicio. También es posible que las causas del deterioro o falla sean inherentes al equipo. Pero, sin importar cuales sean las causas de deterioro o fallas uno de los objetivos primordiales de cualquier corporación o industria, por mas pequeña que sea; es mantener sus equipos e instalaciones en perfectas condiciones de funcionamiento.

Es por ello, que a continuación se describe las limitaciones operacionales, actuales del cargador de barco, con especial ahínco en el cargador telescópico de urea y a su vez las notables limitaciones por el cual este último equipo amerita un rediseño que continuo con el desarrollo de la presente investigación.

3.4.1- El cargador de Barcos

El Cargador de Barcos, es el equipo que se utiliza para cargar las bodegas de los buques. Los movimientos principales del cargador de barcos son:

- ❖ Desplazamiento a lo largo de la plataforma. Sin dificultad para operar
- ❖ Giro del brazo de carga. Operara sin dificultad.
- ❖ Ascenso/descenso del puente de carga. Sin dificultad en los movimientos de operación.
- ❖ Ascenso/descenso del tobogán telescópico de carga. En esta sección es donde amerita el rediseño y propuesta de mejoras.

Estos movimientos permiten la carga de buques de diferentes tamaños. Todo el conjunto está soportado en un portal el cual descansa vía carretillas con ruedas, sobre dos rieles. Los apoyados sobre el riel del lado Este se diseñaron como un apoyo fijo y los del lado Oeste se diseñaron como un apoyo tipo pendular. Bajo las vigas principales y a sus lados existe un dispositivo de cierre manual que ha sido colocado en caso de una parada de emergencia.

El tobogán de carga, contó inicialmente con un diseño retráctil. El objetivo del rediseño es restablecer la maniobra de izamiento de forma confiable del sistema, adaptado a las necesidades de movimiento y reducir al mínimo el riesgo de desprendimiento del chute o telescópico; de ser necesario sustituir los componentes que no cumplan con los cálculos analíticos como por ejemplo: soporte del tubo telescópico y de todos sus componentes, motor de izamiento, tambor motriz de izamiento, cables de

izamiento, poleas y pasadores de las poleas para de ésta manera restablecer la condición de variación de longitud.

Una vez realizado el estudio y de existir similitud con los valores obtenidos bien sea por catalogo, normas o cálculos se procederá a comparar con los valores de cada elementos del telescopio antes mencionado, el reemplazo sólo será en aquellos elementos críticos, donde los nuevos cálculos no satisfaga las condiciones de operación.

El ajuste de las longitudes del brazo a las bodegas del barco sirve para reducir las emisiones de polvo, evitar la diseminación irregular en las bodegas del buque y en la mayoría de los casos permite el acercamiento a lugares de difícil acceso como por ejemplo la esquinas, buques doble bodegas, bodegas con compuertas trabadas o de dificultosa apertura.

Actualmente, la operación de ajuste de longitud se encuentra limitado operacionalmente debido a que existe un reporte de fallas por mantenimiento correctivo no programado, puesto que en cuatro oportunidades durante el llenado de las bodegas de material sólido de urea, despachado por las instalaciones portuarias, se ha desprendido y para evitar temporalmente la falla, no ponen en funcionamiento más de una camisa tubular.

En la salida del tobogán se ha provisto un vertedor o pala direccionadora que se puede girar y ajustar para evitar que se cargue en una sola dirección el producto al momento del despacho, sin el movimiento de extensión de las camisas tubulares resulta la operación insegura. En la figura N° 3.3. Describe el cargador de barcos.



Figura N° 3.3. Cargador de barcos. Sistema tobogán telescópico en posición de forma de carga y sin extensión de las camisas tubulares (Nor-Este). [Fuente Pequiven].

3.4.2- Limitación Tobogán Telescópico Perteneciente al Cargador de Barcos

El tobogán telescópico de carga, es el elemento terminal del puente, esta fijado por medio de una junta articulada bajo la capucha de descarga del transportador del brazo y transfiere el material de manejo hasta la compuerta del buque con la menor emisión de polvo posible, permitiendo hacer una variación en la altura del flujo de carga. Posee un guinche de levantamiento del tobogán telescópico de carga el cual esta diseñado para el levantamiento y descenso de la cabeza del tobogán de descarga para permitir las diferentes posiciones de carga del buque, como se ha mencionado en párrafos anteriores, actualmente no cumple con el procedimiento de variación de longitud y es debido al riesgo latente de desprendimiento que se plantea el rediseño.

El tobogán telescópico se extiende y se retrae en un polipasto de izamiento de diseño compacto con tres guayas salientes, mecanismo donde se dificulta la operación debió a que existe riesgo de desprendimiento producido por la rotura de las guayas. La distancia completa a restablecer en el de izamiento corresponde a 12 revoluciones del tambor y no como se hace

en la actualidad de solo 6 revoluciones. El polipasto de izamiento se acciona con el motor del sistema de izamiento. Las guayas se guían por medio de poleas acanaladas, siendo necesario el rediseño en esta sección superior.

Se debe sugerir también el reemplazo de las poleas, soporte y cables acerados que unen al tubo telescópico inferior en tres puntos de suspensión espaciados a 120°. En la figura N° 3.4. Se detalla las vista principales con las limitaciones del tubo telescópico y se resalta en un círculo rojo una cámara video para verificar la proximidad del vertedor; sin funcionamiento en la actualidad, sólo ameritaría reposición y cambios de conectores. Izando y bajando, girando ó ajustando el alimentador de distribución, esta sujeto todo al control visual por medio de una cámara (en la actualidad no esta operativa). Ver figura N° 3.4.

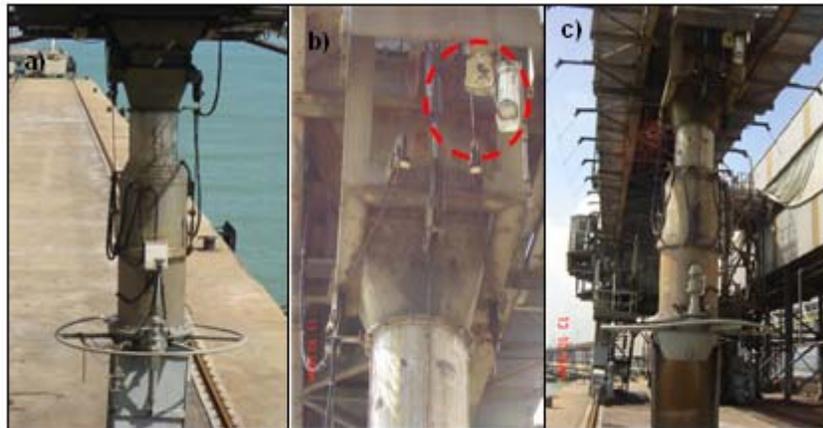


Figura N° 3.4. Sistema del tobogán telescópico. **a)** Vista Trasera, **b)** Vista Superior Ascendente con cámara de proximidad y **c)** Vista frente. [Fuente Propia].

3.5- Consideraciones generales que limitan el funcionamiento del Surtidor Telescópico

La operación de carga de sólido entre el tobogán y el material de manejo descargado debe mantenerse a una distancia de carga de un metro (no aplica actualmente); la finalidad de ésta longitud vertical es la de evitar diseminación irregular de material dentro de la bodega, y a su vez disminuir la emisión de partículas de polvo provenientes de la urea. Ver figura N° 3.5, donde se describe las principales limitaciones durante las etapas de despacho de urea.

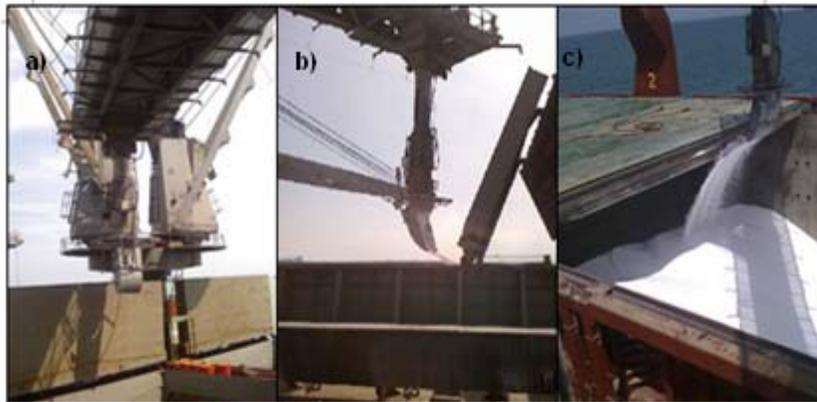


Figura. N° 3.5. a) Inicio de carga. b) Vertedor fuera de la bodega y c) Remate de bodega.
Dificultad para las diferentes etapas de Operaciones. [Fuente Propia].

3.6- Secciones de Izamiento Propuestas para el Análisis del Rediseño ^[1]

Para efectos de la investigación, las secciones que a continuación se describen, son las que se tomaran en cuenta para los cálculos analíticos con la ayuda de las citas bibliográficas, planos del proyecto original, catálogos de fabricante, entrevistas no estructuradas, normas, datos dentro de la red la empresa (Intranet) entre otros.

Se hizo de relevancia considerar que de coincidir algunos de los valores, obtenido a partir del desarrollo del proyecto, sólo se procederá a proponer el reemplazo de los elementos más críticos por cada sección. A continuación se menciona la división de las secciones de izamiento:

I. Sección Superior de Izamiento.

II. Sección Inferior de Izamiento.

I. Sección Superior de Izamiento

Esta compuesta por los siguientes equipos:

- ❖ Tambor del cable con estructura de apoyo y engranaje planetario sobre rodamientos.
- ❖ Motor de jaula de ardilla.
- ❖ Freno magnético accionado independientemente del motor, torque de freno: 23 Nm.
- ❖ Guías para el descenso de la faja desde el tambor.

En la figura N° 3.6. Se describe los enunciados anteriores.

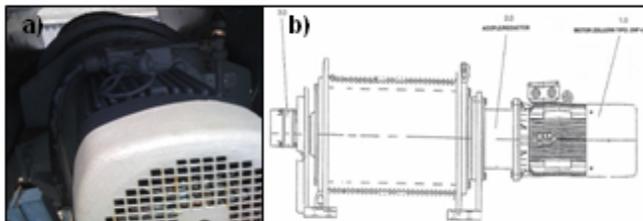


Figura N° 3.6. a) Guinche de izamiento en jaula de ardilla y b) Vista principal del guinche con sus principales secciones. [Fuente Propia].

II. Sección inferior de izamiento

Para la sección inferior de izamiento cuenta con los siguientes equipos:

- ❖ Poleas para guayas de las siguientes dimensiones de: 250/290/35 y $r = 6,5$ mm. Con cojinetes. Ver figura N° 3.7- a).
- ❖ Guayas de izamiento con conexiones removibles en el extremo (gancho). Ver figura N° 3.7- b).
- ❖ Sistema de pala vertedero o pala direccionadora.

A continuación se muestra las poleas y el gancho de izamiento en la figura N° 3.7.

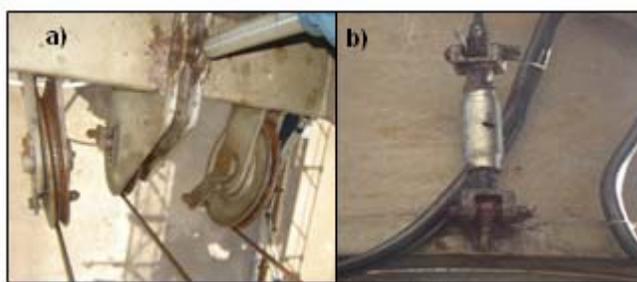


Figura N° 3.7. a) Poleas para guayas y b) Conexiones removibles en el extremo. [Fuente Propia].

Otra dificultad resulta en las aperturas a medias de las compuertas de las bodegas de los buques o al momento del remate de la misma, incrementando las horas de carga y en algunos casos la descarga de material se realiza hasta donde el sistema permita la extensión. Para identificar las vista del vertedor con el cilindro hidráulico ver figura N° 3.8.

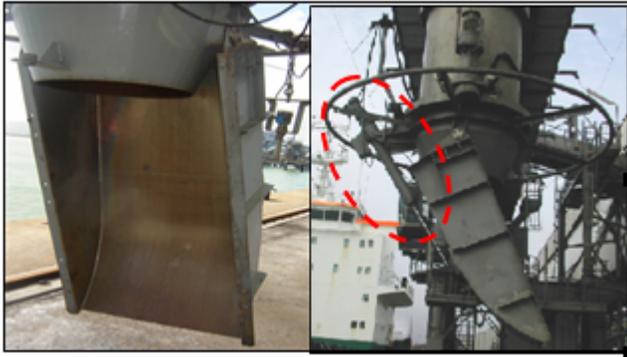


Figura N° 3.8. Sistema del vertedor o Pala direccionadora y Actuador hidráulico (circulo sombreado). [Fuente Propia].

Para ilustrar el caso de las restricciones de llenado, donde es necesario no sólo la inclinación del vertedero; sino también la extensión aproximada de la pala a una distancia de un metro de longitud vertical medidos desde la capa superior del sumidero de la urea hasta el extremo del vertedor; de esta manera se estaría cumpliendo con el procedimiento, previsto dentro de los manuales de cargas. Los ángulos desfavorables de las bodegas y las compuertas con apertura parcial incrementan también las desviaciones de cargas. Para esto se hace necesario observar la figura N° 3.9 a continuación:



Figura N° 3.9. Descarga de urea en bodega con apertura parcial de compuerta. [Fuente Propia].

3.7- Aplicación de una Estrategia de Confiabilidad Operacional, bajo la Metodología de Análisis Causa Raíz (ACR) al Sistema Telescópico del Cargador de Barcos

Una vez definida la situación actual operacional y las limitaciones de los elementos que conforman el surtidor telescópico, se procedió a la aplicación de la herramienta de análisis Causa- Raíz (ACR), la cual permitió detectar las fallas del tipo: físicas, humanas, latentes del sistema para así poder eliminar las causas; luego de obtener el árbol lógico de falla se esquematizó el diagrama con la finalidad de detectar las fallas ha mitigar o eliminar definitivamente.

El ACR, llevado a cabo por el equipo natural de trabajo, permitió representar gráficamente la relación entre la causa y el efecto asegurando llegar de una vez a la raíz del problema. Para la implementación de esta metodología fue necesaria la conformación de un equipo natural de trabajo que contó con un facilitador, especialista, programador, mantenedor, operador, ingeniero de procesos de la empresa. El equipo natural de trabajo estuvo conformado por:

- Superintendente de Mantenimiento.
- Planificador de Mantenimiento.
- Supervisor de Electricidad
- Supervisor de Mecánicos.
- Supervisor de instrumentación.
- Coordinador de Mantenimiento y Operaciones.
- Supervisor de Muelle.
- Mecánico, Electricista e Instrumentista.

Cabe destacar, que el rol del facilitador estuvo a cargo del planificador de mantenimiento, por ser una de las personas que durante el proceso controla todas las actividades de mantenimiento y esta facultado de realizar el seguimiento de las mismas desde el momento en que el planificador libera la orden de trabajo hasta que culmina la actividad. Una vez establecido el equipo natural de trabajo se procedió con la segunda parte de la implementación de la construcción del árbol lógico de falla, en base al conocimiento por área de cada integrante del equipo.

Es de hacer notar, que toda la información planteada por esta metodología no estuvo sujeta a interpretaciones subjetivas de ningún integrante del equipo, sino por el contrario el resultado del ACR fue producto de la unanimidad de cada uno de sus miembros y aunque algunos de los cuadros de diálogos presentes en la construcción del árbol lógico de fallas no especifique el ¿Por qué?; o simplemente porque esa falla y no otra, la idea principal del ACR es encontrar el origen de la misma y no la causa más obvia.

3.7.1- Definición del Problema

A continuación se realizaron una serie de preguntas al personal técnico para sustentar el análisis a partir de las fallas presentadas en los equipos, la cual se demuestra en la tabla N° 3.1 perteneciente a la descripción del sistema de manejo de masa, mostradas en el capítulo V, donde se detalla la tabla N° 5.2, sobre el registro de fallas del sistema de aparejo y/o cables; el más crítico es el que presenta mayor cantidad de fallas a lo largo del estudio. Basado en las horas de trabajo del cable se enuncian las siguientes interrogantes:

1. **¿Qué?** Desprendimiento de las camisas tubulares del cargador telescópico de urea.

2. **¿Cuándo?** En la siguiente tabla N° 3.1, se muestra las fallas que ocasionaron paradas imprevistas. Como complemento del ítem 5.2, ubicado en el capítulo V si como también en el apéndice A-1.

Tabla 3.1. Fallas por Paradas Imprevistas.

Fecha	Día	Hora	Descripción
26/08/2006	Lunes	10:35 a.m.	Desprendimiento en movimiento de ascenso de los tubos telescópicos.
04/11/2006	Viernes	2:03 p.m.	Desprendimiento en descarga de urea.
08/03/2007	Miércoles	4:00 p.m.	Desprendimiento en movimiento de traslación dentro la bodega del buque.
23/09/2007	Jueves	1:15 p.m.	Desprendimiento en movimiento descenso de los tubos telescópicos.

3. **¿Dónde?** Barcelona-Anzoátegui, Muelle Petroquímico Jose, en la Plataforma Este, zona de descarga, dentro de las bodegas de los buques atracados y el equipo telescópico en operación de descarga de urea.

4. Importancias

- **Seguridad:** sin accidentes humanos, potencialmente peligroso.
- **Impacto ambiental:** viola reglamento del Ministerio para la Participación Popular del Ambiente.
- **Producción:** 40 horas de paradas no programadas, el valor monetario costos de paradas es de siete mil seis cientos treinta y cuatro dólares (\$7.634) por día y la hora adicional es de trescientos dieciocho dólares (\$318), la seguridad en las instalaciones del terminal marino tiene un costo de ciento cuarenta y cinco dólares (\$145) por día.

- **Mantenimiento:** la disminución de la eficiencia en el proceso de carga tiene unos costos totales de quinientos cincuenta mil cuatrocientos cuarenta dólares (\$550.440).
- **Frecuencia:** 2 en año 2006 y 2 en el año 2007.

3.7.2- Construcción del Árbol Lógico de Fallas

El análisis contó con la ayuda del equipo natural de trabajo, con la finalidad de minimizar el desprendimiento por rotura de las camisas telescópicas y se obtuvo como resultado que el elemento más crítico del sistema son los cables de izamiento, debido a la mayor cantidad de fallas presentes el sistema y en base a la definición del problema se describe a continuación cada una de las etapas del ACR.

3.7.2.1- El Problema

Desprendimiento de las Camisas Tubulares del Cargador Telescópico de Urea.

3.7.2.2- Modos de Fallas

Esta dado por los eventos físicos encontrados una vez que ocurre el incidente de paradas imprevistas. La información inicial recolectada para definir los modos de fallas fueron los siguientes:

- ❖ La ubicación física del problema.
- ❖ La ubicación física de las partes.

- ❖ La hora del problema.
- ❖ Operadores de turno durante el problema.
- ❖ Los mecánicos que repararon el equipo por última vez.
- ❖ Las posiciones y formas del desgaste.

3.7.2.3-¿Como Puede Ocurrir?

De la tabla N° 3.1 perteneciente a la descripción del sistema de manejo de masa, que se muestra en el capítulo V de forma detalla la tabla N° 5.2, sobre la descripción y reporte de fallas del cargador telescópico de urea y de continuación en el Apéndice A-1.

- **Eventos de la falla**

Se estableció la rotura de los cables de acero de izamiento del cargador telescópico de urea, como el evento de la falla a estudiar.

- **Modo de falla**

Al realizar una inspección visual a los cables recolectados y al identificar el lugar de procedencia y condiciones de servicio, se establecieron tres posibles modos con lo que se presenta la falla. Estos modos están en la Tabla N° 3.2.

3.7.2.4- Diagnóstico y determinación de las fallas probable de la Causa-Raíz.

A continuación se presentan los posibles mecanismos que provocan los eventos de la falla. Al ser, verificada una hipótesis esta se convierte en una causa de raíz física. Se realizó revisión de información técnica para la sustentación de la hipótesis, que a continuación se enumeran:

1. Historiales de mantenimiento.
2. Libro diario/novedades.

Resultados de inspecciones (visuales).

Tabla N° 3.2. Modos de falla establecidos por la rotura de los cables de acero.

3. Información de compras.
4. Procedimiento mantenimiento.
5. Registro de entrenamiento del personal.

- **Hipótesis**

Las hipótesis que pudiesen explicar la falla de la rotura de los cables del sistema de izamiento en el surtidor de carga telescópico, una vez

Modo o Mecanismo	Descripción del Fundamento
Fatiga	Basado en las cargas variable a la que estan sometidos las guayas durante la operación de descarga.
Deformación	Los cables presentaron deformación plástica por alargamiento.
Desgaste	Debido al efecto corrosivo del fertilizante urea sobre la composición de la guaya sumado al efecto del ambiente marino por la humedad y altos indices de temperatura del ambiente.

considerada la revisión de la información antes mencionada en el diagnóstico se presentan a continuación en la tabla 3.3:

Modo	Hipotesis	Explicación
Fatiga	Cargas variable	Si la pala direccionadora se coloca en un ángulo de 90°, en el proceso de descarga de la urea.
	Material inadecuado	Por materiales fuera de especificación de baja resistencia a los agente corrosivos y la exposición de agentes marinos.
Deformación	Sobrecarga por tensado de las guayas	Deformación de los aros guías de las camisa tubulares por la influencia de la urea.
	Impacto con Superficies de elevada fricción	Se puede presentar por el impacto de los cables de paradas por emergencia, ubicados en la zona perifericas del boom(cinta) con los bastidores de las embarcaciones.
	Problemas con agentes corrosivos	Exposición prolongada de las guayas sin la aplicación de un lubricante especial que contrarreste al ambiente marino y el fertilizante urea.
Desgaste	Fallas por condicines de trabajos	Por el ambiente donde se encuentra en servicio las guayas, se presentan desgaste por el contacto de la soluciones originadas a partir de la urea, y adicionalmente el ambiente altera el acabado de los elementos de izamiento.

Tabla N° 3.3 Las hipótesis planteadas para cada modo de falla de los cables de acero.

Todo lo planteado se resume en el árbol lógico de fallas creado para la rotura de los cables de izamiento. Para la comprobación de las mismas es necesario el desarrollo del ítem 3.8, mas específicamente en el punto 1,2 y 6

perteneciente a este capítulo, donde se realizó el desarrollo del objetivo específico; Propuesta del Rediseño del Surtidor Telescópico Cargador de Urea.

3.7.2.5- Identificación e Implantación de las Soluciones

Para realizar este paso fue necesario tomar en consideración lo siguientes aspecto:

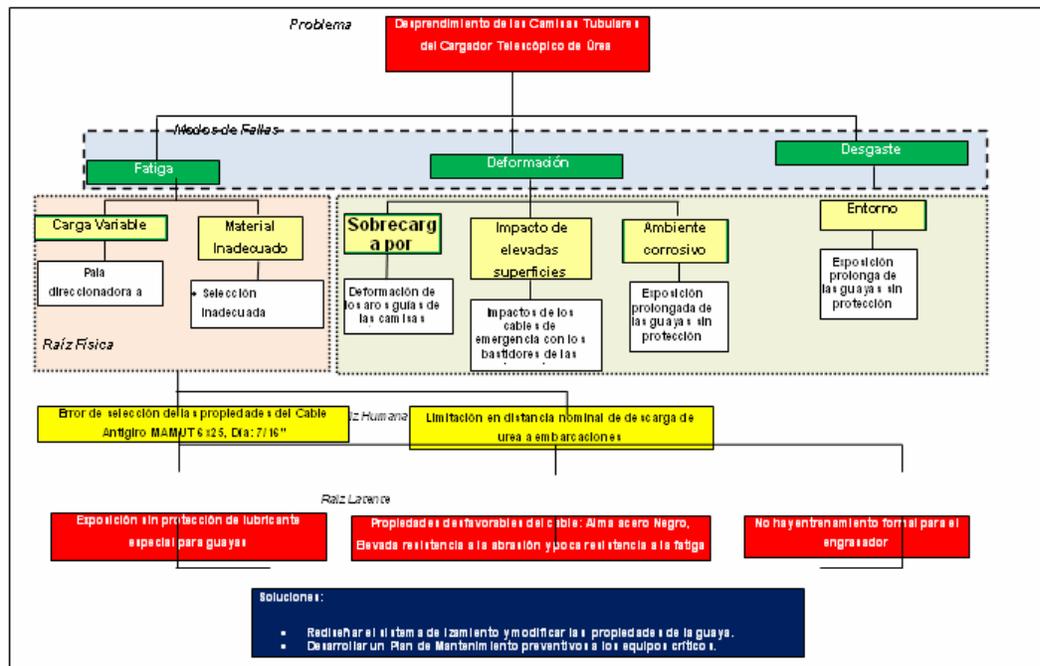
1. Generar soluciones alternativas.
2. Manejar resistencia al cambio.
3. Validar la información recolectada en el campo con el equipo natural.
4. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para equipos críticos.

3.7.2.6- Soluciones

La implantación de las soluciones deben satisfacer las siguientes soluciones:

1. Prevenir o mitigar el problema.
2. No crear problemas adicionales.
3. Controlar.
4. Satisfacer lo objetivos y metas de la empresa.

A continuación, en la figura N° 3.10, se muestra la construcción del árbol lógico de fallas.



3.8- Propuesta del Rediseño del Surtidor Telescópico Cargador de Urea

En esta etapa se realiza el análisis del sistema de izamiento, en tal caso si se requiriera pertinente se puede modificar el recorrido y/o agregar un cable de acero para cambiar la configuración de tres a cuatro guayas. Bajo un ensayo de tracción se debe seleccionar un par de eslinga sintética de seguridad para que soporte la carga estática de 3500 Kg., aproximadamente, del tubo telescópico al momento de fallar, considerando los parámetros antes descritos y en comparación con factores originales del diseño en un análisis metalográfico al cable de acero (guayas) y elaborar un plan de mantenimiento para los equipos críticos basado en la aplicación del análisis Causa-Raíz(ACR) en consonancias con las condiciones severas del ambiente marino.

Una vez concluida la etapa del Análisis Causa Raíz, el desarrollo de esta investigación se llevo a cabo en base a las soluciones arrojadas por el equipo natural de trabajo, descritas en el Árbol Lógico de Falla, detallado en la figura N° 3.10. A continuación se indican los elementos y sistemas propuestos como parte de complemento para el desarrollo de esta investigación:

1. Realizar un estudio metalográfico de los cables de aceros: cable Negro, tipo MAMUT 6x25, según propiedades en el catálogo Cable Acero, utilizados en el sistema de izamiento (ver apéndice A-9). Comprobación de las hipótesis planteadas en el árbol lógico de fallas.

2. Identificar las condiciones de los cables de acero (guayas) MAMUT 6x25, en base al muestreo sugerir la sustitución del un cable, donde se mantenga el diámetro y la longitud original. (ver apéndice A-10). Comprobación de las hipótesis planteadas en el árbol lógico de fallas.

3. Elaborar un procedimiento experimental donde simule las condiciones del ambiente marino, sometido a carga constante durante 30 días, para luego evaluar en factor de ruptura bajo un ensayo de tracción de las eslingas sintéticas; siguiendo las recomendaciones de la empresa.

4. Proponer unas eslingas sintéticas de poliéster de: dos capas, ancho 3” pulgadas, carga de trabajo de 3000 kgf; según catálogo Cable Acero (ver apéndice A-4). Para la sujeción del tubo telescópico en caso de posible de rotura del cargador de barcos.

5. Preparar el ensayo de tracción de las eslingas sintéticas de poliéster y evaluar el índice de fractura con respecto al valor teórico.

6. Analizar la influencia del lubricante utilizados para los cables de izamiento. Comprobación de las hipótesis planteadas en el árbol lógico de fallas.

7. Realizar los cálculos del sistema de izamiento: motor, tambor, winche, gancho, eje de las poleas, poleas, cables de aceros, eslingas sintéticas. Sólo se remplazará aquellos elementos que no cumplan con los nuevos cálculos del rediseño.

8. Proponer un plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del cargador telescópico de urea.

3.8.1- Estudio Metalográfico: Cable Negro, tipo MAMUT 6x25, utilizados en el Sistema de Izamiento.

Para este caso se tomaron diez muestras de la guaya que sufrió la falla. Se realizó estudio morfológico y metalográfico dividiendo cada muestra en tres secciones; una a primera sección zona final de la falla ubicada en extremo de la punta del cable, la segunda sección zona mediana a la falla donde a su vez se subdividía en torón externo e interno correspondiente zona mediana de la falla.

Por último una zona alejada de la falla. Luego se procedió al empotramiento de las diez probetas con la orientación puntos cardinales para mantener la misma configuración de operación mientras el cable estuvo montado en el sistema de izamiento. Posteriormente se realizó el pulido de ellas por una de las caras y se atacaron químicamente para revelarles su microestructura.

Después de realizar este paso se escogieron, las macrofotografías y microfotografías más representativas y con mayor cantidad de

discontinuidades tales como: corrosión, deformación, alargamiento de la sección transversal de los torones, fractura, hilachamiento y picaduras, pero manteniendo la zonificación de las probetas.

Para la realización de todos estos ensayos se utilizó un microscópio de plataforma invertida, modelo Unión MC 85974, con demandad de 120 V, este microscopio es binocular y esta equipado con objetivos M50X, M100X, M200X y M400X; oculares WFH10X y WFH15X. (Ver apéndice A-2)

3.8.1.1- Procedimiento de Selección, Preparación y Corte de las Probetas.

En la figura N° 3.11, se muestra el diagrama de ubicación de las secciones y la numeración de las probetas obtenidas a partir de la guaya. Adicionalmente, se puede observar el seccionamiento de las zonas; en tres probetas sección A, seis para la sección B y la zona C solo una probeta. Es decir, en total para realizar la microscopia óptica es de diez probetas (10).

Posteriormente, el estudio se realizó con las probetas que presentarán cantidades de defectos contando para este análisis con cinco (5) probetas. Una probeta para la sección A, dos probetas correspondientes al torón externo e interno medianamente alejado de la zona de falla para la sección B y una probeta para la sección C. El estudio se llevó a cabo en tres etapas:

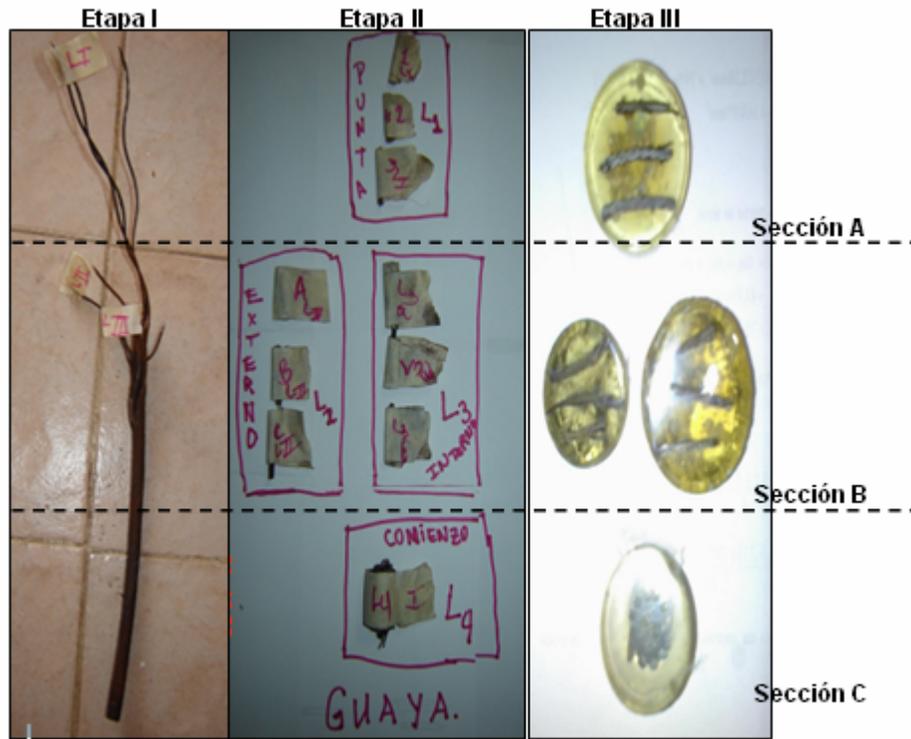


Figura N° 3.11. Diagrama de ubicación de probetas correspondiente a las tres secciones A, B y C con sus diferentes etapas. [Fuente Propia].

3.8.1.1.2- Etapa I

❖ Selección de las Muestras

a) Se escogió mediante inspección visual y donde era evidente la deformación localizada de la sección transversal de la guaya con la mayor proporción de deterioro superficial.

b) La guaya seleccionada fue seccionada en tres (03) partes; correspondientes a la zona de falla final A, zona medianamente alejada de la falla B y la muy alejada de la zona, falla C. Ver figura N° 3.11.

En la figura N° 3.12, se muestra el procedimiento de corte para la extracción de las probetas.



Figura N° 3.12. Procedimiento de corte con la ayuda de una segaeta. [Fuente Propia].

3.8.1.1.3- Etapa II

❖ Seccionamiento de las Muestras por Zonas

De la sección A. Se tomó un Torón (L1) para su estudio, el mismo fue seleccionado siguiendo el mismo criterio utilizado para la guaya; es decir, se extrajeron tres muestras L1.1, L1.2 y L 1.3 de ubicaciones cercana, intermedias y ligeramente alejado de la zona de la falla, respectivamente. Estas muestras fueron sometidas a una inspección visual de estereoscopia macroscópica y para el estudio riguroso se utilizó el microscópico. Utilizando un estereoscopio; a fin de visualizar detalles indicativos del mecanismo de falla predominante, como son: corrosión, desgaste, deformación, fractura en influencia del lubricante, entre otras. Posteriormente, las muestras fueron empotradas utilizando una resina del tipo EPOFIX (ver apéndice A-3), lo cual permitió su manipulación y su vez la preparación metalográficas.

De la sección B, se tomaron dos torones: un extremo (L₂) y otro interno (L₃) que seccionados de manera similar al torón anterior, generaron el estudio detallado de seis probetas a saber: L_{2.1}, L_{2.2}, L_{2.3} y L_{3.1}, L_{3.2}, L_{3.3} para

luego proceder a la preparación, metalografía y estudio macroscópico similar al realizado en el torón L_1 de la sección A.

De igual manera se procedió para la sección C, pero a diferencia de las dos secciones anteriores, en este caso se tomó un trozo completo de la guaya (L_4), el cual incluía todos los torones en su sitio. Para el análisis de los resultados se escogió las probetas que mostraron mayores detalles indicativos de la reacción del material con el ambiente marino y la influencia de las condiciones de trabajo a la cuales fue sometido durante la horas de operación del cable, así como también la participación desfavorable aportada por el lubricante (Energrease LS EP2) o de grasa de engranaje, utilizado para la protección de la guaya durante el montaje.

3.8.1.1.4- Etapa III

❖ Análisis por vía estereoscópica

a) Sección A zona de la falla final

En la figura N° 3.13, se aprecia una oxidación severa y reducción del área en la punta superior L_1 . se muestra la parte posterior de la probeta L_1 con las mismas características; propias de una fractura por corrosión. Para ambos casos se observa oxidación severa y reducción de la sección transversal de los torones.



Figura N° 3.13. Torón de la Punta Superior (L_1). Vista principal de la guayas externa en su estado de funcionamiento. Magnificación 15x. [Fuente propia].

b) Sección B parte Externa L_2

Para la sección B, se observó deterioro en la zona falla acompañado de una reducción de área y un exceso de corrosión producto posiblemente de la reacción del metal con el lubricante. Dicho producto se acumuló entre las fronteras de los torones; formando una escala que cubría todos los torones y algunos casos los mantenía adheridos unos a otros.

El lubricante acumulado produce una capa bajo la cual se originan zonas críticas de corrosión localizada. En la figura N° 3.14, se muestra la vista de la punta externa L_2 .

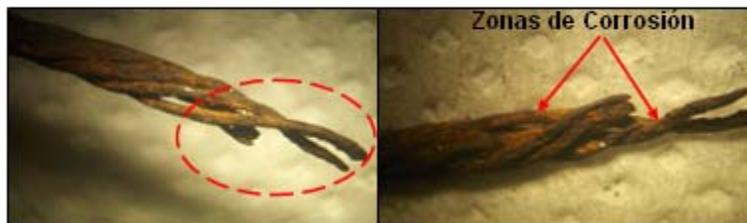


Figura N° 3.14. Torón punta externa (L_2). Vista de frente de la guayas externa en su estado de funcionamiento. Magnificación 15x. El círculo punteado refleja la reducción de área.

[Fuente Propia].

c) Sección B parte Interna L₃

Para la observación de las microestructuras de las probetas intermedias (L₃), se mantiene el mismo criterio de selección que las anteriores partes de las guayas. Adicionalmente, fue necesaria la selección de dos puntos longitudinalmente iguales en la composición del cable, es decir en las figuras a continuación se observa un torón externo y uno interno pertenecientes alma del cable. Para de esta manera no perder de vista la influencia desfavorable del lubricante.

Lo anterior se conoce como lubricación marginal. Primero ocurre una lubricación hidrodinámica mezclada con marginal; y a medida que la longitud del cable varía producto de la configuración de operación del equipo, la lubricación marginal predomina. Ver figura N° 3.15; donde se muestra un torón interno cercano a la superficie exterior con lubricación marginal y torón interno perteneciente alma del cable con algunas zonas con corrosión.

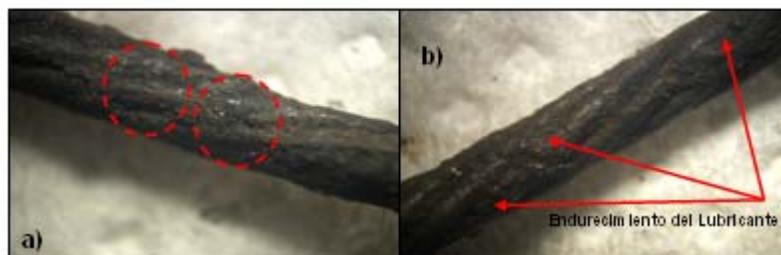


Figura N° 3.15. a) Torón interno con lubricación marginal (círculos punteados) y **b)** Se detalla la falta de lubricante, y el endurecimiento zonas con capas corrosivas (líneas).

Magnificación de 15x. [Fuente propia].

C) Sección C Comienzo de la Guaya L₄

En esta sección sólo se estudió la probeta L_4 perteneciente a la zona alejada de la falla. Para cada sección transversal del cable la deformación es diferente pero en la zona este-oeste de la figura N° 3.16, la disminución del área se puede considerar muy similar debido al rozamiento del cable con las poleas del sistema de izamiento.

Es de hacer notar que la configuración del alma de la guaya mantiene su geometría original evidenciando con esto que la ocurrencia de la falla comienza desde la periferia del cable hacia la curvatura interna del alma de la guaya; causando un giro y desenrollado del cable; al alterar el sentido de arrollado de la guaya derecho a sentido izquierdo.



Figura N° 3.16. Probeta de Comienzo (L_4).Cable negro 19x7-AA Antigiro. Diámetro 7/16" ó 11.11mm. Torones externos con deformación por alargamiento. Magnificación de 15x. [Fuente Propia].

3.8.2- Elaboración de Procedimiento Experimental para las Eslingas Sintéticas Sometidas a carga durante 30 días.

Para simular las condiciones de operación del sistema surtidor telescópico así como también la influencia de ésta sobre la propuesta de las dos (02) eslingas sintéticas de poliéster, ancho de 3" pulgadas, que servirá para asegurar el sistema de izamiento del tubo telescópico. La eslinga debe

ser capaz de resistir la rutina de mantenimiento menor (lavado del sistema) llevada a cabo en las instalaciones luego del zarpe de las embarcaciones.

Para el experimento se preparó una solución acuosa de urea y agua, cuya aplicación se realizó en intervalo de tres días; consistió en el lavado de los equipos de transporte de material ejecutado por los operadores del área de operaciones de la empresa una vez realizado el desatraque de las embarcaciones del muelle, se procede al lavado del sistema y de los equipos por donde se transporta urea.

El lavado se fundamenta en direccionar una boquilla de 2 pulgadas de diámetro, esta a su vez se encuentra conectada a una manguera del mismo diámetro por donde circula un caudal de agua de 10 Lts/seg a presión de 1 Pascal. En la figura N° 3.17, se muestra lavado del sistema.



Figura N° 3.17. Lavado del sistema después del zarpe del buque. [Fuente Propia].

Al direccionar el caudal de agua sobre los equipos donde existe acumulación o pila de urea, ésta se disuelve por la influencia del agua a presión formando una mezcla líquida que es recogida por un sistema de canales. En la parte inferior de todo el sistema de transporte y despacho se

encuentra una red de tuberías por donde se recogen los residuos en forma líquida. Todo el sistema de tuberías culmina en una descarga de un tanque acumulador de desechos con una capacidad de 8000 litros. En las figura N° 3.18, a continuación se muestra el sistema de canales y el sumidero de los residuos líquidos de todo el sistema respectivamente.



Figura N° 3.18. a) El sistema de canales colector de residuos y b) Sumidero (tanque) de residuos líquidos de todo el sistema. [Fuente Propia].

3.8.2.1- Preparación Experimental de la Solución Acuosa para el Rociado las Eslingas Sintéticas

La preparación de la solución consistió de un 1 litro de agua y 100 gramos de urea, en solución acuosa, dicha solución se utilizo para la impregnación a las eslingas sintéticas de poliéster a temperatura de 27 °C y presión ambiente.

La finalidad de la solución es humedecer en intervalo de tres días intermitentes por un mes, las probetas; sometida a una carga constante para mantener la tensión en la eslinga, posteriormente se realizó el ensayo de tracción en una máquina universal con la finalidad de obtener el valor del esfuerzo de ruptura.

Durante el mes del experimento, cada eslinga fue sometida a una tensión con carga constante de 5 kg, sólo con la finalidad de mantener la tensión en las fibras y posteriormente evaluar la influencia de la aplicación de solución en el polyester; durante un período de 30 días.

Las eslingas fueron ubicadas en el medio de dos evaporadores de unidades de aire acondicionado, con una temperatura promedio de 27 °C y a las condiciones de la intemperie siendo rociadas con la solución al 9,09% de concentración, en un intervalo de tres días de forma intermitentes y los otros tres días siguientes no se les aplicaba la solución; así hasta completar el período de 30 días exceptuando el rociado para la eslinga E₂ (ver tabla 3.4).

Para realizar el procedimiento experimental se seleccionaron unas eslingas poliéster sintéticas de dos capas, ancho de 3", carga de trabajo 3000 kgf en vertical. El experimento contó con tres probetas de longitud 30 cm, ancho 3 pulgadas y el espesor como un valor aportado por la empresa de 1 cm; con la siguiente numeración E₁, E₂ y E₃.

3.8.2.2- Ensayo de Tracción para las Eslingas Sintéticas

3.8.2.2.1- Propiedades Mecánicas según Fabricante

En la figura N° 3.19, a continuación se hace referencia al diagrama de cuerpo libre donde se refleja los datos aportados por la empresa fabricantes de eslingas sintéticas tales como: las dimensiones geométricas y las propiedades teóricas.

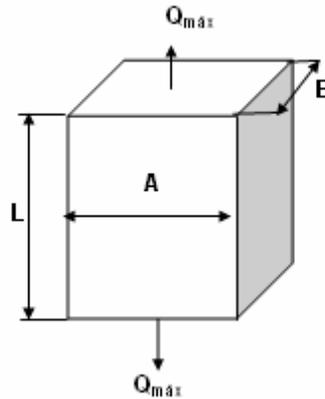


Figura N° 3.19. Probeta con dimensiones y propiedades aportadas por el fabricante.
[Fuente Propia].

En la siguiente tabla N° 3.4. Se esquematiza las propiedades y dimensiones teóricas de las eslingas sintéticas, aportados por el fabricante (ver apéndice 5-A):

Tabla N° 3.4. Propiedades y dimensiones geométricas de la eslinga sintética. [Fuente Cable Acero].

Modelo	EE2-93
Ancho (pulg)	3 PULGADAS
Carga en Vertical Sencilla	3000 kgf
Carga en Lazo Sencilla	2400 kgf
Carga en Canasta Sencilla	6000 kgf
Carga 60° Doble	5196 kgf
Carga 45° Doble	4242 kgf
Carga 30° Doble	3000 kgf
Espesor	10 mm ó 1 cm
Longitud (Aportado por la empresa)	300 mm ó 30 cm

A partir de datos aportados por la empresa y del catalogo del fabricante. Se considera como parámetro de comparación el dato de carga en vertical sencilla de 3000 kgf, cuyo valor de esfuerzo promedio es igual a 571,014 psi, que se utiliza como referencia comparativa ante los valores de esfuerzos de ruptura promedio que se obtuvo en el ensayo de tracción.

Los datos para los cálculos de la sección transversal de la eslinga sintética se muestran en la tabla N° 3.5.

Tabla N° 3.5. Valores teóricos la sección transversal de la eslinga sintética.

Ancho <i>cm</i>	Espesor <i>cm</i>	Área <i>m²</i>	Fuerza <i>kgf</i>	σ Pr omedio <i>psi</i>
7,62	1	$7,62 \times 10^{-4}$	3000	571,014

La eslinga de poliéster sintética seleccionada esta conformada por dos capas Según catalógalo del fabricante ver apéndice A-4, siguiendo las recomendaciones de la empresa se prepararon tres eslingas de espesor 10 mm y una longitud de 30 cm de la siguiente forma: ver tabla N° 3.6, donde describe las probetas y configuración utilizada para obtener los valores de ruptura promedio.

Tabla N° 3.6. Descripción de las Probetas para Ensayo de Tracción.

ESLINGA	ESPEJOR mm.	LONGITUD cm.	ANCHO pulg.	Configuración de Trabajo
E ₁ (Rociado)	10	30	3"	Vertical
E ₂ (Sin Rociado)	10	30	3"	Vertical
E ₃ (Rociado)	10	15 +15=30	1,5" + 1,5"=3	Vertical

Para la eslinga E₁ fue sometida a tensión vertical, es decir sujeta en la parte superior y en el otro extremo inferior una carga de 5 kg para mantenerla estirada durante el mes de prueba con rociado intermitente, posteriormente

se procedió a realizar el ensayo de tracción. Para E2 se procedió de la misma manera que la E₁ exceptuando el rociado de la solución para mantener la propiedad original del poliéster; y por último, en la probeta E3 se conformó un doble de su sección longitudinal de 3" a 1,5", desde un extremo 0 cm hasta 15 cm, y los otros 15 cm restantes la eslinga se mantenía con la sección longitudinal de 3". Transcurrido este periodo de simulación de condiciones, se realizó el ensayo de tensión en el laboratorio para evaluar el valor del esfuerzo de ruptura y compararlo con la carga de trabajo recomendada por el fabricante.

Para fines de ensayo, las eslingas sintéticas se consideran un material homogéneo, es decir un solo elemento que al momento de ser sometida a tensión distribuye la carga de forma similar en todas sus secciones. Aunque está compuesta de dos capas no es más que una clasificación de conformación y trenzado del material hecha por el fabricante a manera de identificación. Ver figura N° 3.20, donde se muestra el ensayo de tracción.



Figura N° 3.20. Ensayo de Tracción de la Probeta de la Eslinga Sintética. [Fuente Propia].

Es de hacer notar, que los valores del ensayo de tracción, se realizaron en el laboratorio de la empresa con la eslinga sintética de doble capa, ancho de tres pulgadas donde se evaluó; el comportamiento, esfuerzo de ruptura, forma de la falla e influencia de la solución acuosa aplicada a dos de las tres probetas (E₁ y E₃) ensayadas.

Con esto se pudo obtener los valores necesarios para el posterior análisis y su vez la observación directa, del ensayo. Pero para fines de esta investigación fue necesario la preparación y simulación en el laboratorio de materiales de la Universidad de Oriente, a manera de mostrar el procedimiento; debido a que los representantes de la empresa condicionaban la salida de las imágenes, materiales y fotográficas, debido a políticas de confiabilidad, propias de la empresa.

3.8.3- Análisis de los Lubricantes Utilizados en el Sistema de Izamiento.

Para mejorar las condiciones de lubricación de los elementos que conforman el sistema de izamiento, fue necesario realizar una inspección visual a los componentes que requieren lubricación, allí se pudo constatar el endurecimiento y formación de una capa pastosa alrededor de la superficie de los elementos como poleas y guayas.

Se realizó la inspección a las aéreas del almacén y al depósito del taller mecánico para constatar el tipo de lubricante utilizado al momento de efectuar el mantenimiento de los cables de acero. Una vez identificado el lubricante se pudo comprobar la utilización de grasa de uso múltiple, específicamente para engranaje las cuales se mencionan a continuación:

- 1. Energrease LS**
- 2. Energrease LS-EP2**

En la figura N° 3.21, a continuación se muestra una sección y la deficiente protección aportada por el lubricante sobre las guayas arrollada en el tambor principal de izamiento. Para la identificación de las propiedades (ver anexo 2)



Figura N° 3.21. Cables de aceros lubricados con grasa de uso múltiple y formación de capa pastosa. [Fuente Propia].

3.8.3.1- Propuesta de Reemplazo de la Grasa para Engranajes por un Lubricante Especial para Guaya

Para la evaluación y el reemplazo de los lubricantes se hizo necesario recurrir primeramente al manual de la operaciones ^[1]. Seguidamente se consultó la recomendación de los fabricantes de guayas, en especial con la empresa Cable Acero y por último revisión de la Norma COVENIN, 3174:2000 ^[20].

La vida en servicio de una guaya o cable de acero esta directamente proporcional a la periodicidad de la lubricación en campo y por sobre todo a la efectividad del método empleado.

Por tener tantas piezas metálicas (alambres) en movimientos en un momento dado, una guaya o cable de acero requiere necesariamente de una lubricación. La lubricación efectuada al cable durante su fabricación nunca

será suficiente para durar para toda su vida útil y por lo tanto debe ser lubricada periódicamente.

Generalmente las superficies de las guayas se cubre de arena, polvo, polvo de urea, entre otros, durante el servicio y estos contaminantes ejercen una acción de desgaste sobre los alambres de aceros, impidiendo también el libre movimiento o deslizamiento de los mismos. Esta condición se complica si dichos contaminantes penetran al interior del cable, tal como es caso del polvo de urea.

Para llevar a cabo una lubricación ajustada a la Norma COVENIN, 3174:2000, en campo es necesario entonces, primero limpiar concienzudamente el cable y luego aplicar el lubricante. Este debe tener la viscosidad necesaria para poder penetrar hasta el alma del cable, reducir la fricción, proteger el cable contra la corrosión y tener un buen coeficiente de adherencia. El lubricante no debe ser tan liviano que se escurra totalmente ni tan pesado, porque entonces atrapa demasiados contaminantes.

Normalmente el lubricante se puede aplicar en campo mediante unos de los siguientes métodos:

- a) Por goteo.
- b) Atomizado.
- c) A brocha.

Lo más conveniente es aplicarlo donde el cable forme un arco, ejemplo, en un sistema de poleas. A su vez se debe lubricar de la siguiente manera:

1. Todas las partes móviles de los componentes que producen movimiento en el sistema del equipo de izamiento como tambor del winche, cables de acero, sistema de poleas y sujetadores móviles deben cada 400 horas de operación o a los 8 meses de operación ^[20].

2. Los sistemas de lubricación (graseras mecánicas) deben ser inspeccionados para asegurar el suministro de lubricante. Deben seguirse el instructivo diseñado bajo esta investigación, que a su vez cumple con las recomendaciones del fabricante sobre los siguientes puntos: frecuencia de lubricación en puntos críticos, mantenimiento de los niveles de lubricante y los tipos de lubricantes específicos para cada mecanismo.

3. Cambio de grasa cada 400 horas de operación o cada 8 meses de operación ^[20].

3.8.3.1.1- Propuesta para Uso del Nuevo del Lubricante Especial para Guayas

Con la finalidad de sugerir un cambio de los lubricantes para engranajes descritos con antelación; por uno especialmente diseñado para guayas Tipo Barracuda, galvanizado 6x25AA, diámetro 11.11, resistencia de ruptura 7.425 kg, clase 170. Se procede describir las propiedades físico-químicas del nuevo producto a sustituir, siendo éste de fácil ubicación en la zona y de procura inmediata; cuyo objetivo sea el cumplir con preservación de las guayas y equipos anexos a el sistema de izamiento. (Ver anexo 3).

1. Lub-Line-2.

2. Texaco 904 Grasas (de procura inmediata).

CAPITULO IV

CÁLCULOS DEL PROYECTO

4.1-Ejecución de los Cálculos Necesarios Planteados en el Rediseño

A fin de de llevar a cabo mejoras propuestas en el capítulo III, se realizaron los cálculos necesarios para el análisis de esfuerzos en los cables de aceros, eslingas sintéticas y al sistema de izamiento superior e inferior, cada propuesta se sustentó de forma analítica y experimental, posteriormente se comparó los valores actuales de funcionamiento con los obtenidos por desarrollo del cálculo. De no existir parámetro de comparación, para ello se aplicó la norma específica según fue el caso.

4.1.1-Cálculos Para Las Eslingas Sintéticas Sometidas Al Ensayo De Tracción.

Para la relajación del sistema de seguridad, bajo ensayo experimental fue necesaria la aplicación de una solución de urea y agua al 9,09% en concentración a temperatura promedio mínima anual de 27 °C.

Los cálculos de la relajación se realizaron de dos formas. La primera es con la aplicación de la solución sobre la eslinga y la segunda sin la aplicación de la impregnación de la solución acuosa a la capa superficial de la eslinga sintética (Ver propiedades en el apéndice A-4).

Para el cálculo de la relajación con la aplicación de la solución de urea sobre la superficie de la eslinga a 30 días y a temperatura de 27 °C se procede de la siguiente manera:

Se aplica una tensión de 571,04 psi promedio, a un material elastomérico a deformación constante después de 30 días a 25 °C. La tensión de relajación disminuye a 550 psi en el ensayo de tracción a una temperatura de 27 °C.

Para el cálculo de la constante de tiempo para la relajación de la eslinga de poliéster viene dada por la siguiente Ecuación 4.1:

$$\sigma = \sigma_0 * e^{-\tau/T} \quad \text{ó} \quad \ln\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right) = -\frac{\tau}{T} \quad \text{Ec. N° 4.1}$$

Donde:

σ : Tensión después del tiempo t .

σ_0 : Tensión inicial.

τ : Tiempo de relajación

De la ecuación N° 4.1, se conoce los siguientes valores:

$\sigma = 550 \text{ psi}$ Se obtuvo a partir del ensayo de tracción experimental, de la probeta sometida a carga y a continuación se compara con el valor teórico, aportado por el fabricante

$\sigma = 571,014 \text{ psi}$

$\tau = 30 \text{ Días}$

Al sustituir en la ecuación 4.1 se obtiene:

$$\ln\left(\frac{550}{571,014}\right) = -\frac{30}{\tau} \text{ Donde } \tau \text{ resulta:}$$

$$\tau = 800,10 \text{ Días}$$

Los 800,10 días, representa el tiempo de relajación; disminución de la tensión con el tiempo. A partir de 30 días de ensayo.

Para el cálculo de la tensión después de 365 días si la temperatura es 25 °C:

$$\ln\left(\frac{\sigma}{571,014}\right) = -\frac{365\text{días}}{800,10\text{días}}$$

Por lo tanto al despejar el esfuerzo σ :

$$\sigma = 361,85\text{psi Tensión después del tiempo de 365 días.}$$

4.1.2- Cálculos para la Relajación sin la Aplicación de la Solución de Urea y Agua al 9,09% en concentración.

Para la relajación a una temperatura máxima anual de 37 °C sin la aplicación de la solución a la superficie de exterior de la eslinga sintética, se procede de la siguiente manera:

Para una temperatura máxima anual de 37 °C. Se aplica una tensión promedio de 571,014 psi y después de 30 días a 27 °C la tensión obtenida a partir del ensayo de tracción 560 psi a temperatura de 27 °C.

$$\ln\left(\frac{560\text{psi}}{571,014\text{psi}}\right) = -\frac{30}{\tau} \text{ Donde al despejar } \tau \text{ resulta:}$$

$\tau = 1540,40$ Tiempo de relajación; disminución de la tensión con el tiempo. A partir de 30 días de ensayo sin aplicación de solución.

Para el cálculo de la tensión después de 365 días si la temperatura máxima es 37 ° C. Utilizando la ecuación N° 4.1, se tiene:

$$\ln\left(\frac{\sigma}{571,014}\right) = -\frac{365\text{días}}{1540,28\text{días}}$$

Por lo tanto;

$$\sigma = 450,53 \text{ psi} \text{ Tensión después del tiempo de 365 días.}$$

La relajación al esfuerzo de la eslinga de poliéster sometido a una deformación constante da lugar a una disminución de la tensión con el tiempo; debido a el deslizamiento de las cadenas poliméricas, unas sobre otras, es por ello que la relajación al esfuerzo permite al material conseguir de una manera espontánea un estado de energía menor dependiendo de la temperatura.

En la tabla N° 4.1. Se muestra la comparación de los valores del ensayo de tracción realizado a las eslingas sintéticas en la maquina universal de ensayo con respecto a los cálculos analíticos cuyo parámetros de variación está representado por la temperatura anual promedio máxima o mínima y la impregnación, o la no aplicación de la solución acuosa.

Tabla N° 4.1. Comparación de los valores experimentales del ensayo de tracción con respecto a los analíticos.

Esfuerzo σ promedio Teórico PSI	Temperatura Promedio °C	Aplicación Solución Acuosa (agua-urea)	Resultado del Experimento a 25 °C		Resultados Analíticos	
			30 días	Ensayo Tracción σ PSI	Relajación Días	Resultados a 365 días σ_{Promedio} PSI
571,014	27	Si Aplica	Sí	550	800,10	361,85
571,014	37	No Aplica	Sí	560	1540,28	450,53

4.1.3- Cálculos del Sistema de Izamiento: Motor, Tambor, Winche, Gancho, Eje de las Poleas, Poleas y Cables de Aceros

Solo se remplazará aquellos elementos que cumplan con los parámetros de los cálculos del rediseño.

4.1.3.1- Cálculos para la Selección del Cable y Poleas de Izamiento .

A continuación se muestra las condiciones de operación del sistema telescópico de urea, en la tabla N° 4.2.

Tabla N° 4.2. Condiciones de operación del sistema telescópico de urea.

Descripción	Valores
Peso total del sistema telescópico de urea	3500 Kg
Motor del cargador telescópico de urea Ver Apéndice A-6	Torque de Salida: 23 Nm
	Torque Entrada: 19 Nm
	Velocidad de Arrollado y/o Elevación: 0,073 m/s
	Voltaje: 480 V 60 HZ
	Tiempo de Arrollado: Δt 10 seg
	Potencia de Consumo por Hora: 4 Kw

Con el peso total del sistema correspondiente a 3500 Kg, se ubica en el apéndice A-7, el gancho que soporta la carga total del sistema. En base a la norma DIN 689, donde se estandariza los diseños de ganchos de ojo pulido. Ver apéndice A-7.

Con la velocidad nominal de arrollado del motor de 4,4 m/min ó 0,073 m/seg mostrado en la tabla N° 4.2 según el apéndice A-6, referido a los planos del motor ZOLLERN 4,19, se establece la comparación del valor de velocidad de elevación 0,073 m/seg y al compararla con la velocidad para de las grúas tipo pórtico NORMA COVENIN 3210:1996 (Equipos de izamientos móviles y sobre vagones). Cuyo valor promedio es de 0,2 m/seg, la velocidad de motor ZOLLER 4.19 se considera menor. Entonces, resulta un movimiento poco frecuente a plena carga para una máquina tipo III, se hace necesario conocer algunas dimensiones adicionales como es: el diámetro del eje de 400 mm para un tiempo de rotación máxima de 10 segundos, el peso del eje es de 41,99 kg/m con un espesor de 4,78 mm.

Estas dimensiones necesarias para el análisis se sustentan según normas ANSI B 3610 y ANSI 3619, por lo tanto CONVENIN 3210: 1996 (Equipos móviles de izamiento móviles y sobre vagones, construcción y características).

Por otra parte, la velocidad de trabajo de las grúas está determinada por la carga máxima de transporte cuyo rango de velocidad no pasaría ordinariamente de 0,15 m/seg a 0,3 m/seg. Es por ello que se considera un promedio entre ellas. La velocidad máxima de elevación: 0,2 m/s en un tiempo de $\Delta t \cong 10$ segundos .

La aceleración de la carga, estará calculada por la siguiente Ecuación N° 4.2:

$$a = \frac{v}{\Delta t} \quad \text{Ec. N° 4.2}$$

Donde:

a : Aceleración de la Carga

v : Velocidad máxima de elevación: 0,2 m/seg.

Δt : Variación de tiempo máximo para un eje de acero inoxidable según ANSI B 3610 y ANSI B 3619: 10 segundos. Ver Apéndice A-8.

Al sustituir en la ecuación N° 4.2, se tiene:

$$a = \frac{0,2}{10} \text{ resulta}$$

$$a = 0,02 \text{ m/seg}^2$$

4.1.3.1.1- Selección del Cable

Siguiendo la recomendación por la empresa de manufactura (Cable Acero) contratada para el análisis de la vida útil del cable. Se tiene las siguientes propiedades en la tabla N° 4.3. Ver apéndice N° A-9 para mayor información del cable actual:

Tabla N° 4.3. Propiedades del cable MAMUT.

Día (pulg.)	Día (mm)	Descripción construcción	Resistencia de ruptura (Kg)	Tipo de Acero
7/16	11,11	Cable 19 x 7 –AA Antigiro	6.890	Negro cable 180

Debido a que el equipo opera en condiciones ambientales con exposición prolongada al ambiente marino, el análisis del cable se sustentará en la siguiente tabla N° 4.4: Ver apéndice A-10.

Tabla N° 4.4. Propiedades del cable BARRACUDA.

Día (pulg.)	Día (mm)	Descripción construcción	Resistencia de ruptura (Kg)	Tipo de Acero
7/16	11,11	Cable 6x25 AA-AMG	7,425	Galvanizado clase 170

Al sustituir el cable por uno con características de galvanizado que reduzca el efecto corrosivo con alambres de mayor grosor. Para el diagrama de cuerpo libre se tiene:

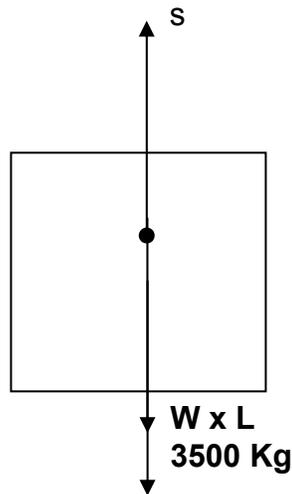


Figura N° 4.1. Diagrama de cuerpo libre y carga del cable. [Fuente propia].

Donde:

W: Peso del Cable por unidad

S: Tensión en el cable

L: Longitud del cable

Para la longitud del cable, según apéndice A-6, la longitud máxima del cable debe ser de 24 m, y como valor de longitud mínima es 8,1 m para el motor ZOLLERN 4.19; por lo tanto, para el análisis, la longitud máxima debe ser duplicada más el agregado de 1m para los guardacabos clase s- 412 (Ver apéndice A-11) y según Ecuación N° 4-3.

$$L_{\text{Total}} = L_{\text{max}} \times 2L_{s412}$$

Ec. N° 4.3

Donde :

L_{Total} : Longitud Total .

$L_{\text{max} \times 2}$: Longitud desde la carga aplicada hasta el punto de conexión, duplicada.

Donde al sustituir se tiene :

$$L_{\text{Total}} = (24 \times 2) + 1 \text{ resulta}$$

$$L_{\text{Total}} = 45 \text{ m.}$$

Para el análisis de las fuerzas que actúan en el eje vertical se procede a calcular según el diagrama de cuerpo libre con la siguiente Ecuación N° 4.4

$$F = m \times a$$

Ec. N° 4.4

Donde :

F : Fuerza actuante .

m : Masa .

a : Aceleración del sistema .

De la figura N° 4.2, se obtiene el siguiente diagrama:

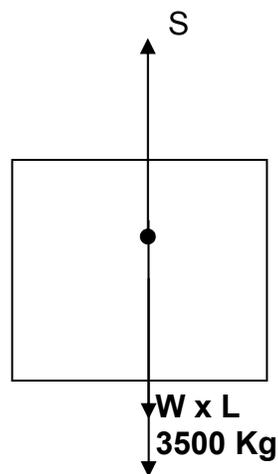


Figura N° 4.2. Diagrama de cuerpo libre y carga del cable. [Fuente propia].

Del diagrama de cuerpo libre en la figura N° 4.2, se tiene la siguiente Ecuación N° 4.5

$$\sum F_y \uparrow^+ = m \times a \quad \text{Ec. N° 4.5}$$

$$\sum F_y \uparrow^+ = S - 3500 - W_{\text{cable}} \times L = \left(\frac{3500 + W_{\text{Cable}} \times L}{g} \right) \times a$$

$$S = \left(\frac{3500 + W_{\text{cable}} \times L}{g} \right) a + 3500 + 0,51 \times 45$$

$$S = \left(\frac{3500 + 0,51 \times 45}{9,81} \right) \times 0,02 + 3500 + 0,51 \times 45$$

$$S = 359,11 + 3500 + 22,95$$

$$S = 3882,07 \text{kg}$$

$S = 3882.07 \text{kg}$ Tensión máxima del cable cada ramal a 90° con respecto a la horizontal. Este valor es para un cable, pero al distribuirse el peso total del equipo de 3.500 kg, en la terna de guayas los valores de tensión necesarios para soportar este peso es 1.166,67 kg en cada cable de la terna, siendo este valor menor en magnitud que el calculado en la ecuación N° 4.5. Es decir, a manera de ser conservador se utilizara el valor de $S = 3882.07 \text{kg}$ en los cálculos, este valor es el de tensión máxima para un cable a 90° .

Para el factor de carga vienen dado por la siguiente ecuación N° 4.6:

$$V_{\text{seg}} = \frac{F_u}{S} \quad \text{Ec. N}^\circ 4.6$$

Donde :

V_{seg} : Factor de carga

F_u : Resistencia de ruptura : 7427 kg.

S : Tensión Máxima del cable calculada. = 3882,07 kg.

Al sustituir en la Ecuación N° 4.6, se tiene :

$$V_{\text{seg}} = \frac{7427}{3882,07} \text{ el factor de seguridad resulta;}$$

$$V_{\text{seg}} = 1,91 \text{ Factor de Seguridad.}$$

Para la configuración de la eslinga triple a 60° grados, el ángulo de la eslinga con respecto a la horizontal es de 60°. Se tiene; la aplicación de norma ANSI ASME B 30.9 (ver apéndice A-12), referido a los ángulos para eslingas.

Para un cable 7/16 pulgadas ó 11,11 mm, en pierna triple a 60°, se tiene $S = 3882,07 \times \text{sen}60^\circ$ por cada cable de la terna ubicada en el apéndice A-12 de Cable Acero. Al sustituir estos valores en la ecuación N° 4.6, se tiene:

$$V_{\text{seg}_{a60^\circ}} = \frac{7427}{3882,07 \times \text{sen}60^\circ}$$

$$V_{\text{seg}_{a60^\circ}} = 2,21$$

En la tabla N° 4.5, se resumen los valores de comparación según norma ANSI/ASME B 30.9, para un cable 7/16 pulgadas ó 11,11 mm, según catalogo de la empresa contratada para el análisis (ver apéndice A-12 de Cable Acero).

Tabla N° 4.5. Información sobre ángulos de las eslingas.

Grados del Ángulo de la eslinga	Factor Ángulo de carga calculado
90°	1,91
60°	2,21

En el apéndice A-12, según cable acero el factor de seguridad para las eslingas en piernas triples a 60° grados con respecto a la horizontal y según la Norma ANSI/ASME B 30.9- CONVENIN 3333-1997. Se tiene un factor de seguridad apartado en catalogo de 5:1.

Para 60°, en el apéndice A-12, un cable 7/16 pulg ó 11,11 mm, su $V_{seg}=1.85 < 5$; es decir el valor calculado es menor que el seleccionado, pero se debe tener presente la carga utilizada por ramal es de 3.882,07 kg, es menor que el aportado para un cable triple o cuádruple por catalogo del apéndice A-12, a 60° es de 4.009 kg, por lo tanto satisface, la selección. Otro parámetro de comparación son los factores de carga que resultaron mayor en magnitud que los mostrados en Apéndice A-12, referentes a los ángulos para eslingas, tanto a 90° como para 60°. Por lo tanto el cable recomendado a usar según el catalogo cable acero es satisfactorio para usar en el reemplazo; entonces el cable es:

6X25AA- BARRACUDA

CLASE 170 ϕ : 7/16 pulg ó 11,11 mm

GALVANIZADO

4.1.3.1.2- Cálculos y Selección de las Poleas.

El diámetro de la polea viene dado por la siguiente ecuación N° 4.6:

Ec. N° 4.6

$$D_p = C\sqrt{S}$$

Donde :

D_p : diámetro de la polea

C : Coeficiente de la polea del cable de inclinación = 7.

S : Tensión del cable = 3882,07 kg.

Al sustituir en la ecuación N° 4.6 se tiene :

$$D_p = 7\sqrt{3882,07}\text{mm}$$

$D_p = 436,14$ mm diámetro de la polea.

Para la selección de la polea se utilizo la NORMA DIN 15059, donde especifica las dimensiones de las poleas de fundación con coeficiente de rugosidad de 7 cm en poleas de polipasto. Para las dimensiones que se especifican a continuación en la tabla N° 4.6 se obtiene del apéndice A-13.

Tabla N° 4.6. Dimensiones poleas de polipastos y reenvío según DIN 15059. Apéndice A-13.

D_1	D_2	d_1	d_2	l_1	l_2	r	ϕ_{cable}
400	460	40	100	70	120	12	16-22

Basados en la anterior selección del cable BARRANCUDA 7/16 pulgadas ó 11,11 mm, según catalogo cable acero y la carga de trabajo del gancho según Norma DIN 689, del apéndice A-7, tomando en consideración el peso de 3500 kg del sistema telescopio. El gancho a seleccionar es de una capacidad de 4000 kg, por lo tanto como en el cálculo de la tabla N° 4.6. Se muestra el diámetro del cable entre 16-22 mm, se considera necesario sugerir una polea de función con otras dimensiones, es decir el sistema de polea actuales en el equipo solo amerita un reemplazo por unas de iguales propiedades y dimensiones, por lo tanto en la siguiente tabla N° 4.7, se

describe la dimensión de las poleas en funcionamiento, comprobando que el diseño actual cumple, solo amerita cambio por existir reemplazo de los cables de Cable 9x7-AA, Antigiro, MAMUT Diámetro 11,11mm, Negro-Clase 180 por uno de las siguientes especificaciones BARRACUDA, Cable 6x25 AA-AMG, Galvanizado-Clase 170(ver Apéndice A-9 y A-10) .

Tabla N° 4.7. Dimensiones Poleas de polipastos y reenvío según DIN 15059. Ver Apéndice A-13.

D_1	D_2	h	r	ϕ_{cable}
250	290	35	6,5	11,11 mm ó 7/16

4.1.3.1.3- Cálculos para el Eje Fijo de la Polea de Carga.

Para un peso de 3500 kg del sistema pero bajo revisión de la según la norma DIN 689, no existe gancho para esta capacidad igual en magnitud, por lo tanto se utiliza el valor próximo superior de 4000 kg.

Según el diagrama de cuerpo libre se tiene, el eje central de la polea se considera fijo, por lo tanto se calcula de forma estático. Figura N° 4.3

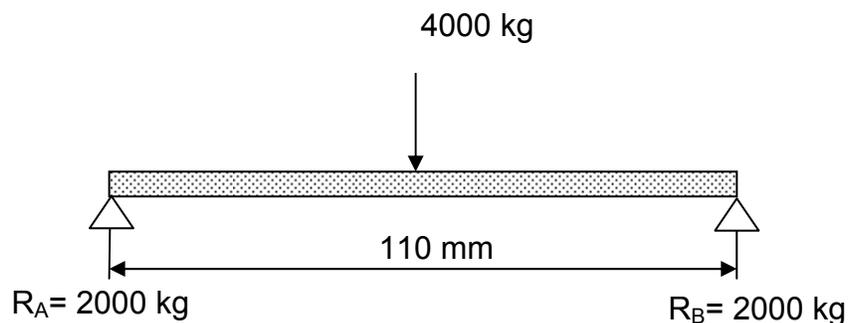


Figura N° 4.3. Diagrama de cuerpo libre y carga del cable. [Fuente propia].

De la figura N° 4.3, se tiene la siguiente sumatoria de fuerza:

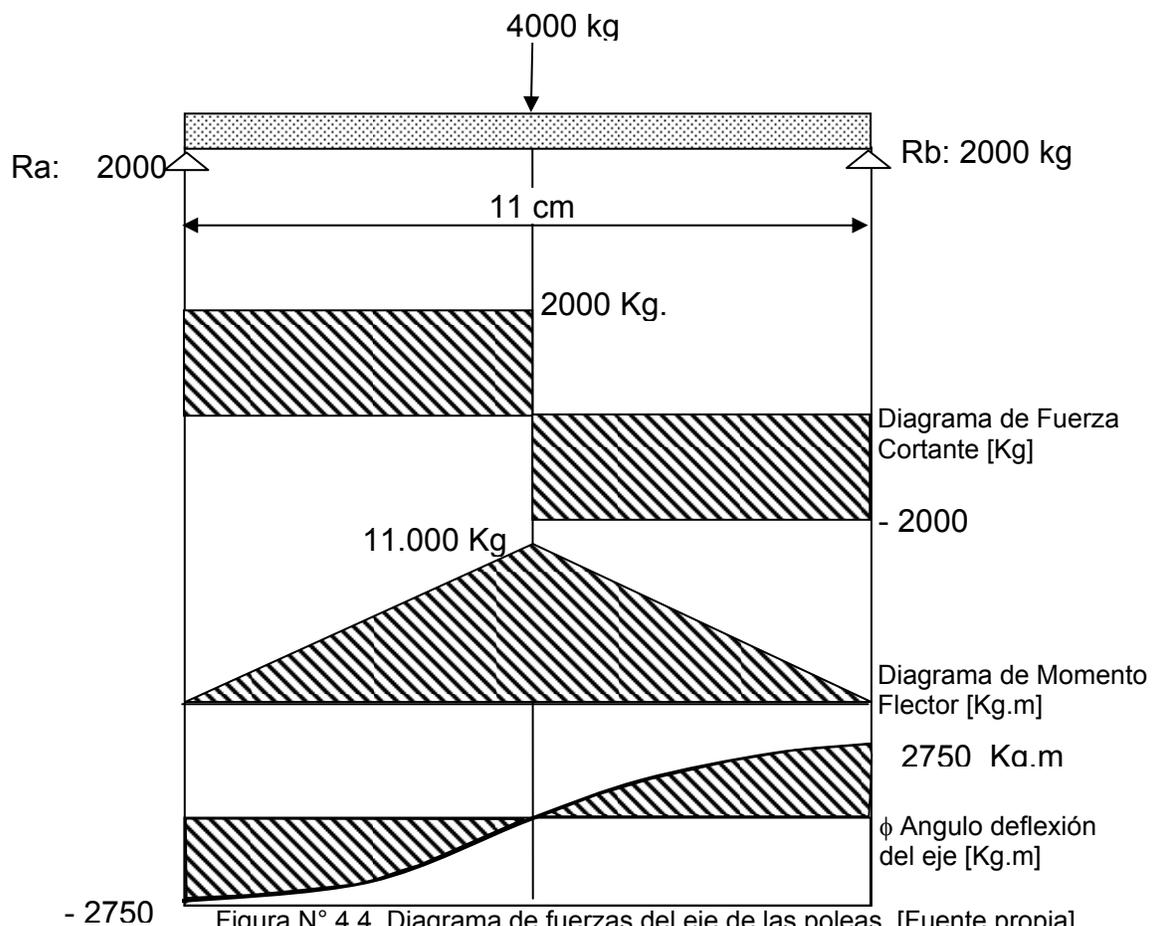
$$\sum F_y \uparrow^+ = 0$$

$$R_A - 4000\text{kg} + R_b = 0, \text{ Por lo tanto}$$

$$R_A = 2000 \text{ kg}$$

$$R_B = 2000 \text{ kg}$$

En la siguiente figura N° 4.4, se muestra el diagrama de carga, fuerza constante y momento flector para el eje fijo de la polea. Utilizando como herramienta la calculadora programable hp 49g+, y con la ayuda del software para cargas aplicada en vigas se tiene:



El material del eje de las poleas que a continuación se describe se encuentra en el inventario del almacén de la empresa. Para utilizar el acero Acerex AISI 1045, hierro dulce, laminado simple según apéndice A-14, la resistencia de la fuerza de tracción esta dada:

$$S_y = 4148 \text{ kg/cm}^2$$

Se tiene :

$$S_d = \frac{32 \times K_m \times M_{\max}}{\pi \times d^3}$$

Ec. N° 4.7

Donde:

S_d : Coeficiente de seguridad ó coeficiente del ángulo

K_m : Coeficiente numérico de choque y fátiga = 1

M_{\max} = Momento máximo resistente de eje fijo (kg - cm)

d : diámetro del eje de la polea = 70 mm.

Para el cálculo de S_d , se describe la siguiente ecuación N° 4.8 para el acero 1045. Se tiene la Ecuación N° 4.8

$$S_d = \frac{S_u}{N}$$

Ec. N° 4.8

Donde:

S_y : Resistencia= 4148 Kg/cm².

S_u : Resistencia a la fluencia máxima= 6749 Kg/cm².

N: Coeficiente del factor.

$$N = \frac{6749 \text{Kg/cm}^2}{4148 \text{kg/cm}}$$

$$N = 1,62 \quad \text{Resulta}$$

Como el coeficiente de seguridad N: 1,62 se ubica en el apéndice A-15, el coeficiente basado en la resistencia de fluencia N=2. En la ecuación N° 4.9 se tiene:

$$S_d = \frac{S_y}{N} = \frac{4148}{2} = 2.074 \text{kg/cm}^2 \quad \text{Ec. N° 4.9}$$

Al sustituir en la Ecuación N° 4.9, los valores anteriores se tienen, s_d :

$s_d = 2074 \text{kg/cm}^2$ Al sustituir en la Ecuación N° 4.7, se tiene

$$M_{\text{máx}} = \left(\frac{S_d \times \pi \times d_1^3}{32 \times K_m} \right) \quad \text{Sustituyendo los valores resulta}$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{2074 \times \pi \times (7^3)}{32 \times 1}$$

El $M_{\text{máx}} = 69.839,76 \text{Kgcm}$, el momento máximo que soporta el eje fijo de la polea.

4.1.3.1.3.1- Comprobación del Eje Fijo de la Polea a Cortadura.

Para el eje fijo de la polea bajo esfuerzo cortante. Se define la siguiente ecuación N° 4.10

$$Sv = \frac{4V}{3A}$$

Ec. N° 4.10

Donde :

Sv = Esfuerzo Cortante

V : Fuerza Cortante = 2000kg según la figura N° 4.4

A : Sección del eje, esta dada por :

$$A = \frac{\pi \times d_1^2}{4} \text{ donde :}$$

d₁ = Diametro del eje = 7cm.

Sustituyendo en la ecuación N°4.10 Resulta :

$$Sv = \frac{4(2000)}{3 \times \left(\frac{\pi \times (7)^2}{4} \right)}$$

$$Sv = 69,3\text{kg/cm}^2$$

Al comparar el esfuerzo cortante del Acero ACEREX 1045, según apéndice N° A-14, se tiene:

$$Ss = 5062\text{kg/cm}^2 > Sv = 69,3\text{kg/cm}^2$$

Por lo tanto el material seleccionado para el eje fijo de la polea cumple los parámetros de diseño, se sugiere el cambio de los cables de las piernas actuales en funcionamiento; debido a que se sugerido el reemplazo de las poleas por unas nuevas manteniendo sus dimensiones propiedades y el cambio del cable de un MAMUT negro por uno BARRACUDA galvanizado, por ende se debe cambiar los cables de las piernas para evitar desbalance y desgastes no uniformes en estos tres elementos antes mencionados.

Las dimensiones de las piernas satisfacen el diseño actual solo se debe reemplazar, manteniendo las mismas propiedades y dimensiones que a continuación se representa es la siguiente tabla N° 4.8.

Tabla N° 4.8. Valores del eje fijo de la polea.

Momento flector graficado	Momento mínimo calculado	Esfuerzo cortante graficado	Esfuerzo cortante calculado	Esfuerzo cortante de comprobación
11.000 kg-cm	69839,76 kg-cm	2000 kg	$S_v=69,3 \text{ kg-cm}^2$	$S_s=5062 \text{ kg-cm}^2$

4.1.3.1.3.2- Cálculo del Soporte de la Polea de Carga.

En la figura N° 4.5, a continuación se muestra las dimensiones para el soporte de las poleas.

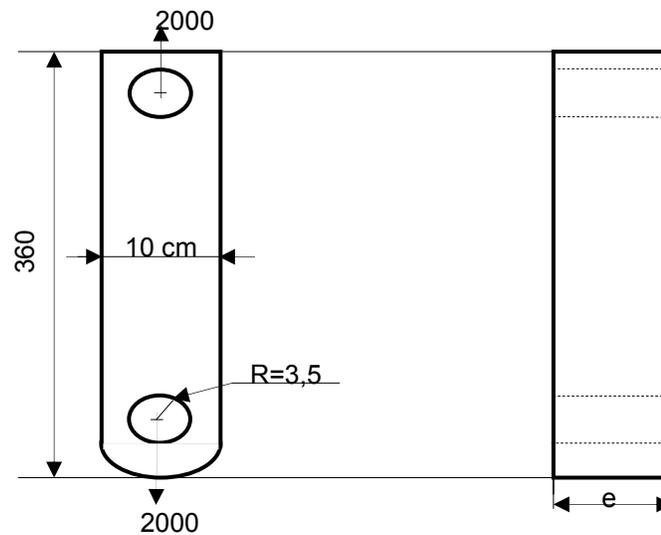


Figura N° 4.5. Dimensiones del soporte de la polea. [Fuente propia].

El material para la selección del soporte de la polea, el material del análisis es A570, acero con planchas Sidor, grados B, por contar con este en el almacén de la empresa, ver apéndice N° A-16.

ATM – A570 grado B

Tiene un esfuerzo de Fluencia $S_y : 2100 \text{ kg / cm}^2$

El esfuerzo de tensión en sección con agujeros se define por la simple ecuación N° 4.11

$$S_{ad} = 0,45 \times S_y$$

Ec. N° 4.11

Donde:

S_{ad} : Esfuerzo de tensión en sección con agujeros.

N: Coeficiente de cálculo basado en el esfuerzo =0,45

S_y : Esfuerzo de fluencia.

$$S_{ad} = 0,45 \times 2110 \text{ kg / cm}^2$$

$$S_{ad} = 9,49,5 \text{ kg / cm}^2$$

Para el cálculo del espesor de la lámina, se define por la siguiente Ecuación N° 4.12

$$S_{ad} = \frac{F}{(a - d)E} \quad \text{Al despejar resultar}$$

$$E = \frac{F}{(a - d)S_{ad}}$$

Donde:

F: Fuerza Tirante= 2000 Kg

A: Espesor de la placa= 10 cm

D: diámetro del agujero= 7cm

S_{ad} : esfuerzo de tensión en sección con agujeros= 949,5 kg/cm².

E: espesor del soporte

Al sustituir, se obtiene:

$$e = \frac{2000}{(10 - 7)949,5}$$

$$e = 0,70 \text{ cm}$$

El espesor $e = 0,70$ cm calculado, comprueba el diseño actual, por lo tanto no es necesario reemplazar el soporte a menos que se observe discontinuidad en la placa, se puede continuar utilizando la placas del acero ASTM-A570 acero B, con espesor de 0,70 cm y fluencia $S_y=2110\text{Kg}/\text{Cm}^2$ Propiedad del acero apéndice A-16.

4.1.3.1.4- Selección del Gancho de Carga

Para la selección del gancho es necesaria la utilización de la norma DIN 689, debido a que el sistema del tubo telescópico tiene una carga neta de 3500 Kg, es necesario ubicar un sistema de conexión de guaya que soporta esta carga del equipo. En la figura N° 4.6, se muestra la norma DIN 689, donde se representa el diagrama del gancho de ojo pulido de carga con sus partes fundamentales.

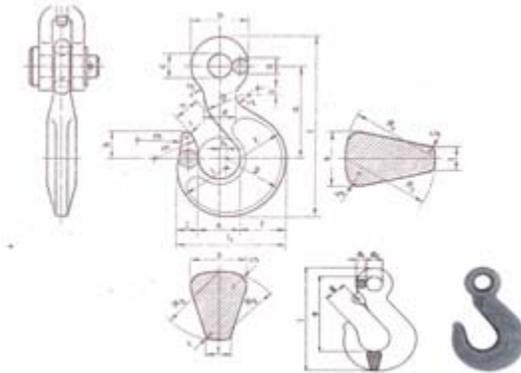


Figura N° 4.6. Diagrama del gancho de carga de ojo pulido, según Norma DIN 689.
[Fuente Norma DIN 689].

Con el valor de 3500 Kg, de carga se ubica en la Norma DIN 689 una carga útil en kilogramos y se identifican las dimensiones del gancho, vale resaltar de el rango de carga seleccionado es 4000 Kg. Ver apéndice A-7, para mayor información.

La carga útil del sistema bajo operación es de 3500 kg, tomando como referencia este parámetro se identifica en el apéndice A-7 una carga que sea igual o mayor en magnitud, tal como fue el caso de 4000 Kg, cuyas dimensiones se especifican a continuación en la tabla N° 4.9. Según norma DIN 689:

Tabla N° 4.9 Dimensiones del gancho, según norma DIN 689.

Dimensiones del Gancho	
a= 211 mm.	n= 62 mm.
b= 82 mm.	o= 8 mm.
c= 32 mm.	p= 76 mm.
d= 50 mm.	q= 25 mm.
e= 79 mm.	s= 44,5 mm
f= 67,5 mm	t= 18,5 mm.

$g = 98 \text{ mm.}$	$R_1 = 87,5 \text{ mm.}$
$h = 9 \text{ mm.}$	$R_2 = 68$
$i = 86,5 \text{ mm.}$	$r_1 = 10,5 \text{ mm.}$
$j = 3,7 \text{ mm.}$	$r_2 = 20,5 \text{ mm.}$
$k = 45 \text{ mm.}$	$r_3 = 8 \text{ mm.}$
$l = 29,4 \text{ mm.}$	$r_4 = 14 \text{ mm}$
$L_1 = 184,5 \text{ mm.}$	Cadenas 18-24
$m = 75 \text{ mm.}$	peso 3 Kg.

Para el análisis del gancho se tiene dos secciones críticas. En la figura N° 4.7, muestra el gancho con la aplicación de la carga.

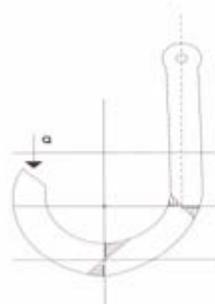


Figura N° 4.7. Gancho de izamiento con el diagrama de carga. [Fuente propia].

En base a la Norma DIN 689, la sección crítica del gancho es la sección perpendicular a la carga; ver figura N° 4.8, a continuación:

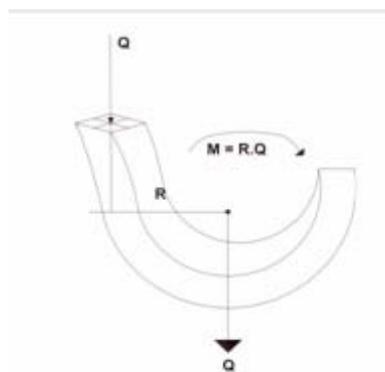


Figura N° 4.8 Diagrama de cargas, esfuerzos combinados y momento en el gancho. [Fuente propia].

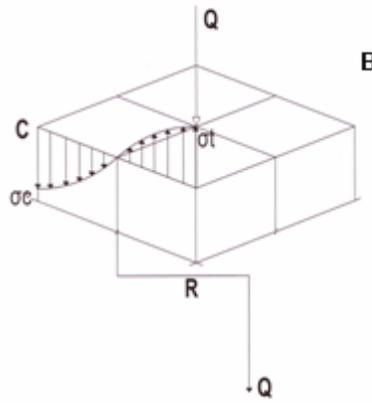


Figura N° 4.9 Sección crítica de esfuerzo combinado y momento en el gancho [Fuente propia].

Las dimensiones que a continuación se especifican, son las suministradas por la empresa, para realizar el chequeo de su estática correspondiente, tales dimensiones están enmarcadas en la normativa ANSI/ASME B 3608 – 3608 (ISO 565:1988) referida a los Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos y Determinación de la Densidad a Granel, categoría B. Donde establece un ancho de dimensiones seccionadas no mayor a la carga de 3500 kg se selecciona en la norma DIN 689, un gancho con carga útil de 4000 Kg, cuyas especificaciones se mencionaron anteriormente. Pero por sugerencia de la empresa el análisis debe ser estático debido a que el sistema se mueve a velocidad constante y a un rango de elevación menor 0,072 m/s, siendo menor al parámetro de velocidad de 0,2 m/s la cual representa un rango para un equipo de carga poco frecuente de variación de movimiento a plena carga.

Los datos sugeridos por la empresa para el análisis serán expresados en la siguiente tabla N° 4.10: ver apéndice A-7.

Tabla N° 4.10. Dimensiones aportados por la empresa para el análisis del gancho. En base a la Norma DIN 689.

a= 41 mm.	El material de Acero: AISI-SWQT350
b= 17,5 mm	Sy= 889 mpa.
h= 11 mm.	Fs= 4 para este material.

Para el cálculo de las áreas que se utilizan la siguiente Ecuación N° 4.12:

$$A_1 = \frac{\pi \times b \times h}{2} \quad \text{Ec. N° 4.12}$$

Donde:

A₁: área de la sección.

b= ancho de gancho= 17,5 mm.

h= distancia desde el centroide hasta el centro geométrico= 11 mm.

En la figura N° 4.10, a continuación se define las áreas del gancho. Para definir las áreas del fue necesario definir la figura en base a la Norma DIN 689.

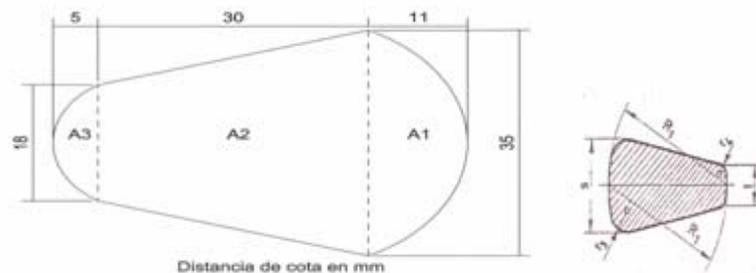


Figura N° 4.10. Área de la sección transversal del gancho seleccionado en base a la Norma DIN 689. [Fuente propia].

Al sustituir en la ecuación N° 4.12

$$A_1 = \frac{\pi \times 17,5 \times 11}{2} = 302,28 \text{ mm}^2$$

Para el cálculo del radio de sección bajo esfuerzo, se tiene siguiente Ecuación N° 4.13

$$R_1 = a - \frac{4h}{3\pi} \quad \text{Ec. N° 4.13}$$

Donde:

R_1 = radio al medio de la acción de la carga aplicada.

a = distancia desde el centroide hasta el centroide superior del gancho: 41 mm.

h = distancia desde el centroide principal del gancho hasta el centro geométrico = 11 mm.

Al sustituir en la ecuación N° 4.13, se tiene:

$$R_1 = 41 - \frac{4(11)}{3\pi} \quad \text{Resulta}$$

$$R_1 = 36,33 \text{ mm}$$

Para el área media de la sección esta dada por la Ecuación N° 4.14

$$Am_1 = 26 + \frac{\pi b}{h} \left[\left(a - \sqrt{a^2 - h^2} - \frac{2b}{h} (\sqrt{a^2 - h^2}) \right) \right]^{-1 \text{sen} \left(\frac{h}{a} \right)} \quad \text{Ec. N° 4.14}$$

$$Am_1 = 26 + \frac{\pi(17,5)}{11} \left[\left(41 - \sqrt{41^2 - 11^2} - \frac{2 \times 17,5}{11} (\sqrt{41^2 - 11^2}) \right) \right]^{-1 \text{sen} \left(\frac{11}{41} \right)}$$

$$Am_1 = 41,73 \text{ mm}^2$$

El área de la figura N° 4.10, pertenece a la sección más crítica, la cual se aproxima a un área trapezoidal como lo establece la Norma ANSI/ASME

B-3608, la cual regula las figuras geométricamente, no establecidos y los aproxima a otros que tiene formas definidas, para este caso, la aproximación será un trapecio tal como lo muestra la figura N° 4.11. Las dimensiones trapezoidales fueron suministradas por la empresa. Según tabla N° 4.10, mostrada anteriormente.

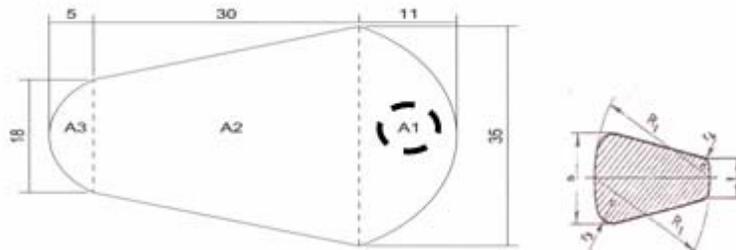


Figura N° 4.11. Área trapezoidal de la sección transversal del gancho seleccionado en base a la Norma DIN 689. Cálculo para el A_1 . [Fuente propia].

En base a la figura N° 4.11, se obtiene la siguiente otras dimensiones necesarias para el obtener las dos áreas restantes:

$$a = 11 + 30 = 41 \text{ mm.}$$

$$b_1 = 35 \text{ mm.}$$

$$b_2 = 18 \text{ mm.}$$

$$(a + 30) = c$$

$$c = 41 + 30$$

$$c = 71 \text{ mm.}$$

Para el cálculo del área A_2 , se tiene una aproximación a un área trapezoidal con dos mitades de una elipse en el radio interior e exterior según DIN 689. A continuación se especifica la figura N° 4.12.

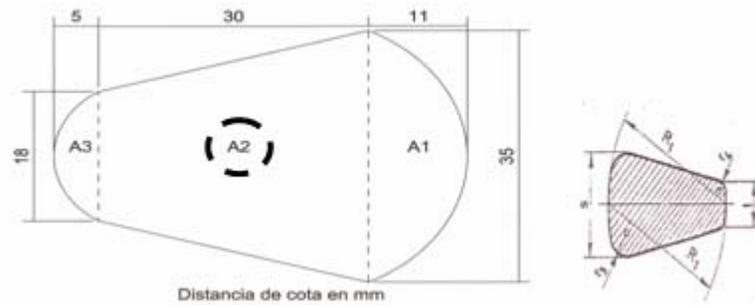


Figura N° 4.12. Área trapezoidal de la sección transversal del gancho seleccionado en base a la Norma DIN 689. Cálculo para el A_2 . [Fuente propia].

En base a la figura N° 4.12, se obtiene, el área A_2 :

$$A_2 = \frac{b + b_2}{2} = (c - a)$$

$$A_2 = \frac{35 + 18}{2} = (71 - 41)$$

$$A_2 = 795 \text{ mm}^2$$

Para el *radio* R_2 se tiene:

$$R_2 = \frac{a \times [(2b_1 + b_2) + (b_1 + 2b_2)]}{3(b_1 + b_2)}$$

$$R_2 = \frac{41 \times [(2 \times 35 + 18) + (35 + 2 \times 18)]}{3(35 + 18)}$$

$$R_2 = 23,14 \text{ mm}$$

Sabiendo que el $A_2 = 795 \text{ mm}^2$ y un $R_2 = 23,14$, se calcula el área medio de la sección A_2 :

$$Am_2 = \frac{b_1 \times c_1 - b_2 a}{c - a} \left[\ln \left(\frac{c}{a} \right) - b_1 + b_2 \right] \quad \text{Al sustituir}$$

$$Am_2 = \frac{35 \times 71 - 18 \times 41}{71 - 41} \left[\ln \left(\frac{71}{41} \right) - 35 + 18 \right] \quad \text{Resulta}$$

$$Am_2 = 14,98 \text{ mm}^2$$

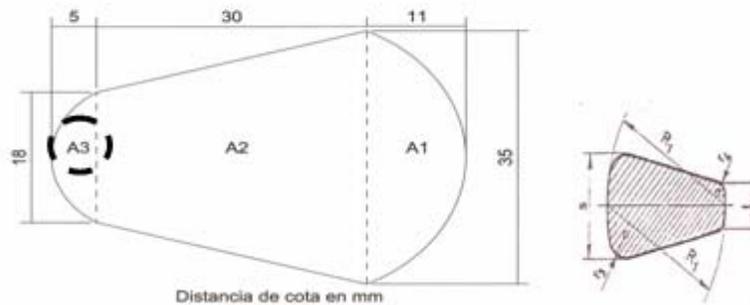


Figura N° 4.13. Área trapezoidal de la sección transversal del gancho

Para el cálculo del área A_3 , se tiene la figura N° 4.13: seleccionado en base a la Norma DIN 689. Cálculo para el A_3 . [Fuente propia].

El área A_3 , representa un área elíptica pero, se aproxima a un trapecio, por lo tanto se tiene las siguientes dimensiones:

$$a = (5 + 30 + 11 + 30)$$

$$a = 76 \text{ mm.}$$

$$b = 9 \text{ mm.}$$

$$h = 3 \text{ mm.}$$

Conociendo: $a = 76 \text{ mm}$, $b = 9 \text{ mm}$ y $h = 3 \text{ mm}$. Se calcula:

$$A_3 = 70,69 \text{ mm}^2$$

$$R_3 = 73,88 \text{ mm}^2$$

$$A_m = 18,57 \text{ mm}^2$$

Para el cálculo de las *áreas totales* se define por la sumatoria de A_1 , A_2 y

A_3 :

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

Al sustituir los valores de las áreas obtenida por cálculos, se tiene:

$$A_t = 30238 + 795 + 70,69 \text{ Resulta}$$

$$A_t = 1168,07 \text{mm}^2$$

Para el cálculo del *área medias total* se tiene:

$$A_{mt} = A_{m1} + A_{m2} + A_{m3}$$

$$A_{mt} = 41,93 + 14,98 + 18,5$$

$$A_{mt} = 75,48 \text{mm}^2$$

Para el radio de la sección de las áreas se define:

$$R = \frac{(A_1 \times R_1) + (A_2 \times R_2) + (A_3 \times R_3)}{A_T} \text{ al sustituir}$$

$$R = \frac{(302,38 \times 36,33) + (795 \times 23,14) + (70,69 \times 73,88)}{1168,07}$$

$$R = 29,63 \text{mm}$$

$R = 29,63 \text{mm}$, Distancia del centroide de la sección hasta el centroide del gancho.

La distribución de esfuerzo es asimétrica, ya que la tendencia es de inclinación hacia un lado del gancho, por lo tanto existe esfuerzo diferentes

ambas partes del gancho, de sección perpendicular al eje de actuación de la carga Q. Ver Figura N° 4.9.

Ahora se calcula el esfuerzo generado en la sección crítica debido a la aplicación de la carga Q, como la velocidad nominal de funcionamiento del motor es de 0,073 m/seg y al compararla con la velocidad de 0,2 m/s para esta clasificación, los esfuerzos influyente será de forma estática. En este sentido el esfuerzo en el punto B representado en la figura N° 4.9, ahora es el esfuerzo generado es la sección crítica, debido a la aplicación de la carga Q=N, se definen por la siguiente Ecuación N° 4.15

$$\sigma_{\theta} = \frac{Q}{A_T} + \frac{M(A - r_B \times A_m)}{A_r \times r_B (R \times A_m - A_T)} \quad \text{Ec. N° 4.15.}$$

σ_{θ} : Esfuerzo combinado en el punto.

Q : Carga.

A_t : Área total de la sección=1168,07 mm²

R_t : Distancia del centroide: 29,63 mm²

r_B : Distancia de la sección del A₂=30 mm.

A_{mt} : Área media total de la sección= 75,48 mm².

Por lo tanto a sustituir en la ecuación 4.15.

$$\sigma_{\theta\theta B} = \frac{Q}{1168,07} + \frac{29,63Q[1168,07 - 30(75,48)]}{1168,07 \times (30)[29,63(75,48 - 1168,07)]}$$

$$\sigma_{\theta\theta B} = \frac{Q}{1168,07} - 0,000853Q$$

$$\sigma_{\theta\theta B} = 0,0008568Q - 0,000853Q$$

$$\sigma_{\theta\theta B} = 3 \times 10^{-6}Q \text{ Tensión en Punto B.}$$

Para el Punto C, se procede de la misma manera para el cálculo en punto C.

$$\sigma_{\theta\theta C} = \frac{Q}{1168,07} + \frac{29,03Q[1168,07 - 79(75,48)]}{1168,07(76)[29,65(75,48) - 1168,07]}$$

$$\sigma_{\theta\theta C} = 0,000856Q - 0,00142Q$$

$$\sigma_{\theta\theta C} = -0,000564Q$$

$$\sigma_{\theta\theta C} = 5,64 \times 10^{-4}Q$$

$$\sigma_{\theta\theta C} = 5,64 \times 10^{-4}Q \text{ Compresión en punto C.}$$

Se observa que $\sigma_{\theta\theta B}$ es menor que $\sigma_{\theta\theta C}$; esto es debido a que en el punto B el esfuerzo está a tensión y en punto C está a compresión, es decir, que el punto B fallará por tracción y se considera este valor para cálculos posteriores debido a que el sistema falla por tensión.

Para el cálculo de la carga Q, se realiza por la siguiente Ecuación 4.16. Para un esfuerzo constante, se tiene que:

$$Q = \frac{Sy}{N} \quad \text{Ec. N° 4.16.}$$

Donde, las características del acero son las siguientes: el gancho es Acero AISI SWQT 350, con esfuerzo de fluencia a la tracción de $Sy = 889$ Mpa y un factor de seguridad $N = 4$, de acuerdo a recomendaciones de las normas ANSI B3610 y DIN 689, de existencia en el inventario del almacén de la empresa.

$$Q = \text{carga} = \sigma_{\theta\theta B} = \text{esfuerzo en el punto B} = 3 \times 10^{-6}Q.$$

$$Sy = 889 \text{ MPa, resistencia a la fuerza de tracción.}$$

$N =$ factor de seguridad del gancho $=4$.

Al sustituir en la ecuación N° 4.16, se tiene:

$$3 \times 10^{-6} Q = \frac{889}{4} \quad \text{Resulta}$$

$$Q = 74083,26N$$

Al dividir la carga Q por la $g = 9,81m/s^2$ se tiene:

$$Q = \frac{74083,26kgm/s^2}{9,81m/s^2}$$

$$Q = 7551,80Kg$$

El valor de carga de falla $Q = 7551,80$ Kg, indica el valor máximo de carga que no será superada por kilogramos de carga de operación de 4000 Kg, seleccionado norma DIN 689. Tanto el gancho seleccionado por la capacidad de carga, como el sugerido por la empresa con las dimensiones mostradas en la tabla N° 4.9 y tabla N° 4.10, ambos análisis resultan satisfactorios debido a que la carga mínima de trabajo del sistema telescopio es de 3500 Kg.

Según Norma DIN 689, gancho de ojo pulido, cumple. Ver apéndice A-7.

El sugerido por la empresa: Acero: AISI-SWQT 350 DE $S_g = 889$ MPa, $N = 4$ y de dimensiones. $a = 41$ mm, $b = 17,5$ mm y $h = 11$ mm, cumple y proporciona un diseño satisfactorio.

4.1.3.1.5- Selección del Tambor de Izamiento

El tambor que compone el guinche de izamiento es de forma tubular hueco sin concentradores de esfuerzos, que al momento de operaciones se

encuentra rotando a baja velocidad constante. Según Norma COVENIN 3210:1996 (equipos móviles y sobre construcción y características). Donde la velocidad de trabajo no pasaría de velocidad máxima de 0,3 m/s, para un tiempo de 10 segundos.

Para conseguir el movimiento, el motor debe girar a mayor revolución para obtener una vuelta del tambor de izamiento, consiguiéndose con esto menor esfuerzo en el motor para que sea transmitido movimiento al tambor.

En la figura N° 4.14, a continuación se muestra el tambor de izamiento.

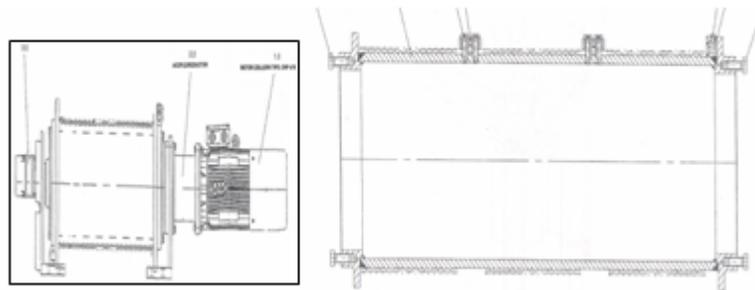


Figura N° 4.14. Tambor soporte para el cable de izamiento. [Fuente propia].

Las cavidades o zanjas en el tambor, funcionan como guía para el arrollamiento del cable o desenrollado del cable al momento de la operación. Con el cálculo lo que se quiere es realizar la selección o simplemente verificación del diámetro del que actualmente está en funcionamiento en el sistema superior del izamiento perteneciente al tubo telescópico.

Para el cálculo del tambor-eje es necesario conocer los elementos que definen la carga total del eje. La siguiente ecuación N° 4.17.

$$W_{\text{Total}} = W_{\text{Gemelo}} + W_{\text{Cable}} + W_{\text{Chute}} + w_{\text{Cadena-Eslinga}}$$

Ec. N° 4.17

Donde:

W_{Total} : Peso total del tambor con los elementos.

$W_{Cadena-Eslinga}$: Peso de cable- eslinga sintética modelo EE-93, Ancho 3' = 59,81 Lb. Ver apéndice A-4.

W_{Gemelo} : Peso del gemelo del tambor: 7,28 lb, valor aportado por la empresa.

W_{Chute} : Peso de los tubos telescopios: 7000 Lb.

W_{Cable} : Peso total de 24 mts de cable (guaya): 161,37 Lb. Ver Apéndice N° A-9.

La Potencia máxima transmitida por el motor del guinche 71.620 Hp a 1.475 revoluciones por minutos fue suministrada por la empresa; ya que esa es la capacidad motorizada del tambor actual al eje.

W_{Tambor} = Peso del tambor por sección de izamiento: 0,45 kg/ Lb.

Las propiedades del eje-tambor que trasmite movimiento esta actualmente esta fabricado con material Acero AISI 1020 (Basado en la Norma ANSI B 3619) laminado simple. Ver Apéndice N° A-14. Donde se obtiene lo siguiente:

Sy: Resistencia de fluencia en tracción = 3374 kg/cm²

Su: Máxima resistencia = 4569 kg/cm²

N: Factor de seguridad, basado en la resistencia de fluencia: 3. Ver Apéndice N° A-15.

Al sustituir en la ecuación N° 4.17, se tiene:

$$W_{\text{Total}} = 7,28 + 161,37 + 7000 + 59,81 \text{ Resulta}$$

$$W_{\text{Total}} = 7228,46 \text{ Lb.}$$

Para el cálculo de peso total del tambor $W_{\text{Tambor}} = 0,45 \text{ kg/lb}$, se define la siguiente Ecuación N° 4.18, a continuación:

$$W_{\text{T}} = W_{\text{TOTAL}} \times W_{\text{TAMBOR}} \quad \text{Ec. N° 4.18}$$

Donde W_{T} , al sustituir se tiene:

$$W_{\text{T}} = 7228,46 \text{ Lb} \times 0,45 \text{ kg/Lb}$$

$$W_{\text{T}} = 3281,72 \text{ kg}$$

$W_{\text{T}} = 3.281,17 \text{ kg}$, es el peso total del tambor por sección de izamiento total del sistema telescopio.

Para la reacción en los extremos del tambor- eje se tiene que; Ecuación N° 4.19

$$R_{\text{Ay}} = R_{\text{By}} = \frac{W_{\text{T}}}{2} \quad \text{Ec. N° 4.19}$$

$R_{\text{Ay}} = R_{\text{By}}$, es la carga puntual de las reacciones en cada extremo del eje tambor.

$$R_{\text{Ay}} = R_{\text{By}} = \frac{3281,72 \text{ kg}}{2}$$

$$R_{\text{Ay}} = R_{\text{By}} = 1640,46 \text{ kg}$$

$R_{Ay} = R_{By} = 1640,86\text{kg}$, son las reacciones en los apoyos a los extremos del eje.

4.1.3.1.5.1- La Potencia del Motor

Se calcula por la siguiente Ecuación N° 4.20

$$P = \frac{Q \times f}{\eta}$$

Ec. N° 4.20

Donde:

P: Potencia del motor

f: Factor de transformación a Hp = 6,67.

η : Eficiencia del motor: 80%

S=Q= Carga máxima de tensión= 3.882,07 kg.

Al sustituir en la ecuación N° 4.20, se tiene:

$$P = \frac{3882,07 \times 6,67}{0,80}$$

Por lo tanto; $P = 32366,75\text{Hp}$

Al comparar la potencia calculada de $P = 32366,75\text{Hp}$, con respecto a la potencia nominal del motor del guinche 71.620 Hp, la potencia calcula resulta menor en magnitud que la de operación de salida del motor bajo operación; el motor actual es satisfactorio y no amerita reemplazo.

Para el torque transmitido por el motor al eje se define por la siguiente ecuación N° 4.21:

$$T_{\text{máx}} = \frac{P_{\text{Máx}}}{N} \times 1\text{CV} \quad \text{Ec. N° 4.21}$$

$$T_{\text{Min}} = \frac{P_{\text{Min}}}{N} \times 1\text{CV}$$

Donde:

T: Torque transmitido del motor al eje

$P_{\text{Máx}}$: Potencia máxima transmitida por el motor al eje del guinche
=71.620 Hp.

CV: Caballo de vapor=75,01

N: Revoluciones por minutos=1475 RPM

Al sustituir se tiene que:

Para el *Torque Máximo*, según la ecuación N° 4.21, se tiene:

$$T_{\text{Máx}} = \frac{71620}{1475} \times 75,01\text{CV}$$

$$T_{\text{MÁX}} = 3642,18\text{kg / cm}$$

Para el *Torque Mínimo*, según la ecuación N° 4.21, se tiene:

$$T_{\text{Min}} = \frac{32366,75}{1475} \times 75,01$$

$$T_{\text{Min}} = 1644,46\text{kg / cm}$$

El torque transmitido en el centro del eje del tambor es de 3642,18 kg/cm y distribuido hacia los dos extremos es de 1821,09 kg/cm a cada uno, este parámetro operacional es la capacidad motorizada del tambor de elevación actual.

Para el eje, de laminado simple de AISI 1020 sometido a momento de torsión cíclico variable de $T_{Máx} = 361218 \text{ kg-cm}$ a $T_{min} = 1644,46 \text{ kg-cm}$, con una revolución por minuto $N = 1475$. Se calcula el momento de torsión variable, para conocer el diámetro del eje.

Del apéndice A-14 para Acero AISI 1020 de Laminado Simple, se encuentra:

$$S_u = 4569 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_y = 3374 \text{ kg/cm}^2$$

Como no se dispone de datos directos acerca de la resistencia al esfuerzo cortante, por lo tanto tiene que ser estimados de la siguiente forma:

El límite de fatiga en torsión invertida, aproximadamente $0,6 S'_n$, se define:

$$S_{ys} \cong 0,6 S_y \cong 0,6 \times 3374 \text{ Resulta}$$

$$S_{ys} \cong 2024,4 \text{ kg/cm}^2$$

El límite de fatiga pulida es $S'_n \cong \frac{S_u}{2}$ donde

$$S'_n \cong \frac{4569}{2} \text{ Resulta}$$

$$S'_n \cong 2284,5 \text{ kg/cm}^2$$

Para un eje laminado simple y pulido, se tiene:

$$S_{NS} \cong 0,6 \text{ S'n Donde}$$

$$S_{NS} \cong 0,6 \times 2284,5$$

$$S_{NS} \cong 1370,7 \text{ kg/cm}^2$$

Este valor se reduce ahora por el coeficiente de superficie (60% según figura AF5 PARA $S_u=4569 \text{ kg/cm}^2$ del Apéndice A-17), y el efecto de tamaño (85%), puesto que la dimensión requerida debe estar entre el rango de 29 a 36 cm para tambores de acuerdo a la Norma COVENIN 3177:2000.

Así S_{NS} de la ecuación N° 4.22, se tiene esfuerzo variable con K_{FS} , cortante.

$$\frac{1}{N} = \frac{S_{ms}}{S_{ys}} + \frac{K_{fs} \times S_{as}}{S_{ns}} \quad \text{Ec. N° 4.22}$$

Donde:

K_{FS} : Sensibilidad es la entalladura del material.

$$S_{NS} = 1370,7 \times 0,60 \times 0,85$$

Resulta

$$S_{NS} = 699,06 \text{ kg/cm}^2$$

Del Apéndice A-17, se obtiene el valor de K_{FS} para chavetas de torsión a patón $K_{FS}=1,3$, para emplear la ecuación N° 4.22, es necesario los esfuerzo medios nominal y alternativo.

$$T_m = \frac{T_{M\acute{a}x} + T_{M\acute{i}n}}{2} = \frac{3642,18 + (1644,46)}{2} \text{ Re sulta}$$

Esfuerzo Medio $T_m = 2.643,32 \text{ kg / cm}$

$$T_a = \frac{T_{M\acute{a}x} - T_{M\acute{i}n}}{2} = \frac{3642,18 - (1644,46)}{2} \text{ Re sulta}$$

Esfuerzo – Alternativo

$$T_a = 998,86 \text{ kg / cm}$$

Los esfuerzos nominales correspondientes son:

$$S_{ms} = \frac{T_c}{J} = \frac{998,86 \times 16(\text{kg / cm}^2)}{\pi D^3}$$

$$S_{as} = \frac{2643,32 \times 16(\text{kg / cm}^2)}{\pi D^3}$$

Donde:

$$\frac{J}{C} = Z = \frac{\pi D^3}{16}$$

Al sustituir los diversos valores en la Ecuación N° 4.23

$$\frac{1}{N} = \frac{S_{ms}}{S_{ys}} + \frac{K_{fs} S_{as}}{S_{ns}}$$

$$\frac{1}{1475} = \frac{2.643,32 \times 16}{\pi D^3 \times 2024,4} + \frac{1,3 \times 998,86 \times 16}{\pi D^3 \times 699,06}$$

$$\frac{1}{1475} = \frac{16,11}{D^3}$$

Al despejar D^3 , se tiene:

$D=28,74$ cm, al comparar este diámetro en el rango de Norma CONVENIN 3177/2000 con el rango de 25 a 36 cm, cumple con el diseño tal como se evidencia en plano del guinche en el Apéndice N° A-6, cuyo diámetro del tambor es de 30 cm, por lo tanto debe mantenerse las dimensiones del tambor matriz que opera actualmente. El valor calculado es cercano a la dimensión comercial por lo tanto el para el sistema resulta satisfactorio.

4.1.3.1.5.2- Cálculos de Esfuerzo en el Tambor

En la figura N° 4.15, se muestra el diagrama del tambor:

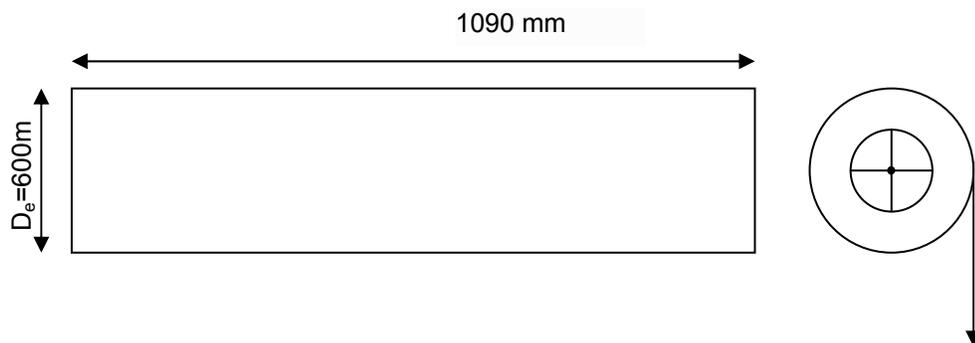


Figura N° 4.15. Diagrama de Tambor de Izamiento. [Fuente propia].

Para el cálculo de los diámetros del tambor se define por la ecuación N° 4.24:

$$t = \frac{De - di}{2} \quad \text{Ec. N° 4.24}$$

Donde:

De: Diámetro extremo del tambor con enrollado del cable: 600 mm

di : Diámetro interno del tambor

t: Espesor de la cresta del canal: 36,57 mm

L: Longitud del tambor: 690 mm

Al despejar di , de la ecuación N° 4.24, se tiene:

$$di = 600 - 2 \times 36,57 \text{ Resulta}$$

$$di = 526,85\text{mm Es el diámetro interno.}$$

Para el momento del tambor se define por siguiente Ecuación N° 4.25

$$M = \frac{S}{2} \times (L/2)^2$$

Ec. N° 4.25

Donde:

M: Momento del tambo

S: Tensión en el cable=3882,07 kg

L/2: Media de sección de la longitud total del eje: 54,5 cm

Al sustituir se tiene:

$$M = \left(\frac{3882,07}{2} \right) \times (54,5)$$

$$M = 105786,41 \text{ kg/cm}$$

$M=105786,41 \text{ kg-cm}$, es el momento resultante en el tambor.

Para el cálculo del *momento polar de inercia*, se calcula con la siguiente ecuación N° 4.26.

$$I = \frac{\pi}{64} (D_e^4 - d_i^4)$$

Ec. N° 4.26

Al sustituir resulta:

$$I = \frac{\pi}{64} [(0,6\text{m}^4) - (0,527\text{m})^4] \text{ Resulta}$$

$$I = 2,57 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

Para el esfuerzo de flexión en el tambor se define por la Ecuación N° 4.27

$$\sigma_f = \frac{M \times C}{I}$$

Ec. N° 4.27

Donde:

M: Momento del tambor= 105786,41 kg-cm

C: Radio: 30 cm.

I: Momento polar de inercia: $2,57 \times 10^{-3} \text{ m}^4$

$$\sigma_f = \frac{105786,41 \text{ kgcm} \times 30 \text{ cm}}{2,57 \times 10^{-3} \text{ m}^4 \times \left(\frac{100 \text{ cm}}{\text{m}} \right)^4} \text{ Resulta}$$

$$\sigma_f = 12,349 \text{ kg/cm}^4 \text{ Flexión en el tambor}$$

Para el esfuerzo de compresión en el tambor bajo acumulamiento del cable se define por la siguiente ecuación N° 4.28

$$\sigma_{ct} = \frac{0,85 \times S}{h \times s}$$

Ec. N° 4.28

Donde:

σ_{ct} =Esfuerzo de compresión en el tambor por acumulación del cable

S: Tensión en el cable= 3882,07 kg

h: altura de garganta acumulada=21 mm

s: Largo de la sección promedio de la garganta=37 mm

Al sustituir en la Ecuación N° 4.28, resulta la siguiente:

$$\sigma_{ct} = \frac{0,85 \times 3882,07}{21 \times 37}$$

$$\sigma_{ct} = ,25 \text{ kg/mm}^2 = 425\text{kg/cm}^2$$

El esfuerzo de compresión en el tambor cuando ocurre la garganta acumulada.

$$\sigma_{ct} = 425\text{kg/cm}^2$$

Para el cálculo de los esfuerzos en los extremos cuando existe garganta acumulada, se define por la Ecuación N° 4.29:

$$\sigma_{cex} = \frac{0,5 S}{h \times s}$$

Ec N° 4.29

σ_{cex} : Esfuerzo de compresión en los extremos del tambor cuando ocurre garganta acumulada.

S: Tensión en el cable= 3882,07 kg

h: Altura de la garganta acumulada=21 mm

s: Largo de la sección promedio de la garganta en los extremos: 33 mm

Al sustituir en la Ecuación N° 4.29, se tiene que:

$$\sigma_{\text{cex}} = \frac{0,5 \times 3882,07}{21 \times 33} \quad \text{Resulta}$$

$$\sigma_{\text{cex}} = 2,8011 \text{kg/mm}^2 = 280,01 \text{kg/cm}^2$$

El esfuerzo de compresión en los extremos es de $\sigma_{\text{cex}} = 280,01 \text{kg/cm}^2$, resulta menor que el esfuerzo de compresión en el centro del tambor $\sigma_{\text{ct}} = 425 \text{kg/cm}^2$, por lo tanto $\sigma_{\text{ct}} > \sigma_{\text{cex}}$, existe mayor esfuerzo en el centro del tambor.

4.1.3.1.5.3- Cálculo para la Cantidad de Espiras del Cable en el Tambor

La cantidad de espira en el tambor se define por Ecuación N° 4.30.

$$N_c = \frac{Su}{\sigma_{\text{ct}}} \quad N_{\text{cex}} = \frac{Su}{\sigma_{\text{cex}}}$$

Ec. N° 4.30

Donde:

N: Cantidad de espiras.

Su: Resistencia Mínima del cable bajo espiras=4.148 kg/cm²

σ_{ct} y σ_{cex} = Esfuerzo compresión en el tambor y en los extremos respectivamente: 425 kg/cm²-280,01 kg/cm².

Al sustituir resulta, en la ecuación N° 4.30, se tiene:

$$N_c = \frac{4148}{425} \quad \text{Resulta}$$

$$N_c = 9,76$$

$$N_{cex} = \frac{4148}{280,01} \quad \text{Donde}$$

$$N_{cex} = 14,82$$

Para el número de espiras en el centro del tambor es $N_c = 9,76$ y el número de espiras los extremos $N_{cex} = 14,82$, estos parámetros cumple con la operación actual debido a que el máximo número de espiras en el tambor es 24 y el mínimo es de 8 espiras.

4.1.3.1.5.4- Cálculo de la Flexión en Cable en Forma de Espiras

Se cálculo por la siguiente Ecuación N° 4.31

$$\sigma_f = 0,96 \times Sx^4 \sqrt{\frac{1}{Dm^2 \times h^6}}$$

Ec.N° 4.31

Donde:

σ_f : Esfuerzo de Flexión en cable en forma de espiras.

S: Tensión en el cable: 3882,07kg

Dm: Diámetro externo del tambor: 600 mm=60 cm

h: Altura de la garganta acumulada= 21 mm= 2,1 cm

Al sustituir en la ecuación N° 4.31 resulta:

$$\sigma_f = 0,96 \times 3882,07 \times \sqrt[4]{\frac{1}{(60)^2 \times (2,1)^6}}$$

$$\sigma_f = 158,06 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo de flexión de la guaya $\sigma_f = 158,06 \text{ kg/cm}^2$, es menor el esfuerzo de compresión del en el centro del tambor $\sigma_{ct} = 425 \text{ kg/cm}^2$ y a su vez es menor que el esfuerzo de compresión en los extremos $\sigma_{cex} = 280,01 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente.

CAPITULO V

SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA PROPUESTA

5- Caracterización del Material Guayas

5.1- Análisis del cable negro tipo Mamut 19x7-AA, Antigiro. Diámetro 7/16 pulgadas ó 11,11 mm

Para la medición de la dureza del material se tomo la muestra del cable del sistema de izamiento y se realizo una prueba de micro-dureza Vickers de 481 HVP, en promedio originada con una huella a partir de 100 gramos de carga. Ver figura N° 5.1

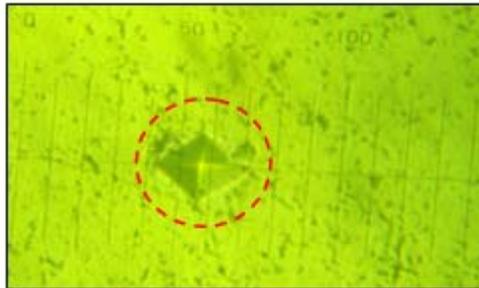


Figura N° 5.1.Huella de Micro-Dureza. Marca de Micro-Dureza Vickers (481HVP). Huella originada con una carga de 100gr de carga (circulo punteado) Magnificación 20x.
[Fuente Propia].

5.1.1- Microestructuras del Cable Tipo Mamut 19x7

La microscopía óptica de la microestructura realizada, está compuesta por Martensita Revenida que aparece microscópicamente como una estructura blanca acicular o tipo aguja, de elevada dureza y tomando como parámetro de comparación al momento de realizar la micro dureza el contenido de carbono y valores promedios alrededor de 46,83 Rockwell C (481 HVP) que a su vez se encuentran por debajo de la dureza máxima de 60 Rockwell al 0,4% obtenible de un acero en la condición martensítica revenida. Ver figura N° 5.2



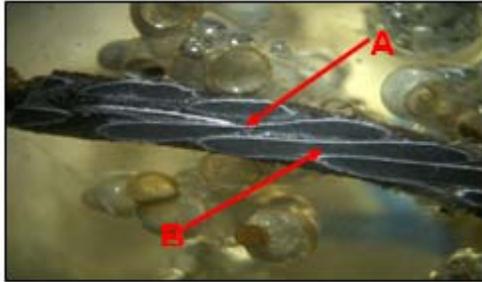
Figura N° 5.2 Microestructura de martensita revenida, dureza 46,83 en Rockwell C (481 HVP). Con Ataque de Nital 2%. Magnificación 20x. [Fuente Propia].

5.2- Inspección Microscópica Bajo Magnificación

5.2.1- Sección A Zona de la Falla Final

Para las muestras empotrada se puede observar como algunas de las secciones transversales de los hilos de los torones sufre deformación plástica observándose en muchos de ellos encuellamiento progresivo en su sección transversal y posteriormente la ocurrencia de la falla. Los torones con deformación plástica por encuellamiento causan un alargamiento en su

sección longitudinal pero no presentan el mismo grado de deformación por encuellamiento en las distintas zonas transversales de la guaya, ejemplo de esto lo representan las zonas indicadas por las flechas (A y B). Ver figura N°



5.3.

Figura N° 5.3. Torón de la Punta Superior (L_1). Sin ataque y con evidencia de encuellamiento debido a la tracción del cable en los extremos. Magnificación 15x.

[Fuente propia].

En la Figura N° 5.4. Se muestra los pequeños puntos de corrosión por picaduras, acumulación de lubricantes entre los límites de los torones y encuellamiento debido el alargamiento del cable y el punto final de fractura en uno de los torones. Las características morfológicas de la fractura denotan una fractura tipo dúctil por sobrecarga mecánica, caracterizada por una fuerte estricción y zona terminal tipo copa y cono.

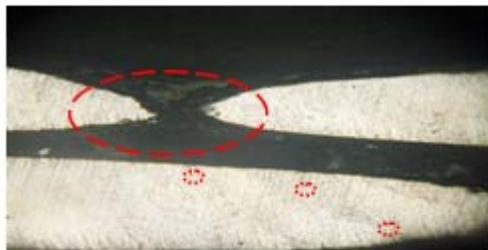


Figura N° 5.4 Alma del cable. Corrosión y deformación por alargamiento (punto circulares). Magnificación de 15x. [Fuente propia].

En la figura N° 5.5, muestra la zona final de fractura ampliada de unos de los torones, obsérvese las líneas de color rojo trazadas sobre la imagen para resaltar el incremento y zona de desgarramiento en la punta o zona de fractura y el incremento de la sección en la medida que varía la distancia en cualquier punto de referencia hasta alejarse a la zona de frontera de los torones. En los límites se observa un acumulamiento y exceso de lubricante.

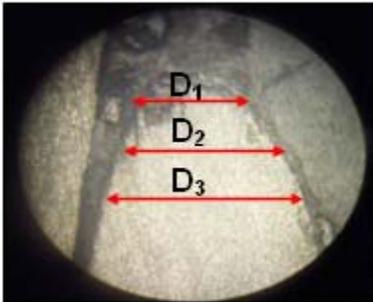


Figura N° 5.5. Probeta 2 de la Punta Superior (L1), donde se evidencia el ataque corrosivo de la parte externa hacia el alma del cable. Se mantiene el alargamiento de los torones a medida que varía las líneas horizontales. Magnificación 10x. [Fuente propia].

5.2.2- Sección B

a) Parte Externa L₂

Para la figura 5.6, se observa el torón de la probeta punta externa L₂, perteneciente a los hilos a periféricos de la zona este son el más deteriorado producto del rozamiento de la polea, obsérvese la pérdida de área transversal y la deformación de los torones.

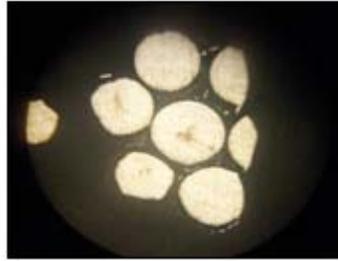


Figura N° 5.6. Vista de frente Probeta L_{II} Punta Externa (L₂). Pulida sin ataque, lado derecho externo con desgaste por fricción y deformación de los cordones. Magnificación 5x.
[Fuente propia]

Para la figura N° 5.7. Se observa el lado izquierdo externo con desgaste por fricción y deformación de los cordones ocasionando fractura en las secciones del cable debido al alargamiento de los hilo externos y la pérdida de la sección transversal del torón; produciendo una deformación por hilachamiento en el enrollado derecho de la guaya, es decir al ocurrir el alargamiento de las zonas externas bien sea en el punto derecha o izquierda de la probeta produce la alteraciones en el sentido de enrollamiento del cable cambiando el enrollado y ocasionando una fractura por cizallamiento en el torones cercanos.

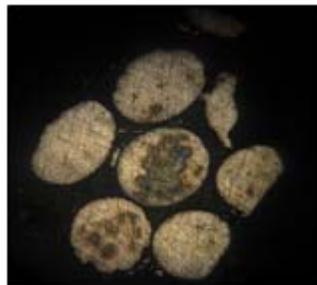


Figura N° 5.7. Vista de frente Probeta L_{II} Punta Externa (L₂). Pulida sin ataque, lado izquierdo externo con desgaste por fricción, deformación de los cordones. Magnificación 5x.
[Fuente propia].

b) Parte interna L₃

Para la figura N° 5.8, muestra la micrografía tomada a los lados internos de torones de la secciones intermedia de la guaya, se puede observar que en ella están presente gran cantidad de picaduras hacia los bordes externos de las mismas, la cual se asocia un proceso corrosivos ocasionados por la interacción del medio con el material.



Figura N° 5.8. Torón interno del cable (Alma).Magnificación de 15x. [Fuente propia].

5.2.3- Sección C Comienzo de la Guaya L₄

La guaya sufre deformaciones en la zona críticas donde existe acumulación de capas corrosivas y picaduras presentes entre cada torón, es allí donde aparece los torones con deformación plástica por encuellamiento que originan un alargamiento longitudinal progresivo que culmina con la ruptura de los hilos de la eslinga metálica. Ver figura N° 5.9.



Figura N° 5.9. Torón perteneciente al Alma de la guaya sin deformación transversal. Corrosión evidente en la parte inferior derecha. Magnificación de 15x. [Fuente propia].

5.3- Análisis del Esfuerzo de Ruptura a partir de la Prueba en el Ensayo de Tracción.

El esfuerzo de ruptura obtenida en una prueba de ensayo de tracción después de 30 días de montaje experimental, para las tres probetas sometidas a tensión y carga constante. Se muestra en la siguiente figura N° 5.10:

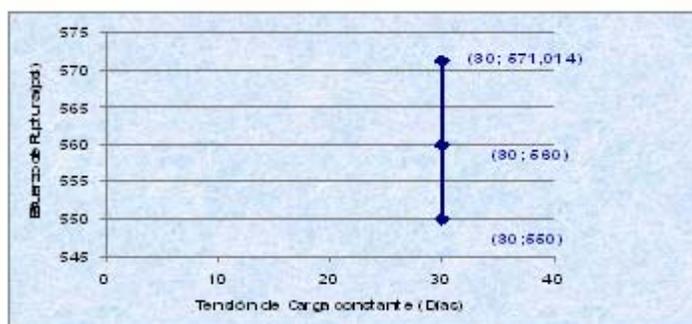


Figura N° 5.10. Esfuerzo de Ruptura psi (eje Y); en función de la tensión a carga constante 30 Días (eje X).

Para la figura N° 5.10, en la coordenada (30; 571,014), correspondiente al esfuerzo de ruptura calculado se obtuvo 571,014 psi. Este valor se utilizará como referencia para identificar en el ensayo de tracción la carga máxima de trabajo de las eslingas preparadas durante el tiempo de 30 días para comparar con el valor teórico aportado por el fabricante. Este valor servirá como parámetro de comparación para los dos valores restantes que se consiguió en el ensayo de tracción.

Para la coordenada (30; 560), se refiere al esfuerzo de ruptura de la eslinga de poliéster E_2 que no se le aplicó la solución acuosa, y cuyo valor es muy cercano al de 571,014 psi. Para el último punto (30; 550) decreciente corresponde a las probetas humedecida con la solución acuosa (E_1 y E_3), aunque la configuración geométrica de las eslingas no fueron las mismas que la utilizada en la probeta E_2 , los valores de carga para que el material falle está en el rango de 550 hasta 560 psi.

El comportamiento de las eslingas de poliéster, sometida a las pruebas de tracción registró una deformación en la zona plástica. El rango de aplicación de la carga se realizó de forma creciente a partir de 50 psi hasta obtener la ruptura del material.

Es de hacer notar que durante el ensayo resultó difícil de cuantificar el porcentaje de elongación de la probeta debido a que la deformación del material se registro de manera lineal es decir, al momento de aplicar carga sobre la eslinga el material sufre una deformación y una vez retirada la carga de la probeta, ésta volvió a su estado original; siempre y cuando la carga no estuviese cercano a 550 psi donde el material se hilacha en la juntas de sujeción producto de la fricción con la muelas creando una zona de desgaste en las juntas hasta romperse totalmente. Ver figura N° 5.11.



Figura N° 5.11. Hilachamiento de la probeta eslinga sintética sometida a ensayo de tracción, con falla cercana a la zona de sujeción. [Fuente Propia].

Para efectos de la investigación resultó conveniente identificar el esfuerzo último de ruptura, donde el material falla totalmente. Evidenciando con esto se si el material esta sometido a tensión y cercana a esta zona existe una superficie metálica donde ocurra fricción se incrementará la ocurrencia de las fallas .En la figura N° 5.12, ocurre fractura plástica de un material bajo tensión.

Las cadenas moleculares se desenrollan y deslizan entre si de forma que alinean en la dirección de la tensión. Si la tensión es demasiado grande, las cadenas moleculares se rompen, causando la rotura del material.



Figura N° 5.12. Fractura plástica por hilachamiento de la probeta eslinga sintética sometida a ensayo de tracción. [Fuente Propia].

El decrecimiento del esfuerzo en función de 30 días de ensayo experimental con aplicación de la solución acuosa a las eslingas sintéticas, sometida a tensión de carga constante, y posterior prueba de ensayo de tracción en la máquina universal de ensayo. Se muestra a continuación en la figura N° 5.13:

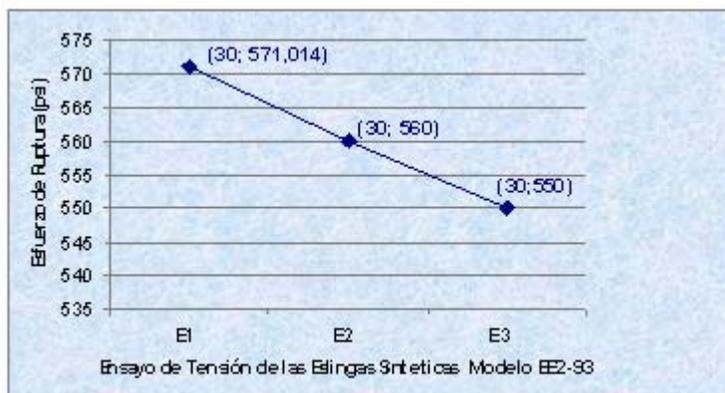


Figura N° 5.13. Esfuerzo de ruptura psi (eje y) en función del ensayo de tensión posterior a los 30 días de experimento (eje x).

En la Figura N° 5.13. Se muestra el decrecimiento de la carga de trabajo bajo forma vertical de la eslinga sintética de poliéster por un periodo de 30 días de ensayo. La finalidad del ensayo fue registrar la constante de relajación, el esfuerzo mínimo de ruptura a temperatura anual promedio de 27 °C.

Los esfuerzos promedios de relajación decrecientes descritos en las figuras N° 5.10 y 5.13, así como también en la tabla N° 4.1, del capítulo IV, donde el $\sigma_{\text{Promedio}} = 365,85$ psi a los 365 días con la aplicación de la solución de urea y agua, resultó menor en esfuerzo que la eslinga que no se aplicó la solución.

El $\sigma_{\text{Promedio}} = 450,53$ psi representa la eslinga sintética que fue sometida a solución. Es por ello que se debe llevar un registro de inspección de la eslinga; desde el momento de la instalación hasta un tiempo menor de un año de servicio. Debido a que es imposible evitar el contacto de la solución formada durante el lavado del sistema una vez zarpado el buque de las inmediaciones del muelle, se debe evitar colocar superficies filosas cuando la eslinga este en operación; para evitar que se produzcan cortadura en las secciones de cable sintético.

La eslingas sintética sugerida para el sistema de seguridad EE2- 93, ancho de 3 pulgadas de Carga en Vertical Sencilla de 3000 kgf (Ver apéndice A-4).

5.4- Selección del Cable de Acero

Debido a que las operaciones del cable están bajo un ambiente marino es necesario escoger un cable galvanizado para evitar el efecto corrosivo aumentando el número de alambres externos de la guaya para obtener mayor resistencia a la fatiga y su vez que supere en magnitud la carga de total del sistema telescópico de urea.

Como la carga de operación es de 3500 kg y la tensión máxima calculada es de $S = 3882.07$ kg de cada ramal a 90° con respecto a la horizontal. El cable recomendado a usar según el catalogo cable acero tiene una resistencia de ruptura 7.425 kg. Por lo tanto resultaría satisfactorio para usar en el reemplazo; el cable es (ver apéndice N° A-9):

6X25AA- BARRACUDA

CLASE 170 ϕ : 7/16 pulg ó 11,11 mm GALVANIZADO**5.5- Selección de la Polea**

Para la selección de la polea se utilizó la NORMA DIN 15059, donde se especifica las dimensiones de las poleas de fundación con coeficiente de rugosidad de 7 cm en poleas de polipasto y en base la selección del cable BARRACUDA 6x25 AA, se hace necesario seleccionar una polea con canal de igual diámetro que el cable.

Al cambiar el cable de acero es necesario reemplazar las poleas para evitar desbalance del sistema y desgaste desiguales entre la guaya y los elementos giratorios. Las dimensiones que se especifican en la tabla N° 4.6, del capítulo IV, se obtiene del apéndice A-13.

En la tabla N° 5.1, se muestra la selección de las poleas de polipasto según NORMA DIN 15059. Para mayor información ver apéndice A-13.

Tabla N° 5.1. Dimensiones Poleas de polipastos y reenvío según DIN 15059.

D_1	D_2	h	r	Φ_{CABLE}
250	290	35	6,5	11,11 mm ó 7/16

5.6- Selección del Eje Fijo de la Polea

En la tabla 4.8 del capítulo IV, se muestra los valores de carga para el eje fijo de las poleas, las propiedades del material fueron aportadas por la empresa por tener en el inventario del almacén con: Acerex AISI 1045, hierro dulce, laminado simple según apéndice A-14 con una resistencia a la tracción de $S_y = 4.148 \text{ kg/cm}^2$, donde el esfuerzo cortante calculado $S_v = 69,3 \text{ kg/cm}^2$ resulto menor en magnitud que el parámetro de referencia $S_s = 5062 \text{ kg/cm}^2$. Al cambiar el cable, las poleas se hace necesario también el reemplazo de los eje fijo de las poleas por pertenecer a los elementos de movimientos del sistema de izamiento.

5.7- Cálculo del Soporte de la Polea de Carga

El material del análisis para la selección del soporte de la polea es Acero A570, planchas Sidor, grados B, por contar con este material en el almacén de la empresa, ver apéndice N° A-16. Se calculó el espesor del soporte para ver si el actual cumplía con la carga de 3500 kg, que representa el peso del sistema.

El espesor obtenido por cálculos $e = 0,70 \text{ cm}$ calculado, comprueba que el diseño actual cumple con las condiciones de carga, por lo tanto no es necesario reemplazar el soporte a menos que se observe discontinuidad en la placa, por lo tanto se puede continuar utilizando la placas del acero ASTM-A570 acero B, con espesor de 0,70 cm y fluencia $S_y = 2110 \text{ Kg/cm}^2$ (Propiedad del acero apéndice A-16).

5.8- Selección del Gancho de Carga

La selección del gancho se realizó bajo dos criterios distintos: La primera selección se especifica en la tabla N° 4.9 del capítulo IV, utilizando como regencia la Norma DIN 689 y la carga de 3.500kg del sistema bajo operación, en el apéndice A-7 se ubica una carga que sea igual o mayor en magnitud, tal como fue el caso de 4000 Kg, este valor según norma DIN 689.

El segundo criterio de selección, se basó en las dimensiones suministradas por la empresa, para realizar el chequeo de su estática correspondiente, tales dimensiones están enmarcadas en la normativa ANSI/ASME B 3608 – 3608 (ISO 565:1988). Donde establece un ancho de dimensiones seccionadas no mayor a la carga de un gancho con carga útil de 4000 Kg.

La empresa sugirió un análisis estático debido a que el sistema se mueve a velocidad constante y a un rango de elevación de 0,072 m/s, siendo menor al parámetro de velocidad de 0,2 m/s, la cual representa un rango para un equipo de carga poco frecuente de variación de movimiento a plena carga. En la tabla N° 4.10 del capítulo IV, se muestra las propiedades y dimensiones utilizadas.

La carga de falla calculada por estática es de $Q = 7551,80$ Kg, este valor representa el valor máximo de carga donde el gancho fallara, esta carga máxima no será superada debido a que el sistema tiene un peso de 3.500kg, pero por la norma DIN 689 existen ganchos con útil de 2500 a 4000 kg y como el peso del sistema está entre este rango. El gancho seleccionado estará sobredimensionado en magnitud de peso si se utiliza el primer o segundo criterio. Para fines de esta investigación, al escoger el primer criterio

el análisis resultaría satisfactorio. En la tabla N° 4.9 del capítulo IV, se especifica las dimensiones.

5.9- Selección del Tambor de Izamiento

El tambor que compone el guinche es de forma tubular hueco sin concentradores de esfuerzos. Según Norma COVENIN 3210:1996 (equipos móviles y sobre construcción y características) la velocidad de trabajo no pasaría de velocidad máxima de 0,3 m/s, en un tiempo de 10 segundos. El peso total del tambor calculado es de $W_T = 3.281,17 \text{ kg}$ y las reacciones en los apoyos resultó $R_{Ay} = R_{By} = 1640,86 \text{ kg}$, con estos valores se calculó el diámetro del tambor matriz $D=28,74 \text{ cm}$, pero comercialmente resulta más de fácil y de procura inmediata uno de diámetro de 30 cm que el de 28,74. Lo cual indica que el diámetro cumple.

Al comparar este diámetro en el rango de Norma CONVENIN 3177/2000 con el rango de 25 a 36 cm, el diseño tal actual cumple con los parámetros en el plano del guinche (Apéndice N° A-6). El diámetro del tambor es de 30 cm, no es necesario el reemplazo del tambor que opera actualmente.

5.10- Cantidad de Espiras del Cable en el Tambor

Para el número de espiras en el tambor se calculó los esfuerzos de compresión de flexión en el centro y los extremos del mismo. El esfuerzo de compresión en los extremos es de $\sigma_{cex} = 280,01 \text{ kg/cm}^2$; resultó menor que el

esfuerzo de compresión en el centro tambor $\sigma_{ct} = 425 \text{ kg/cm}^2$, por lo tanto $\sigma_{ct} > \sigma_{cex}$,

Aunque resultaría evidente que la mayor cantidad de espiras estuviera en el centro, no es así, debido a que el de arrollado del tambor es derecho, es decir el arrollado va de izquierda a derecha.

El numero de espiras en el centro es de $N_c = 9,76$ y el número de espiras los extremos $N_{cex} = 14,82$, estos parámetros cumple con la operación actual debido a que el máximo número de espiras en el tambor es 24 y el mínimo es de 8 espiras.

5.11- Elaboración el Plan de Mantenimiento Preventivo

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante, manual de operaciones, historial de falla, reporte programado de paradas y considerando las condiciones críticas ambientales. Se procedió a la realización de un plan de mantenimiento preventivo para equipos críticos del surtidor de carga telescópica que se ajusten a las nuevas condiciones del rediseño planteado.

5.11.1- Generalidades de los Planes de mantenimiento

Toda máquina utilizada para cualquier tarea está propensa a fallar o deteriorarse por efecto de la antigüedad, el uso e inclusive por las condiciones ambientales del lugar en el cual prestan servicio. También es posible que las causas de deterioro o falla sean inherentes al equipo. Pero, sin importar cuales sean las causas de deterioro o falla uno de los objetivos primordiales de cualquier industria es mantener sus equipos e instalaciones

en perfectas condiciones de funcionamiento, para lograrlo se toman medidas destinadas a disminuir al mínimo la probabilidad de falla.

El hacer mantenimiento no lo es todo, el problema es ¿cuándo? y ¿a qué? se le va realizar mantenimiento y ¿cómo tener conocimiento de la eficacia de todo trabajo realizado?

El plan de mantenimiento propuesto explica cada una de estas interrogantes, tomando como punto de partida los siguientes:

1. La organización de la función mantenimiento
2. La planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento.

5.11.2- Elementos del Plan de Mantenimiento Preventivo

La optimización del sistema de mantenimiento se logra con la interrelación de todos los elementos que se muestran en la figura N° 5.14 ^[5].

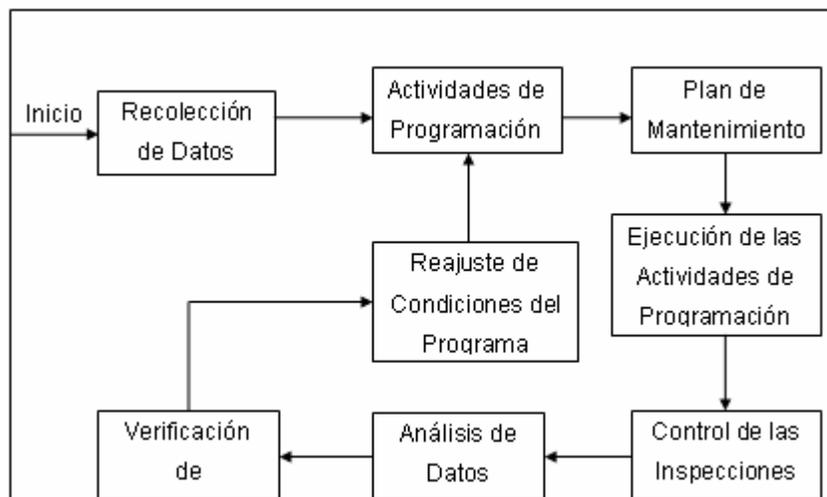


Figura N° 5.14 Flujograma del sistema de mantenimiento ^[4].

5.11.2.1- Recolección de Datos

Esta referida a la captura de información previamente definida y que servirá de base para evaluar y controlar la actividad del mantenimiento. Normalmente se recoge la siguiente información:

- ❖ **Fallas:** descripción, causa, acción tomada, tiempo, horas hombres, repuestos, costos, entre otros.

- ❖ **Mano de obra:** clasificación, distribución, rendimiento, costos, entre otros.

- ❖ **Equipos:**

Parámetros operativos: velocidad, carga, sistema de giro y funcionamiento.

Parámetros de diagnóstico: temperatura, tiempo de operación, tiempo fuera de servicio, costos totales de servicios e información de los manuales.

Se requiere de datos para establecer el plan de mantenimiento (estado de equipo, registro de equipo, información de manuales de servicio) y datos para alimentar al sistema (Parámetros operativos, parámetros de diagnóstico, mano de obra, tiempo de operación, fallas).

5.11.2.2- Actividades de Programación

Consiste en todas las actividades a realizar del mantenimiento preventivo en un periodo o tiempo determinado.

5.11.2.3- Plan de Mantenimiento

Los planes de mantenimiento son documentos que indican cuales son las actividades que se deben ejecutar en los equipos para mantenerlos en condiciones operacionales. Incluyen información acerca del número de la orden de trabajo, frecuencia, cantidad de horas-hombres estimadas, fecha de inicio y finalización para cada trabajo, especialidad de los recursos necesarios y personal responsable.

5.11.2.4- Ejecución de las Actividades

La ejecución de las actividades debe realizarse en las fechas establecidas en la programación y siguiendo las directrices que marcan los procedimientos.

5.11.2.5- Control de Inspecciones

Las inspecciones son elementos vitales de todo el sistema de mantenimiento preventivo, de hecho todo el mantenimiento preventivo depende de las inspecciones y los resultados que éstas arrojen van a generar los datos que se le utilizaran para cualquier análisis y toma de dediciones.

5.11.2.6- Análisis de Datos

El análisis permite detectar las partes del sistema que no estén dando los resultados esperados. En todo sistema donde se hacen inversiones de recursos es necesario proveer mecanismos de análisis que permitan una

evaluación veraz y efectiva de la gestión de mantenimiento, esta evaluación lleva consigo una toma de decisiones acerca de la justificación de las inversiones a partir de los indicadores del sistema de mantenimiento.

5.11.2.7- Verificación de los Resultados

Consiste en la comparación de los resultados a objeto de perfeccionar, modificar, arreglar y ajustar algunas de las partes del plan como consecuencia de los resultados obtenidos en el análisis de datos.

Sistema Manejo Masa Seca: Tubo Telescópico Mecánico: M Eléctrico: E				
Nombre del Equipo	Código TAG	Descripción de las Fallas	Tipo de Trabajo	Descripción de la Actividad
Resorte de las Guayas de Emergencia	CSG-400	Presencia de oxido	M	
Shiploader	CSG-001	Problemas el freno del vertedor del boom	M	
Cargador de Barco(Tubo cilíndrico)	SGS-920	Tranca en mecanismo de giro del vertedero.	M	Limpieza del motor de giro del vertedor.
Cilindro Hidráulico	CSC-004-A	Tranca el gato en movimiento hacia atrás y adelante.	M	Mantenimiento general del cilindro Cambio de tornillo, pintura y engrase. Prueba de apertura y cierre.
Cilindro Hidráulico	CSC-004-B	Doble del eje del gato, que le da inclinación de telescopio	M	
Shiploader	CSG-001		M	Mantenimiento general Pintura a los frenos del tambor
Freno del Tambor	TTU-005	Vulcanización de las zapatas del freno	M	Mantenimiento general
Freno	CSC-400	Desajuste	M/E	Ajuste del freno
Cajas Reductores	TTU-002	Vibraciones en los reductores	M	Chequeo de vibraciones
Reductor de Engrane	TTU-002	Vibraciones en los reductores	M	Piqueteo y aplicación de pintura a la caja reductora del motor
Cajas Reductoras	TTU-002	Chequeo del nivel de aceite y Fuga	M	Retiro de goma vieja del rodillo motriz Engomado de rodillo motriz del pcb-400
Tambor Motriz del Winche	TTU-008A		M	Lubricación y Mantenimiento general del sistema de manejo de urea.

5.11.2.8- Reajuste de Condiciones del Programa.

Consiste en reorganizar algunas de las actividades de programación, aumentando o disminuyendo las frecuencias de estas actividades de mantenimiento. Además de incluir actividades que no hayan sido considerados dentro de la programación.

5.12- Diseño de un Plan de mantenimiento

5.12.1- Planificación y Programación

La planificación se efectuó incluyendo las actividades de:

1. Actividades mecánicas.
2. Actividades eléctricas.
3. Actividades de lubricación.

5.12.2- Funcionamiento del Plan de Mantenimiento.

Antes de poner en marcha el plan de mantenimiento debe instruirse todo el personal de mantenimiento. Ofrézcase charla al personal en cuanto a la importancia del mantenimiento y los procedimientos a seguirse en su ejecución. Al comienzo, las actividades de programación, preferiblemente deben hacerse en tiempos muertos de los equipos o en su defecto los días no laborables (fin de semana) para que el personal adquiera destreza y rapidez en la ejecución de las actividades y evitar perdidas de tiempo y de paradas de los equipos.

Tómese registro del tiempo en que se tarda el personal en ejecutar cada una de las actividades ya que de estos tiempos depende la eficiencia de los resultados del sistema de control de mantenimiento. De aquí la importancia de las inspecciones en la ejecución del mantenimiento.

Una vez superado todos los inconvenientes mencionados, organícese y ponga en marcha el plan llevando un control mensual de todas las partes que integran el sistema para verificar su eficiencia. Cabe destacar que la optimización del plan de mantenimiento se logra con la integridad de todas sus partes; control de costo, control de repuestos e inventario.

Un estricto control garantiza con eficiencia el funcionamiento del plan de mantenimiento, por ende debe prepararse una orden de trabajo que abarque toda la tarea a realizar (ver apéndice A-18). Se debe evitar órdenes verbales. Si por alguna razón o situación de urgencia hubiera que darlas así, se confirmaran por escrito posteriormente.

Durante la ejecución de las inspecciones debe llevarse consigo la hoja de verificación del sistema telescópico (ver apéndice A-19) en ella se da una idea de que se inspeccionará.

La hoja de verificación supone inspecciones uniformes (mensual, ya que la mayoría de las actividades son de limpieza y desarme) y contiene una lista general de partes a comprobarse de los equipos.

Las acciones correctivas se iniciarán con la preparación de una orden de trabajo después de concluida la inspección, siendo luego enviadas por el jefe de mantenimiento.

5.12.3- Estimación de los Tiempos de Mantenimiento.

La clave de un buen procedimiento de control de trabajo es la estimación exacta de hora-hombres requeridas para cada trabajo. La filosofía básica de estimación es reducir cada tarea a sus elementos de trabajo básicos y establecer valores para cada elemento. La suma de los elementos da la estimación de la tarea total.

La finalidad de la estimación es el establecimiento de normas en una base de unidad de trabajo para cada elemento. Al principio estas normas serán más “cálculos aproximados” que estimaciones, pero a medida que se adquieran datos históricos reales y los trabajos sean comparados con las estimaciones, es posible afinar estos valores hasta el punto en que las estimaciones de los trabajos más complejos puedan realizarse con una exactitud total de mas o menos 5%.

Para crear valores de tiempo de trabajo en el proyecto se propone lo siguiente:

1. Se debe indicar en la orden de trabajo para todos los trabajos la hora de inicio y finalización de cada actividad, es importante un cronometraje exacto para el desarrollo de los valores de tiempo.

2. Las horas realmente empleadas para cada tipo de trabajo se acumulan por un periodo de tiempo de 6 meses, en hojas de resumen de trabajo para cada clasificación de trabajo.

Estos datos sirven de base para establecer valores estándar de trabajo basándose en rendimientos de trabajo anteriores, también los supervisores

pueden decir por experiencia las horas aproximadas que necesitará cada trabajo.

5.12.4- Descripción de los Equipos del Sistema de Manejo de Masa Seca (urea).

Como punto de partida para la elaboración del plan de mantenimiento es necesario presentar una visión del estado del equipo de despacho de producto, durante el período de inducción en la empresa haciendo uso de la observación directa, la revisión de estudios técnicos manteniendo diálogo constante con el equipo natural de trabajo, se logro elaborar las tablas representativas de la descripción y reporte de fallas del cargador de telescópico urea y sus partes evaluadas, las características, observación y la condición o estado de funcionamiento.

5.12.5- Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos Críticos del Cargador Telescópico de Urea.

Con la observación directa sobre la operación del mecanismo al momento de la descarga de producto, y con la ayuda del equipo natural de trabajo, se pudo conocer el contexto operacional de los elementos críticos del cargador telescópico de urea para así poder definir el funcionamiento e instalación así como el funcionamiento del tubo telescópico, es decir, los equipos críticos permite identificar las desviaciones en el descarga de materia prima.

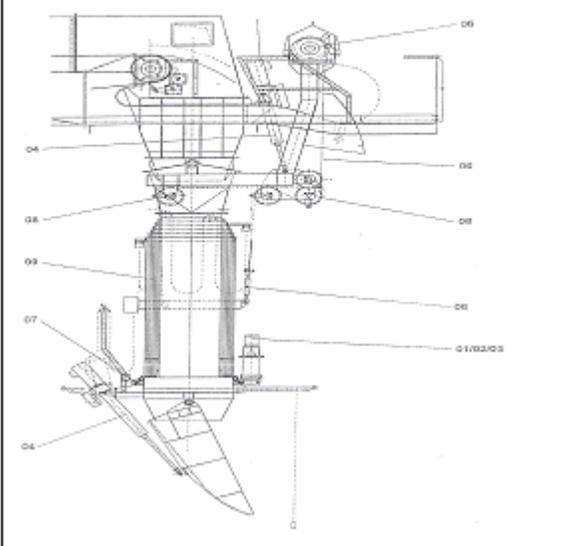
De esta manera, lo que se desea proponer en este capítulo es un plan de mantenimiento que permita la interrelación entre los diferentes departamentos involucrados en el mantenimiento preventivo e incrementar la

efectividad de la gestión de mantenimiento de la gerencia responsable de la operatividad del muelle. A continuación se muestra el plan de mantenimiento.

 Pequiven <small>INDUSTRIAS</small>	SURTIDOR DE CARGA TELESCÓPICA		Equipo de Trabajo:	Recopilado por: Pedro M. Bastidas C.
	Mantenimiento:		Fecha de Inicio:	Supervisor de Turno:
	Programado <input type="checkbox"/>	Observaciones:		
	Emergencia <input type="checkbox"/>		Fecha de Culminación:	
Rutina <input type="checkbox"/>				
Permiso: Frio <input type="checkbox"/> Caliente <input type="checkbox"/>	Aprobado Por:			Página: 1 de 8
INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
LOCALIZACIÓN	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	MODOS DE FALLA
A	1	SISTEMA DE TRASLACION		
B	1	SISTEMA DE INCLINACIÓN		
C	1	SURTIDOR DE CARGA TELESCÓPICO		
D	1	SISTEMA DE GIRO		
E	1	BRAZO TRANSPORTADOR DE ENLACE		

 Pequiven	SURTIDOR DE CARGA TELESCÓPICA		Equipo de Trabajo:	Recopilado por:
	Mantenimiento:		Fecha de Inicio:	Pedro M. Bastidas C.
	Programado <input type="checkbox"/>	Observaciones:		Supervisor de Turno:
	Emergencia <input type="checkbox"/>			
Retia <input type="checkbox"/>	Fecha de Culminación:			
Permiso: Frio <input type="checkbox"/> Caliente <input type="checkbox"/>	Aprobado Por:		Página: 2 de 8	
INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				

	SURTIDOR DE CARGA TELESCÓPICA		Equipo de Trabajo:	Receptor por:
	Fecha de Inicio:		Fecha de Inicio:	Pedro M. Balleza C.
Programado <input type="checkbox"/> Emergencia <input type="checkbox"/> Rutina <input type="checkbox"/>	Observaciones:		Supervisor de Turno:	
Permiso: Frio <input type="checkbox"/> Caliente <input type="checkbox"/>			Fecha de Culminación:	
Aprobado Por:	INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			Página: 3 de 8



The technical drawing shows a side view of a telescopic loading dispenser. It features a vertical cylindrical tank with a telescopic arm extending from the top. The arm is supported by a complex mechanical structure with rollers and pulleys. Numbered callouts (01-08) identify specific parts: 01 points to the top roller assembly, 02 to the telescopic arm, 03 to the support structure, 04 to the base rollers, 05 to the tank body, 06 to the bottom rollers, 07 to the base plate, and 08 to the bottom support structure.

	SURTEOR D E CARGA TELESCÓPICA		Equipo de Trabajo:		Recepción por:
	Reservorio n.º:		Fecha de Inicio:		Andro M. Masada C.
	Programado <input type="checkbox"/>	Observaciones:	Fecha de Culminación:		Supervisor de Trabajo:
	Emergencia <input type="checkbox"/>				
Ruina <input type="checkbox"/>					
Permita: <input type="checkbox"/> Frio: <input type="checkbox"/> Caliente: <input type="checkbox"/>	Aprobado Por:				Página: 4 de 8
INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Ver Plano 3 de 8	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	TIEMPO DE ACTIVIDAD		
			ACTIVIDAD	INTERVALO	ORDEN ACCIÓN
01	Motor	Rodamiento de rodillo Temperatura Comedera silenciosa Junta de embalsameo Tapa ventilador Fuente eléctrica Área del equipo	C Ch Ch Ch/Lin Ch/Lin Ch/Lin Ch	H=1500 S S S S S	RD=OLLDRN
02	Reductor de engranaje	Comedor silencioso Aceite Nivel aceite Fuga Temperatura Agua	Ch C Ch Ch Ch Ch	H=1500 D D D D Aba 6 meses	RD=OLLDRN
03	Accionamiento	Arranque flexible Atención Área del equipo	Ch Ch Ch	S M M	RD=OLLDRN
04	Unidad agua	Rodamiento de cilindro	Ch	Abas 6 meses	RD=RACO
05	Unidad sistema	Rodamiento	Ch	Abas 6 meses	RD=OLLDRN
06	Cable de acero	Área del equipo Avaría	Ch Ch	M M	RD=OLLDRN
07	Copete de hilo para eje	Área del equipo Arreglo Logranje del arreglo	Ch Ch/L Ch/R/L	M H=500 S	RD=HDCCH ROT L LROE
08	Plata de apoyo para el cable acero	Atención Rotación Reducción	Ch Ch L	M M H=500	
Los intervalos aplicados a 24 horas de operación por día					
L*	Lubricación		D*	Días	H= Horas de operación.
S*	Chequeo		S*	Semanal	M= Marca para realizar mantenimiento.
Lm*	Limpieza		M*	Minutos	
C*	Cambio		A*	Anual	

	SURTIDO DE CARGA TELESCÓPICA		Equipo de Trabajo:		Recopilado por: Pedro M. Usasoa C.	
	Botón de rto.:		Fecha de Inicio:		Supervisor de Turno:	
	Programado: <input type="checkbox"/>	Observaciones:	Fecha de Culminación:			
Permito: Frio <input type="checkbox"/> Caliente <input type="checkbox"/>	Emergencia: <input type="checkbox"/>					
Aprobado Por:		INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			Página: 3 de 8	
Ver Plano 2 de 8	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	TIEMPO DE ACTIVIDAD			CÓDIGO VALOR
			ACTIVIDAD	INTERVALO	CÓDIGO VALOR	
66	Cargador Telescópico	Revisión del equipo Daño Uso Material adherente	Ch Ch Ch Ch/Lin	M S S S	RD-HOCH	
66	Sepepe de goma flexible	Daño del equipo Uso	Ch Ch	M S	RD-HOCH	
Los intervalos aplicados a 24 horas de operación p.p. o día:						
L*	Lubricación		D*	Diario	H*	Horas de operación
Ch*	Chequeo		S*	Semanal	HL*	Marca para realizar mantenimiento
Lin*	Limpieza		M*	Mensual		
C*	Cambio		A*	Anual		

 Pequiven	SURTIDOR DE CARGA TELESCÓPICA		Equipo de Trabajo:	Recopilado por: Pedro M. Bastidas C.	
	Mantenimiento:	Observaciones:	Fecha de Inicio:		
Permiso: Frío <input type="checkbox"/> Caliente <input type="checkbox"/>	Programado <input type="checkbox"/> Emergencia <input type="checkbox"/> Rutina <input type="checkbox"/>		Fecha de Culminación:	Supervisor de Turno:	
Aprobado Por:	INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			Página: 7 de 8	
Ver plano 3 de 8	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE ACTIVIDAD		
			ACTIVIDAD	INTERVALO	OBSERVACIONES
05	Winche de cuerda	Fuente eléctrica Chequear freno, a la función adecuada si es necesario ajústelo Chequear frenos, a la función adecuada si es necesario ajústelo. <i>Engranaje planetario:</i> Aceite Nivel aceite y propiedades <i>Tambor y cuerda:</i> Dispositivo limite de engranaje Segundo periodo <i>Cuerda:</i> Dañado Anexo del equipo Componentes eléctrico	Ch Ch Ch C Ch Ch Lim L Ch Ch Ch	A A H ₀ = 1500 A/H ₀ =1000 A S A A H ₀ =2500	RE=ZOLLERN
06	Cuerda de enlace	Anexo del equipo Batería descargada Función Fuente	Ch C Ch Ch	M S S	
07	Empaque de rodamiento de bola	Anexo del equipo Arranque Engranaje	Ch Ch/L Ch/Lim/L	M H ₀ =50 S	RE=HOESCH ROTE ERDE
08	Manga de cuerda con soporte	Anexo del equipo Rotación Buje	Ch Ch L	M M H ₀ =1500	
Los intervalos aplicados a 24 horas de operación por día: L= Lubricante Ch= Chequeo Lim= Limpieza C= Cambio D= Diario. S= Semanal M= Mensual A= Anual H ₀ = Horas de operaciones RE= Marca para realizar reemplazo					

 Pequiven <small>Repuestos Industriales S.A.</small>	SURTIDOR DE CARGA TELESCÓPICA		Equipo de Trabajo:		Recopilado por: Pedro M. Bastidas C.
			Mantenimiento:		
Permiso: Frío <input type="checkbox"/> Caliente <input type="checkbox"/>	Programado <input type="checkbox"/> Emergencia <input type="checkbox"/> Rutina <input type="checkbox"/>			Fecha de Culminación:	Supervisor de Turno:
Aprobado Por:	INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				Página: 8 de 8
Ver plano 3 de 8	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE ACTIVIDAD		
			ACTIVIDAD	INTERVALO	OBSERVACIONES
09	Chorro telescópico	Anexo del equipo Daño Uso Material adherente	Ch Ch Ch Ch/Lim	M L L L	RE=KOCH
09	Limpiador de goma	Anexo del equipo Uso	Ch Ch	M L	RE=DEMAG
Los intervalos aplicados a 24 horas de operación por día:					
L= Lubricante. Ch= Chequeo. Lim= Limpieza. C= Cambio.	D= Diario. S= Semanal. M= Mensual. A= Anual.	H _o = Horas de operaciones. RE= Marca para realizar reemplazo.			

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de la recopilación de información, las Metodologías de análisis aplicadas durante la investigación, el empleo del ACR, Análisis Metalográfico, Cálculos en el Sistema de Izamiento, Montaje experimental de las eslingas sintéticas y diseño de un Plan de Mantenimiento para equipos críticos del sistema telescópico de urea, se concluyó lo siguiente:

El tobogán telescópico se extiende y se retrae en un polipasto de izamiento de diseño compacto con tres guayas salientes. Donde se dificulta la operación debido al riesgo de desprendimiento producido por las roturas de las guayas.

Sin la operación de los movimientos retráctiles del tubo telescópico, se hace difícil el proceso de descarga a las embarcaciones, de elevada pericia a medida que se incrementa la carga y de llenado irregular en los ángulos desfavorables de las bodegas de las embarcaciones.

Con la ayuda del equipo natural de trabajo se realizó la construcción del árbol lógico, a través de la metodología de mantenimiento Análisis Causa Raíz de las Fallas y se obtuvo como resultado que el elemento más crítico del sistema son los cables de izamiento.

Durante el análisis metalográfico se observó que la guaya sufre deformaciones en la zona crítica donde existe acumulación de capas corrosivas y picaduras presentes entre cada torón, es allí donde aparece los torones con deformación plástica por encuellamiento que originan un

alargamiento longitudinal progresivo que culmina con la ruptura de los hilos de la eslinga metálica (guaya).

El sistema de izamiento del cargador telescópico de urea, actualmente no cumple con diseño original de la variación de la extensión de sus camisas tubulares, dando origen a cuatro paradas no programadas, en un periodo de dos años.

Al retirar la carga de la eslinga sintética, está volvió a su estado original; siempre y cuando la carga no estuviese cercano a 550 psi donde el material se hilacha en la juntas de sujeción producto de la fricción con la muelas creando una zona de desgaste en las juntas hasta romperse totalmente.

Se registró un decrecimiento de la carga de trabajo de la eslinga sintética de poliéster desde un valor teórico de 571,014 psi hasta uno menor de 550 psi obtenido durante el ensayo bajo forma vertical; por un período de 30 días, producto de la aplicación de la solución acuosa.

La eslingas sintética sugerida para el sistema de seguridad EE2- 93, ancho de 3 pulgadas de Carga en Vertical Sencilla de 3000 kgf. Según catalogo recomendado.

El cable recomendado a usar según el catálogo es: Cable Acero, Galvanizado, BARRACUDA 6X25 AA- AMG, Clase 170, Diámetro 11,11 mm por 24 metros, con una Resistencia de Ruptura 7.425 kg.

Una guaya que posea torones o cordones fabricados con pocos alambres gruesos tendrá mayor resistencia a la abrasión y poca a la fatiga,

mientras que una guaya que posea muchos alambres finos será más resistente a la fatiga y menos resistente a la abrasión.

La carga máxima de falla calculada para el gancho es 7551,80 kg y con la selección de la Norma DIN 689 tiene una sobredimensión respecto a la carga de operación, 4000 kg. El valor máximo de falla es superada y el gancho no alcanzará la falla, lo cual establece al diseño como satisfactorio.

Al comparar la potencia calculada de $P= 32.366,75$ Hp, con respecto a la potencia nominal del motor del guinche 71.620 Hp, la potencia calculada resulta menor en magnitud que la de operación de salida del motor bajo operación.

El torque máximo transmitido por el tambor es de 3.642,18 kg/cm y en cada extremo es de 1.8221,09 kg-cm.

Conociendo el diámetro del cable y tensión máxima en cada ramal de la guaya se pudo conocer el diámetro de la polea seleccionada de 436,14 mm.

El canal de la polea seleccionada es igual diámetro que el cable.

Se determinó que el mantenimiento que se venía realizando al de equipo de izamiento sólo abarcaba la parte correctiva sin tomar en cuenta la planificación y todos los problemas que esto conlleva a la producción.

El plan de mantenimiento preventivo propuesto permite la interrelación de los diferentes departamentos involucrados en el mantenimiento e

incrementa la efectividad de la gestión de mantenimiento de la gerencia responsable de la operatividad del muelle.

Se hizo necesario la elaboración de un diagrama donde se detalle el procedimiento a seguir para llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo de los equipos que conforman el sistema de izamiento.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a la revisión bibliográfica, el diagnóstico elaborado y los objetivos propuestos se llegó a los resultados que originaron las conclusiones y se obtuvieron las siguientes recomendaciones:

Se recomienda el cambio de los cables de acero negro del tipo MAMUT 6x25 utilizados en el sistema de izamiento, por el cable galvanizado del tipo BARRACUDA 6x25, clase 170 y de resistencia 7.425 kg; que ofrece mayor propiedad anticorrosivas, mayor cantidad de torones en la parte externa de la guaya.

Es recordable el cambio de los lubricantes para engranajes; por uno especialmente diseñado para guayas, Texaco 904 Grasas especial para la preservación del los cable.

Implementar el plan de mantenimiento preventivo propuesto.

Realizar talleres de capacitación dirigidos al personal de mantenimiento con el objetivo de dar a conocer todo lo relacionado al de plan de mantenimiento propuesto.

Utilizar el estudio de criticidad y análisis de fallas, de forma periódica, sirviendo como información para mantener un stock de repuestos, materiales y herramientas en almacén, de tal forma que no se vean afectadas las actividades de mantenimiento y no incurrir en costos excesivos.

Mejorar la forma en que el personal lleva la recolección y almacenamiento de los datos de fallas y reparaciones, de manera de disponer de un buen historial de funcionamiento y realizar cálculos más confiables.

Utilizar la mayoría de los materiales y equipos seleccionados existen en la empresa, lo que conlleva a una reducción de los costos de fabricación del sistema.

Mantener activo el Equipo Natural de Trabajo para definir una estrategia a corto, mediano y largo plazo que permita reducir fallas y los niveles de criticidad del equipo evaluado, para de esta forma aprovechar los recursos disponibles.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

[1]. Koch, Inc. "Manual de Operaciones Proyecto Muelle Petroquímico Jose". Consorcio IPWT. Anzoátegui, Venezuela, (1997).

[2]. Sánchez, R. "Estudio Técnico para el Incremento de la Tasa de Carga de Urea, en el Muelle Petroquímico Jose". Informe de Pasantías, Universidad de Oriente (2003).

[3]. Granados, N, J. "Rediseño de los Arbotantes de los Ejes de Propulsión de las Lanchas Patrulleras Tipo "Halter Marine" de la Guardia Nacional de la República Bolivariana de Venezuela" Informe de Pasantías, Universidad de Oriente (2003).

[4]. Reina, P. "Rediseño del Sistema de Accionamiento de las Compuertas tipo Jaibas en la Estación Cargadora de Vagones de la Empresa Bauxilum C.A". Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui (2004).

[5]. Cova, J."Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos Móviles de Elevación y Transporte". Universidad de Oriente (2004).

[6]. Guerra, J. "Diseño de un Sistema de Recuperación de Urea Rebosada Durante el Proceso de Granulación de una Planta Urea". Universidad de Oriente (2006).

[7]. Guerrero, J. Y Salazar, O. "Plan de Protección Integral del Muelle Petroquímico de Jose (PEQUIVEN)". Venezuela, Marzo (2002).

[8]. Enciclopedia ASM. “Corrosión”, ASM International (American Society for Materials), Quinta Edición volumen. 13, Página Web.: www.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n. (1996).

[9]. Manual 2: “Centro Nacional Para El Desarrollo del Acero Inoxidable, A.C.” Av. Industrias No. 4090 Zona Industrial 1ª. Sección. E-mail: capacitacion@cendi.org.mx y www.cendi.org.mx, (2004).

[10]. Shigley E. Joseph, Mischke C. “**Diseño en Ingeniería Mecánica**”. (6^{ta} ed) Editorial Mc. Graw Hill. Impreso en México. Págs. 130 – 132, (2002).

[11]. Avner, Sidney H. “**Introducción a la Metalurgia Física. Segunda Edición**”. Mc Graw- Hill. México S.A. (1990).

[12]. **Bravo, L.** “*Fundamentos de Mantenimiento*” **Guía Educativa, U.D.O., Barcelona, (2005).**

[13]. Navas, D, “**Cuadernos Sobre Mantenimiento, Postgrado En Ingeniería de Mantenimiento**”, Universidad De Los Andes (1995). Pág. 68.

[14]. Buscar en internet: “**Definiciones de Mantenimiento**”. Venezuela, (2007). Disponible en: <http://www.Atlasoco.com/calidad.html>, **Página.**

[15]. LAGOVEN, S.A. “**II Congreso de Izamiento de Carga en Venezuela. Certificación, Normalización y Entrenamiento**”. Organizado por Corpo CAF, C.A y CIED filial de P.D.V.S.A., Puerto La Cruz, Marzo (1997).

[16]. Faires, V.; **"Diseño de Elementos de Máquinas"**. Editorial Montaner y Simón S.A., 4^{ta} Edición, España, (1977).

[17]. **"Correas Transportadoras, Selección, Usos y Aplicaciones"**. Goodyear, Caracas, Venezuela, (1990).

[18]. Mott, R., **"Diseño de Elementos de Máquinas"**. Editorial Pretice Hall Hispanoamérica S.A., 2^{da} Edición, Méjico (1995).

[19]. Ag Continental Litoral Caribe, Ltda. **"Guayas ó Cables de Aceros. Catalogo Técnico"**. Editorial Ag. 1^{ra} Edición. Barraquilla, (2006).

Disponible en: <http://www.agcontinental.com>

[20]. Norma COVENIN, 3174:2000. **"Equipos de Izamiento. Mantenimiento y Pruebas"**. FONDONORMA N° 2000-11. 1^{ra} Revisión. Venezuela, (21/11/2000).

[21]. Medina J. **"Apuntes de Máquinas de Elevación"**. FONDONORMA N° 1983. Venezuela, (1983).

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL

Avallone, E. Y Baumeister III, T., **"Manual del Ingeniero Mecánico"**, Editorial Mc Graw- Hill, 9na Edición, Méjico, (1995).

(CN) Bonilla de la Corte. A., **"Teoría del Buque"**. Editorial Madrid. España.

"Folletos informativos", consorcios Tecnoconsult & Olitanking, 2000, Venezuela.

Hernández, R. Y Fernández, C. **Metodología de la investigación**. Cuarta edición. McGraw-Hill Interamericana, S.A. Méjico, (2006).

Hodson, W. **Manual del ingeniero industrial. Cuarta edición**. Mc Graw-Hill Interamericana, S.A. México, (1996).

Niebel B y Freivalds, A. **"Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares Y Diseño del Trabajo"**. Editorial Alfaomega Grupo Editor, S.A. México. (2001).

"Operación, Mantenimiento y Condiciones Ambientales para Embarque de la Urea". PEQUIVEN S. A. Venezuela, (2007).
Disponible en: <http://intranet/default.aspx>

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	REDISEÑO Y PROPUESTA DE MEJORAS DEL TUBO TELÉSCOPICO DEL CARGADOR DE BARCOS EN LAS INSTALACIONES DEL MUELLE PETROQUÍMICO DE JOSE
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Bastidas C. Pedro M	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

PROPUESTA

MEJORA

TELÉSCOPICO

TUBO

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADA	ING.MECANICA

RESUMEN (ABSTRACT): El objetivo principal de la investigación se centró en el rediseño y una propuesta de mejoras del Tubo Telescópico, motivado por el desprendimiento y fallas del mecanismo de izamiento, afectando las operaciones normales necesarias para el despacho de urea, por lo que se hizo necesario describir en profundidad las condiciones actuales del sistema operacional del surtidor telescópico. La herramienta de análisis Causa-Raíz (ACR), permitió definir las acciones necesarias para solucionar el problema. Para el desarrollo del ACR, se realizó un análisis metalográfico para identificar el mecanismo de deterioro de las guayas, adicionalmente; fue necesario realizar los cálculos analíticos de esfuerzos del sistema que permitieron la verificación de los parámetros originales de diseño; la propuesta de modificación constó en sugerir: reemplazo de cable de acero anticorrosivo, de elevada resistencia a la fatiga y de mayor esfuerzo de ruptura, agregar eslingas paralelas sintéticas de seguridad y sugerir un lubricante especial para guayas. Por lo tanto resultaría satisfactorio para usar en el reemplazo 6X25AA-BARRACUDA, diámetro 11,11 mm, galvanizado. Al cambiar el cable de acero es necesario reemplazar las poleas según norma DIN 15059. Al cambiar los elementos antes descritos se debe sustituir el eje fijo de la polea con el material AISI 1045, hierro dulce, laminado simple manteniendo las dimensiones originales de los elementos. Se elaboró un plan de mantenimiento a los equipos críticos para implementación y corrección de las fallas por las cuales se inició esta investigación.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Estaba Richard	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
López José	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
Franco Antonio García Carmen	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009	03	23
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. REDISEÑO Y PROPUESTA.DOC	Application/ Word ms

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E
F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s
t u v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .

ALCANCE:

ESPACIAL: REDISEÑO Y PROPUESTA DE MEJORAS DEL TUBO
TELÉSCOPICO DEL CARGADOR DE BARCOS EN LAS INSTALACIONES DEL
MUELLE PETROQUÍMICO DE JOSE.

TEMPORAL: 1 AÑO

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

ING-MECANICO

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-grado.

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Mecanica

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**DERECHOS**

De acuerdo al artículo n° 44 del reglamento de trabajos de grado:

“los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la universidad y sólo podrán ser utilizados con otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participa al Consejo Universitario”

Pedro Miguel Bastidas Cáceres

AUTOR

Estaba Richard

Franco Antonio

García Carmen

TUTOR

JURADO

JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS