

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE
ELEVACIÓN Y TRANSPORTE DE CARGA
SEGÚN FRECUENCIA DE OPERACIÓN Y TIPO
DE TRABAJO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

JIMY PAUL JULCARIMA ROMERO

Callao, Marzo 2018

PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

ACTA DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE
SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo, las 10:02:00 AM horas del día 24 de marzo del 2018 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los Informes Finales del I curso taller: para titulación por modalidad de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional, designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 017-2018-CF-FIME de fecha 07/03/2018, conformado por los siguientes docentes:

Presidente : Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
Secretario : Mg. RUBEN FRANCISCO PEREZ BOLIVAR
Vocal : Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
Suplente : Dr. PABLO MAMANI CALLA

Así mismo, contando con la presencia de la Dra. Ana Mercedes León Zarate - Vicerrectora de investigación de la Universidad nacional del Callao (Supervisora General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad) y el Eco. Guillermo Alonso Gallarday Morales Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos).

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la Directiva de curso taller: Para titulación por modalidad de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución de Consejo de Facultad N° 130-2017-CF-FIME de fecha 12/10/2017, concordante con la Resolución de Consejo Universitario N° 135-2017-CU de fecha 22/06/2017, y por Resolución de Consejo Universitario N° 309-2017-CU de fecha 24/10/2017.

Se procede con el acto de exposición del Informe de Suficiencia Profesional titulado: "MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE DE CARGA SEGÚN FRECUENCIA DE OPERACIÓN Y TIPO DE TRABAJO", presentado por el bachiller **JULCARIMA ROMERO, Jimmy Paul**, contando con el asesoramiento del **Msc. Ing. ORDOÑEZ CÁRDENAS GUSTAVO**.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado de exposición, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación.

Este jurado acordó calificar al bachiller **JULCARIMA ROMERO, Jimmy Paul**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico** por Modalidad de Exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
17 (DIECISITE)	MUY BUENO

Con lo que se da por concluido el acto, siendo las 10:24:00 AM horas del sábado 24 de marzo del 2018.

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
PRESIDENTE DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

Mg. RUBEN FRANCISCO PÉREZ BOLIVAR
SECRETARIO DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
VOCAL DEL JURADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Oficina de Secretaría General

Abog. Lys Alfonso Cuadros Cuadros
Secretario General (e)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
OFICINA DE SECRETARÍA GENERAL
EL SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO que suscribe, CERTIFICA: Que la presente es copia fiel del original. Se expide la presente certificación a solicitud del (a) interesado (a) para los fines que juzgue conveniente
Callao, 14 JUN 2021 del 20.....

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres que desde muy joven incentivaron en mi vocación por esta gran carrera y a mi esposa e hijos que con su apoyo constante hicieron posible terminar este trabajo

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo fue realizado en gran parte por los conocimientos adquiridos en el transcurso de mi vida universitaria por tal motivo quiero agradecer a mi alma mater la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO** por haberme acogido en sus aulas y darme la oportunidad de estudiar y terminar esta prestigiosa y hermosa carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA**, a los profesores que con su experiencia, sapiencia y motivación me formaron como profesional y persona para seguir en el ámbito profesional en especial al Mg. Jaime Gregorio Flores Sánchez que con sus bromas y consejos me motivaba a seguir esforzándome día a día en este camino de aprendizaje, a mi asesor el Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas por su entrega y apoyo en las asesorías que impartía, a mis amigos y colegas de trabajo que no dudaron en ayudarme a resolver las dudas que siempre salen en el trabajo, y quisiera mencionara un gran amigo y colega de trabajo que siempre estuvo apoyándome en muchos aspectos el Ing. Fernando Quispe, gracias por todo en realidad son muchas personas a los que quisiera agradecer, a todas ellas muchas gracias, Dios los bendiga.

ÍNDICE	
ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRAFICOS.....	2
INTRODUCCIÓN	3
I. OBJETIVOS.....	4
II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	5
III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA	6
IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA.....	6
4.1 DESCRIPCIÓN DEL TEMA... ..	6
4.2 ANTECEDENTES.....	7
4.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA... ..	21
4.4 JUSTIFICACIÓN.....	21
4.5 MARCO TEÓRICO... ..	22
4.6 FASES DEL PROYECTO	81
V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO... ..	101
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
VII. REFERENCIALES	110
VIII. ANEXOS Y PLANOS	111

ÍNDICE DE TABLAS FIGURAS Y GRAFICOS

TABLA 4.1	32
TABLA 4.2	34
TABLA 4.3	35
TABLA 4.4	36
TABLA 4.5	43
TABLA 4.6	50
TABLA 4.7	58
TABLA 4.8	70
TABLA 4.9	78
TABLA 4.10	80
TABLA 4.11	80
TABLA 4.12	81
TABLA 4.13	88
TABLA 5.1	103
TABLA 5.2	104
TABLA 5.3	104
TABLA 5.4	105
TABLA 5.5	106-107
TABLA 5.6	108
TABLA 5.7	108
TABLA 5.8	109-110

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

FIGURA 4.1	15
FIGURA 4.2	15
FIGURA 4.3	16
FIGURA 4.4	18
FIGURA 4.5	21
FIGURA 4.6	25
FIGURA 4.7	26
FIGURA 4.8	26
FIGURA 4.9	27
FIGURA 4.10	28
FIGURA 4.11	28
FIGURA 4.12	41
FIGURA 4.13	42
FIGURA 4.14	43
FIGURA 4.15	45
FIGURA 4.16	55
FIGURA 4.17	74
FIGURA 4.18	89
FIGURA 4.19	90
FIGURA 4.20	90
GRÁFICO 4.1	34-35
GRÁFICO 4.2	57

INTRODUCCIÓN

El Perú, un país de crecimiento económico potencial donde conviven e interactúan una gran variedad de industrias las cuales debido a sus altas rotaciones de materiales buscan una forma eficiente para la manipulación de materiales, insumos y/o productos elaborados, lo cual hace a los equipos de izaje una eficiente y muy importante herramienta para elevar y movilizar todo tipo de materiales ya sea en los almacenes, talleres de mantenimiento o en una línea de procesos o producción. Hoy en día existen una gran variedad de equipos de izaje desde la grúa monorriel hasta una grúa pórtico las cuales dependiendo del grado de protección de sus componentes eléctricos y mecánicos se pueden usar en distintos tipos de ambientes; pero a pesar de ser un equipo importante en la industria la mayoría de las empresas no le brindan un mantenimiento apropiado, haciendo que el tiempo y el trabajo al que se encuentran sometidos lo deterioren más rápidamente haciendo por consiguiente que su vida útil se reduzca drásticamente, a esto se suma la incorrecta forma de elegir, al momento de comprar, dicho equipo que hace trabajar a los equipos de izaje en áreas para las cuales no fueron diseñadas.

Este trabajo recopila la información de varios años de experiencia donde se inspecciono, se repotencio y se mantuvo a diferentes equipos de izaje, los cuales después de constantes intervenciones se redujo los tiempos de paradas intempestivas aumentando la eficiencia, con un mantenimiento óptimo según el área al que estaban expuestas además se adecuo cada equipo de izaje según las leyes nacionales y Normas internacionales vigentes.

I. OBJETIVO

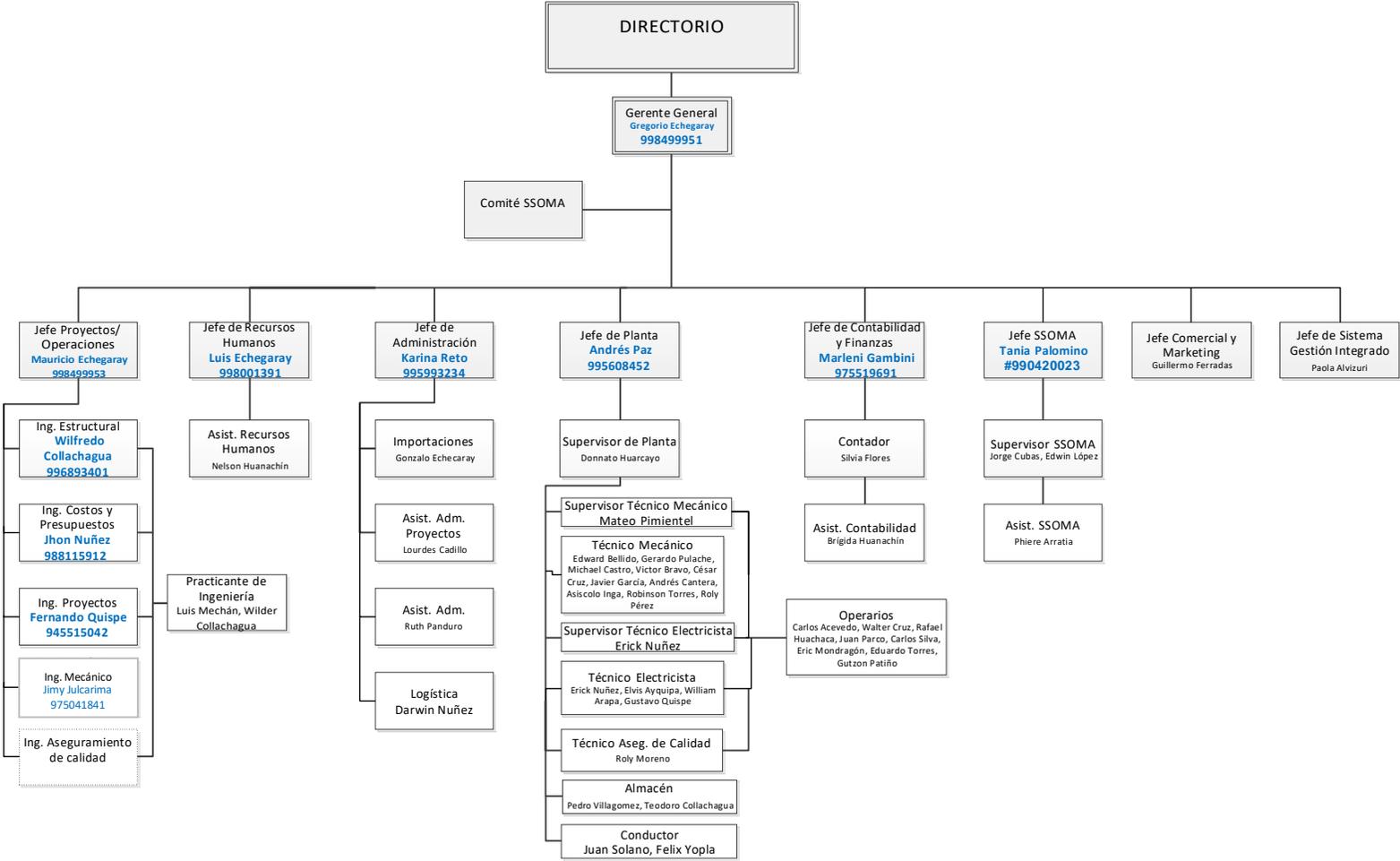
1.1 Objetivo general

- Realizar un plan de mantenimiento que mejore la disponibilidad de los equipos de elevación y transporte.

1.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el plan de mantenimiento actual
- Desarrollar un procedimiento adecuado para mejorar la gestión del mantenimiento de los equipos de elevación y transporte
- Identificar los factores condicionantes que afecten en la elaboración de un plan de mantenimiento en plantas industriales

II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN



III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA

GMI SRL. Es una empresa que desde 1993, está dedicada a la elaboración y ejecución de Proyectos Electromecánicos, Montaje, Instalación y Reparación de Grúas Puente de todas las capacidades y marcas, Grúas Móviles, Grúas Pórtico, Monorraíles, Polipastos a Cable y Cadena, Instalación de vigas carrileras, Control Remoto o Radio Control, Cables de izaje, Cables festoon, Sistema de Electrificación y otros. Así mismo, brindan servicios de Mantenimiento Preventivo, Predictivo-Correctivo y Mantenimiento Integral (Overhaul).

También Certifican la Operatividad de las Grúas y realizan cursos de entrenamiento y posterior certificación a los Operadores y Riggers.

Todo su equipo de trabajo recibe entrenamiento constante en entidades de diversos países (México, E.E.U.U. España, Brasil).

Es una empresa dedicada a la ingeniería del mantenimiento, montaje de equipos de elevación de carga pesada (Grúas Puente) y fabricación de estructuras para Grúas. Cuentan con un gran taller, con todos los recursos necesarios para fabricar equipos grandes y complejos. Su personal altamente capacitado incluye Ingenieros Mecánicos, Eléctricos, Industriales y de seguridad secundados por técnicos y operarios altamente especializados.

IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA

4.1 Descripción del tema

Los equipos de elevación y transporte (izaje) son una herramienta que hoy en día se ha convertido en una gran ayuda para trabajos de manipulación de cargas en lugares específicos (almacenes, procesos de manufactura, en línea de producción, etc.), pero a pesar de la gran ayuda que representa en los trabajos industriales están un poco olvidadas pues no les dan la atención necesaria, además, el plan de mantenimiento al que están sometidos no es el adecuado y solo limitándose a realizar cambio de piezas cuando fallan olvidándose de la lubricación que algunas partes merecen, además que en muchas empresas no es tomado en cuenta muchos factores de vital importancia para su operación que hace que esos equipos se deterioren o su ciclo de vida se vea afectada acortándose de lo inicialmente establecida provocando paradas intempestivas, en el mejor de los casos, y a veces llegando, estas fallas, a convertirse en accidentes que van desde primeros auxilios hasta la muerte de las personas involucradas o no en el trabajo con estos equipos. Lo que se busca este trabajo es encontrar y garantizar un mantenimiento eficaz de acuerdo al uso y al ambiente a la que están expuestas además de enseñar pautas para la correcta selección de dichos equipos.

4.2 Antecedentes

Historia De Las Maquinas Transportadoras

Ya en la antigüedad se llevaban a cabo trabajos de construcción vinculados con la elevación y desplazamiento de grandes cargas, por ejemplo la construcción de las pirámides egipcias.

El desarrollo del comercio, navegación, la industria minera y metalurgia ayudaron a perfeccionar las máquinas de elevación y a ampliar la esfera de su aplicación.

Una de las principales herramientas de transportes de materiales usadas hasta el día de hoy es Cinta transportadora.

Las primeras cintas transportadoras conocidas fueron usadas en el siglo XIX y fueron usadas e inventadas por trabajadores que necesitaban mover grandes cargas de un sitio a otro.

Todo este primer boceto era muy básico y con materiales no tan útiles para la industria, como cintas de cuero o lonas, así como el uso de cintas de goma que deslizaba a través de una tabla de madera, la cual no podía sostener tanto peso en el transcurso y por eso las distancias eran cortas.

Los departamentos de calidad no aprobaban con éxito este proceso, pero dio pie a la ingeniería para aprobar las cintas transportadoras como un método viable económicamente, así como seguro para transportar materiales de un lugar a otro, independientemente si no se hacía en ese momento.

En el siglo XIX se establecieron las primeras cintas transportadoras y específicamente, en 1901, la empresa sueca Sandvik se encargó de inventar y producir las primeras cintas transportadoras de acero, que son las más comunes por

la gran cantidad de peso que soportan y la distancia que pueden ofrecer en base a su costo básico.

Los métodos de transporte de la compañía conocida como H.C. Frick en 1920 fueron los que mostraron que las cintas también podían trabajar a distancias largas. Estas instalaciones se produjeron bajo tierra, la cual recorría aproximadamente 10 kilómetros de distancia y consistía en múltiples pliegues con algodón y una cubierta de goma normal, que eran materiales básicos para las cintas en ese momento.

Ya en el año 1913 el fundador de Ford Motor Company, Henry Ford, implemento una cadena de montaje que tenía como boceto principal las cintas transportadoras en las salas de instalación de su empresa.

En la Segunda Guerra Mundial, los materiales básicos para realizar cintas transportadoras prácticamente desaparecieron, haciendo que las industrias creadoras de goma se propusieran a crear material sintético para sustituir a los comunes.

Desde ese momento se han desarrollado una gran cantidad de materiales para aplicaciones específicas en las industrias, como las bandas con material antimicrobiano en el caso de las industrias alimentarias o bandas de resistencia para industrias que ameriten soportar altas temperaturas.

Actualmente, las cintas transportadoras tienen de todo tipo de características con respecto a su motor, acoplamiento, velocidad y sus materiales como rodillos o tambores. Los acoplamientos de alta velocidad son generalmente rígidos, elásticos o magnéticos, y van conectados directamente al motor reductor.

También están los acoplamientos de baja velocidad, que son generalmente elásticos en caso que la industria lo considere necesario, y en caso que no, irían conectados directamente al motor reductor como los de alta velocidad.

Además de estos materiales, las cintas de transporte han ido avanzando en la historia hasta en el apartado de seguridad, donde realizan protecciones en todos los lugares donde haya transmisiones y riesgos.

Además de las cintas transportadoras existen otros tipos de maquinaria para transportar materiales como los montacargas, carretillas elevadoras, o los equipos de izajes que se utilizan para levantar y llevar objetos pesados de un lugar a otro. Primero llegaron bajo la forma de elevadoras a fines de los 1800 y han continuado desarrollándose durante los últimos dos siglos. El avance en los montacargas fue impulsado cuando la Primera Guerra Mundial creó la necesidad de un instrumento que podría trabajar en la ausencia de hombres y de energía. La mayoría de los montacargas utilizan las ruedas posteriores para dar la vuelta porque éstas le dan al operador un control más fácil. Son generalmente bastante pesados para proporcionar la estabilidad necesaria para llevar objetos pesados. El peso del montacargas puede también determinar lo que éste puede llevar en términos de peso.

Antes del advenimiento de los montacargas existían las elevadoras, que eran utilizadas para levantamiento y transporte. Las elevadoras estaban compuestas de cadenas y tornos sobre camiones plataforma de madera. Más adelante, los camiones de madera incorporaron motores eléctricos y baterías de tracción.

Durante la Primera Guerra Mundial, los camiones fueron producidos con una plataforma eléctrica que podría ser elevada o descendida. En 1917, Ransomes, Sims y Jeffries de Loswich creó la versión británica del camión plataforma, conocido como el camión Stevedoing tipo "B". Este diseño fue completado con ballestas en el frente para un viaje más suave y tenía una configuración de tres-ruedas. El camión operado a batería cimentó el camino para los continuos avances que eventualmente llegarían.

Las contribuciones de CLARK CO. Produjeron una máquina de tres-ruedas con el fin de transportar materiales alrededor de su fábrica. El tructractor, como fue llamado, funcionaba con un motor a gasolina y llevaba cajas en su portador metálico situado delante del conductor. Esta invención de 1917 atrajo bastante la atención de los visitantes que pidieron maquinaria similar para sus fábricas, Clark Co. también fue responsable por otros avances. El truclift de 1920 fue el primer camión con una elevación hidráulica. El towtractor, también conocido como el "Duat," desarrollado entre 1923 y 1924, fue la primera combinación real del montacargas y el camión. El camión eléctrico de mástil elevado de Yale Co. entró a la escena casi al mismo tiempo que el de Clark Co. Éste incluía una plataforma elevada que era capaz de levantar dos toneladas hasta una altura de 49 pulgadas (124 cm.). Éste fue considerado el primer montacargas, Yale Co. también produjo una serie de montacargas durante este tiempo. Estas invenciones incluyeron un camión plataforma de alta elevación con horquillas sujetadas a la parte frontal de la máquina. Los modelos de Yale, producidos a partir del año 1923, incluyen el Modelo K20, un alto y estrecho camión plataforma; el Modelo K21, un alto y ancho

camión plataforma; Modelo K22, un camión de uso general con una plataforma elevadora; el Modelo K23, una plataforma baja; y el Modelo K24, un tracto-camión de tres ruedas.

Yale Co. fue el responsable de producir el primer montacargas con una abrazadera montada en 1929; así como el diseño de horquillas al frente de un carro elevador en 1934. Los montacargas contienen una máquina motora con ruedas, la cual es propulsada por una fuerza de transmisión y un conjunto de transmisión. Pueden ser accionados por propano líquido, diésel, o gas. Los montacargas requieren de contrapeso, el cual es necesario para que la máquina levante objetos grandes y pesados con seguridad. El contrapeso es generalmente una masa de hierro que se sujeta a la parte posterior del motor.

Arquímedes (287-212 AC)

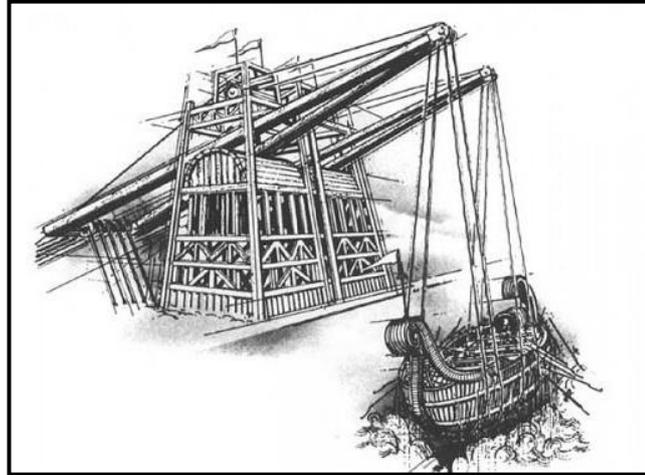
Fue el verdadero creador de la Mecánica teórica, Nació en Siracusa, Sicilia, y se educó en Alejandría, Egipto. En mecánica, Arquímedes asombró al rey Herón de Siracusa con los sistemas de palancas y de poleas que había ideado. Animado por la fuerza de su descubrimiento, afirmó que si habitara en otro mundo sería capaz de mover éste y, para demostrarlo, diseñó un conjunto mecánico mediante el cual fue capaz de hacer navegar sobre arena a un pesado barco mercante de la flota real con la sola fuerza de su brazo. También estableció las leyes de la palanca. Conocida es su famosa frase para hacer resaltar la aplicación de la palanca como máquina multiplicadora de fuerza: "Deduce un punto de apoyo y os levantaré el mundo". Desarrolló las poleas múltiples con las que también se puede levantar un cuerpo pesado con una fuerza pequeña. Durante su estancia en Egipto inventó el polipasto,

el torno, la rueda dentada, y el “tornillo sinfín” que se usaba para extraer el agua que había entrado a un barco.

Poleas: Una polea, es una máquina simple que sirve para transmitir una fuerza. Se trata de una rueda, generalmente maciza y acanalada en su borde, que con el curso de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal ("garganta"), se usa como elemento de transmisión para cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos. Además, formando conjuntos —aparejos o polipastos— sirve para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso.

La única nota histórica sobre su uso se debe a un autor desconocido, quien en su obra *Vidas paralelas* (100 a. c.) relata que Arquímedes, en una carta al rey Herón de Siracusa, a quien lo unía gran amistad, afirmó que con una fuerza dada podía mover cualquier peso e incluso se jactó de que si existiera otra Tierra yendo a ella podría mover ésta. Herón, asombrado, solicitó a Arquímedes que realizara una demostración. Ambos acordaron que el objeto a mover fuera un barco de la armada del rey, ya que Herón creía que éste no podría sacarse de la dársena y llevarse a dique seco sin el empleo de un gran esfuerzo y numerosos hombres. Según relata el autor, tras cargar el barco con muchos pasajeros y con las bodegas repletas, Arquímedes se sentó a cierta distancia y tirando de la cuerda alzó sin gran esfuerzo el barco, sacándolo del agua tan derecho y estable como si aún permaneciera en el mar.

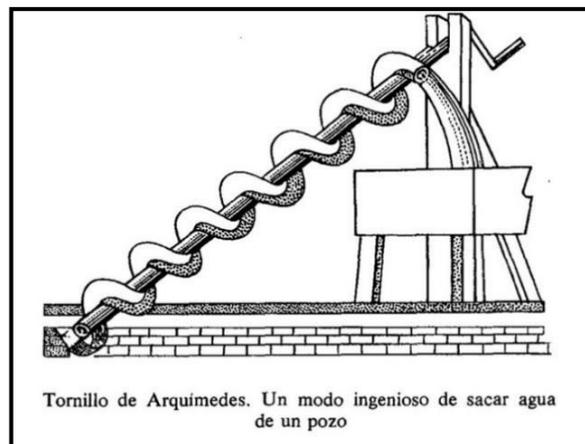
FIGURA 4.1
USO DE LA POLEA



Las fuentes de energía también han sido desarrolladas desde entonces, desde la energía a batería hasta la electricidad, el propano y el gas natural comprimido. Con probabilidad, fabricantes utilizarán pilas de combustible de hidrógeno para propulsar a las máquinas en un futuro próximo.

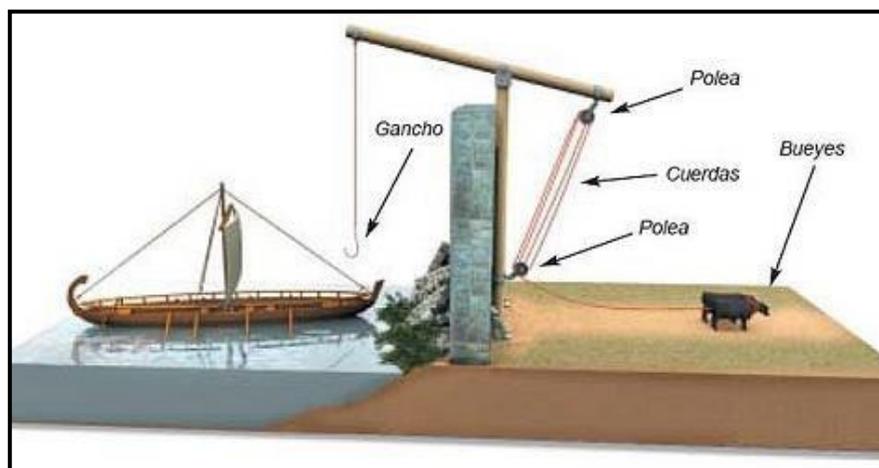
El tornillo de Arquímedes: Fue una invención muy útil que a través de giros podía sacar agua de pozos profundos

FIGURA 4.2
TORNILLO DE ARQUIMEDES



La palanca: Se cuenta que Arquímedes dijo sobre la palanca: «Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo». El descubrimiento de la palanca y su empleo en la vida cotidiana proviene de la época prehistórica. Su empleo cotidiano, en forma de cigüeñales, está documentado desde el tercer milenio a. C. –en sellos cilíndricos de Mesopotamia– hasta nuestros días. El manuscrito más antiguo que se conserva con una mención a la palanca forma parte de la Sinagoga o Colección matemática de Pappus de Alejandría, una obra en ocho volúmenes que se estima fue escrita alrededor del año 340. Allí aparece la famosa cita de Arquímedes: “Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo”. Al heleno Arquímedes se le atribuye la primera formulación matemática del principio de la palanca.

FIGURA 4.3
LA GARRA DE ARQUÍMEDES



Avances modernos

Para 1950, los montacargas habían sido diseñados para caber en pasillos más estrechos y eran capaces de levantar materiales hasta 50 pies (15 m) sobre la tierra. Este adelanto también significó que más materiales se caerían de una mayor altura

y comprometía a la seguridad del conductor, así que los fabricantes comenzaron a desarrollar protecciones de carga y jaulas para el operador. Para el año 1980, era un procedimiento estándar el tener un sistema de retención del operador en los montacargas.

El mástil, que es responsable de la elevación, bajando e inclinando los materiales que carga, funciona con cilindros hidráulicos y carriles que se entrelazan para permitir que se realicen las operaciones de elevación y descenso. La horquilla es un componente en forma de L que se utiliza para transportar materiales. Se sujeta al carro por medio de un gancho o un seguro. La parte delantera de la horquilla es lo que se inserta por debajo de la carga y permite que la carga sea puesta sobre lo que se necesite como una plataforma.

El montacargas también consta de un respaldo, que se sujeta al carro para evitar que los materiales se inclinen hacia atrás. La cabina del montacargas es donde se localiza el asiento, los pedales, y los interruptores del operador, es protegida contra objetos que caen por un cabina-conductor hecho de metal.

Grúas: La necesidad es la madre de toda innovación, y las grúas no pueden estar ajenas a este principio. Se cuenta que fueron los egipcios los que utilizaron por vez primera en el mundo los equipos de izaje para mover bloques de 60 a 360 toneladas. No quedan registros de tales aparatos, pero se infiere que los hubo. Igualmente para el izaje de velas de los barcos se usaron poleas en el antiguo Egipto.

En la construcción de las pirámides se construyeron rampas, asociadas a equipos de izaje, las que servían para elevar las piedras hasta su posición final. Las rampas

anchas y lisas con poca pendiente habrían permitido utilizar un gran número de trabajadores en los niveles más bajos, mientras que para trabajar a mayores alturas probablemente se recurrió a rampas escalonadas y equipadas con mecanismos de levantamiento. La rampa en espiral que asciende alrededor del núcleo de la pirámide, no era adecuada para transportar cargas pesadas. Existen restos arqueológicos de una rampa interior que penetraba profundamente en el edificio y que, en sus niveles inferiores, fue usada para acarrear materiales.

Grúas en la Antigua Grecia: Las primeras grúas, que por regla general cuentan con poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos simples, etc. fueron inventadas en la antigua Grecia, accionadas por hombres o animales, principalmente, para la construcción de edificios altos. Los primeros vestigios del uso de las grúas, que se encontraron en dicho lugar en el siglo VI, eran las marcas de pinzas de hierro en los bloques de piedra de los templos. Estas marcas son evidencia, ya que están realizadas en el centro de gravedad de los bloques.

FIGURA 4.4
GRUA ACCIONADA POR FUERZA HUMANA



En ese siglo también se llegó a introducir el torno y la polea para reemplazar las rampas como medios principales de movimiento vertical, que eran utilizados para subir los bloques a las estructuras. Gracias al uso del torno y la polea, fue mucho más fácil la construcción de los templos griegos, pues esto permitió la carga de muchas piedras pequeñas por ser más práctico, que pocas piedras más grandes.

Este tipo de grúas podían cargar entre 15 y 20 toneladas. Pero posteriormente, fueron desarrollándose grúas más grandes utilizando poleas para permitir la elevación de mayores pesos.

La primera evidencia literaria que avala la existencia de la primera grúa compuesta de poleas aparece en los ejercicios mecánicos atribuido a Aristóteles (384-322), que quizá fueron elaborados en una fecha posterior.

Grúas de la antigua Roma: La grúa, que fue inventada en la antigua Grecia, fue adoptada por los romanos para desarrollarla mejor, ya que el incremento del trabajo de construcción en edificios de dimensiones grandes lo requerían. Es así como la grúa encontró su auge en la antigua Roma. En esta época desarrollaron varios tipos de grúas.

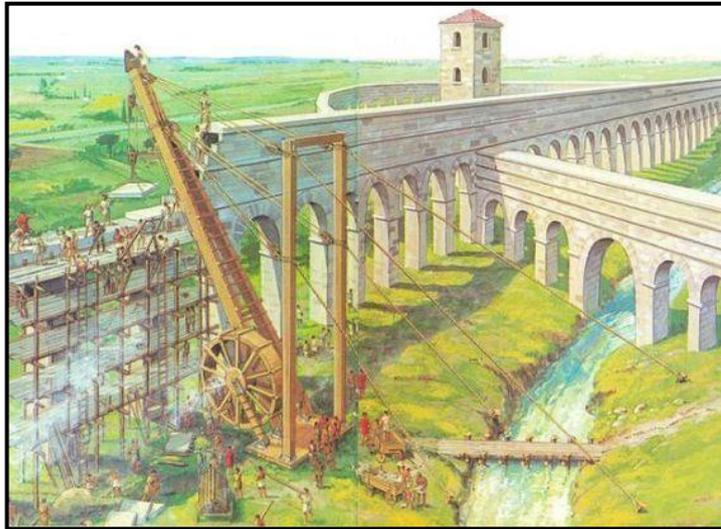
- El tripasto: Es la grúa romana más simple que consiste en una horca de una sola viga, un torno, una cuerda y un bloque que contenía tres poleas, con lo cual se tuvo una ventaja mecánica de 3 a 1, por lo que un hombre que podía realizar un esfuerzo de 50 kilogramos podía levantar 150 kilogramos ($3 \text{ poleas} \times 50 \text{ kg} = 150 \text{ kg}$), si se asume que 50 kilogramos representan el esfuerzo máximo que un hombre puede ejercer sobre un periodo más largo.

- El pentapasto: Es uno de los tipos de grúa más pesado que funciona con 5 poleas. Esta grúa fue utilizado para el movimiento de bloques pesados para la construcción de grandes edificios.
- El Polyspastos: Esta grúa, operado por 4 hombres en ambos lados del torno, es el más grande y pesado, ya que funciona con un sistema de tres por cinco poleas con dos, tres o cuatro mástiles, dependiendo de la carga máxima. El Polispastos podía levantar hasta 3000 kg (3 cuerdas × 5 poleas × 4 hombres × 50 kg = 3000 kg), el mismo que doblaba su carga máxima a 6000 kg con solo la mitad del equipo. Sin embargo, se asume que los ingenieros romanos lograron la elevación de estos pesos extraordinarios por medio de una torre.

Instalación de una torre: La torre de elevación fue instalada con cuatro mástiles, arreglados en la forma de un cuadrilátero con los lados paralelos, con la columna en el medio de la estructura. En la tierra a su alrededor fue colocada cabrestantes.

Grúas en la edad media: En el alta Edad Media las grúas se utilizaban en puertos y astilleros para estibar y construir barcos. Algunas de ellas fueron construidas ancladas a torres de piedra para dar estabilidad adicional, dando paso así a las grúas pórtico. En esta época, desde la llegada de la revolución industrial las grúas de madera pasaron a ser desarrollados a base de hierro fundido y el acero.

FIGURA 4.5
GRUAS USADAS PARA TRABAJOS EN LA ANTIGUEDAD



La primera energía mecánica fue proporcionada por máquinas de vapor en el siglo XVIII. Así las grúas modernas utilizan, generalmente, motores de combustión interna o los sistemas de motor eléctrico e hidráulico para proporcionar mayor fuerza, aunque las grúas manuales todavía se utilizan para pequeños trabajos o donde es poco rentable disponer de energía.

Grúas en la actualidad: Actualmente, las grúas, que están sobre todo tipo de transporte, se utiliza para mover un barco, una casa, un piano, a todo tipo de carga pesada. Existen muchos tipos de grúas, cada una adaptada a un propósito específico. Asimismo, los tamaños se extienden desde las más pequeñas grúas de horca, usadas en el interior de los talleres, grúas torres, usadas para construir edificios altos, hasta las grúas flotantes, usadas para para rescatar barcos.

Cronología:

A continuación presentamos una cronología rápida sobre la evolución de la grúa.

En el año 1898 se fabrica la primera grúa de pórtico eléctrica, de grandes dimensiones, con una capacidad de carga de 12,5 toneladas y con una envergadura de 11,5 metros.

En el año 1964 se crea la primera gama completa de grúas estandarizadas. Todas con una fabricación de alta calidad.

En el año 1984 se presenta el sistema de grúa KT 2000 de pequeñas dimensiones. Este sofisticado sistema modular que consta de rieles, polipastos, carros, etc. es flexible tanto para los usos más sencillos como para soluciones automatizadas de traslado de cargas.

En el año 1991 se duplica la capacidad de producción en la fábrica de grúas Ettligen gracias a una innovadora técnica de proceso.

En el año 2006 comienza una nueva era: Se presenta y se lanza al mercado la innovadora tecnología de grúas con una práctica línea blindada de contacto, es decir, sin cables móviles.

En el año 2010 Se da un nuevo concepto – CraneKits para constructores de grúas.

Origen del término grúa.

El término procede de Crane (Inglés) = traducido como Grulla, que pasó al español como Grúa. Este concepto hace referencia a los movimientos de ese pajaraco que lleva sobre su pico, cosas de un lugar a otro.

El ave zancuda que en España llamamos grulla (del latín grus) recibe en los Pirineos el nombre de grue, que, aunque muchos lo ignoran, está íntimamente emparentado

con otras tres palabras españolas. La primera de ellas es grúa, utilizada en castellano desde el siglo XV para designar una máquina destinada a levantar pesos, por su semejanza con la figura de una grulla, de largo pescuezo y prolongado pico. Mucho más clara que en español resalta esta semejanza entre la grulla y las grúas para nuestros vecinos europeos, que en sus idiomas disponen de una única palabra para designar ambos conceptos: Kran en alemán, crane en inglés, grúa en catalán, grue en francés, gru en italiano; todos ellos, por cierto, de origen tan netamente onomatopéyico como nuestra grulla.

4.3 planteamiento del problema

Generalmente los equipos de elevación y transporte no tenían un mantenimiento adecuado a pesar de la gran actuación que estos equipos representan en la industria y del gran riesgo que tienen cuando estas fallen en plena operación, hasta llegar incluso a fatalidades de las personas que se encuentran involucradas o no en el trabajo, Para asegurar la disponibilidad y seguridad de estos equipos se debía de garantizar un mantenimiento adecuado que esté acorde al tipo de trabajo que realicen

¿El plan de mantenimiento propuesto será adecuado para lograr los objetivos planteados en el presente informe?

4.4 Justificación

Los equipos de elevación y transporte (izaje) son utilizados y representan una herramienta útil para todo tipo de industria a pesar de eso a lo largo de su vida útil están destinadas a padecer de múltiples fallas que en su mayoría son generadas por tres problemas fundamentales: el mal mantenimiento al que son sometidos, la

incorrecta forma de elección de los equipos antes de la compra y la mala operación (por parte de los operadores) a la que son sometidas, lo cual hace que sus paradas sean más continuas y cada vez tienen que parar por más tiempo debido a la gravedad de la falla llegando incluso a terminar su vida útil antes de lo que debería hacerlo, todo esto que se menciona se traduce en pérdida de dinero por no tener al equipo disponible retrasando muchas veces la producción o el trabajo para el cual fueron compradas, todo esto se evitaría si se pusiera más énfasis en el mantenimiento y se trabajara cada equipo individualmente y no como un conjunto como acostumbran hacerlo.

4.5 Marco teórico

Equipo de Izaje: Equipo de izaje es todo dispositivo que permite elevar o bajar una carga, previamente calculada, en forma segura y controlada, accionados manualmente mediante la fuerza humana, eléctrica o hidráulica

Tipos de Equipo de Izaje: Hay muchos tipos de equipos de izaje, los más comunes y usuales son: Grúas móviles, grúas Puente, Pórticos, Monorraíles, etc.

Equipos de Izaje Eléctricos: Son aquellos tipos de grúas que son accionados en su totalidad por la energía eléctrica.

Polipasto: Es una máquina formada por dos conjuntos de poleas, uno con movilidad y otro que queda fijo. A través de este sistema, es posible mover o elevar un cuerpo pesado y pueden ser activados por energía eléctrica, palancas o la fuerza humana. Lo que permite el polipasto es mover algo aplicando una fuerza menor al peso del objeto.

Equipos de elevación y transporte

Los equipos de elevación y transporte el cual es motivo de estudio de este informe técnico son los que usan necesariamente un polipasto con equipo de izaje y son:

- Grúas monorrieles o birrieles
- Grúas puente
- Grúas pórticos
- Grúas pluma

Grúa monorriel: Grúa que consta de un elemento portador formado por una viga estática anclada en una estructura o nave industrial, apoyadas o suspendidas, sobre las que se desplaza el polipasto, esta grúa solo se mueve en línea recta

FIGURA 4.6
GRÚA MONORRIEL



Fuente: Preparación de cianuro – planta la quinua Cia. Minera Yanacocha

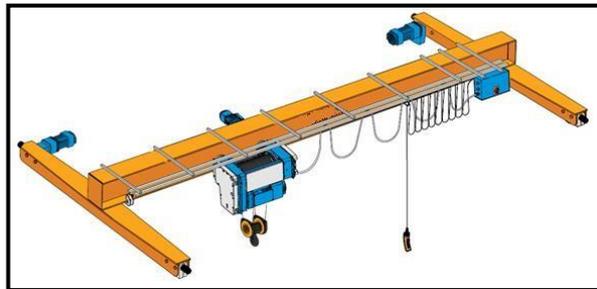
Grúa Puente: Grúa que consta de un elemento portador formado por una o dos vigas móviles, apoyadas o suspendidas, sobre las que se desplaza el carro con los mecanismos elevadores.

Tipos de Grúas puente

Puente Grúa Monorraíl:

Llamada también Grúa Puente Monoviga Está constituido por una viga y es una solución eficaz para mover cargas cuando resulta necesario aprovechar toda la altura disponible del edificio Lleva una sola viga y su funcionamiento es idéntico al puente tipo birrail, siendo los mecanismos iguales. La única diferencia es que el **polipasto** cuelga por la parte baja de la viga.

FIGURA 4.7
GRÚA PUENTE



Puente Grúa Birriel:

Llamado también Biviga Consta de doble viga donde se apoya el carro que soporta el polipasto. Este modelo permite alcanzar la máxima altura del gancho. Es ideal para cargas elevadas o naves con luz media o grande. La capacidad total de carga puede alcanzar 500 Tm.

FIGURA 4.8
GRÚA PUENTE DE DOBLE VIGA



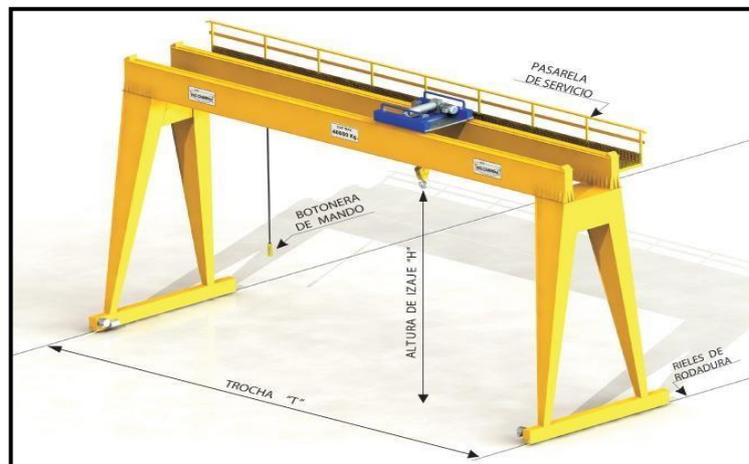
Grúa puente suspendida:

Las grúas suspendidas son una opción cuando no existe posibilidad de construir una estructura portante para una grúa puente. Tiene la característica de que la estructura en general está suspendida.

Grúas Pórtico:

Se desplazan sobre un camino de rodadura por medio de patas de apoyo. A diferencia de la grúa puente, los rieles de desplazamiento están normalmente apoyados en el suelo.

FIGURA 4.9
GRÚA PÓRTICO



Grúas Semi pórtico:

Es una grúa en la que un extremo del puente está sujeto a una testera del extremo y que se desplaza sobre una rodadura o carril elevado, mientras que el otro extremo del puente está sujeto de forma rígida a uno o más apoyos que se desplazan por una rodadura fija o carril. La diferencia de las grúas puente y semi pórtico en que uno

de los rieles de desplazamiento se encuentra elevado y el otro riel está normalmente apoyado en el suelo.

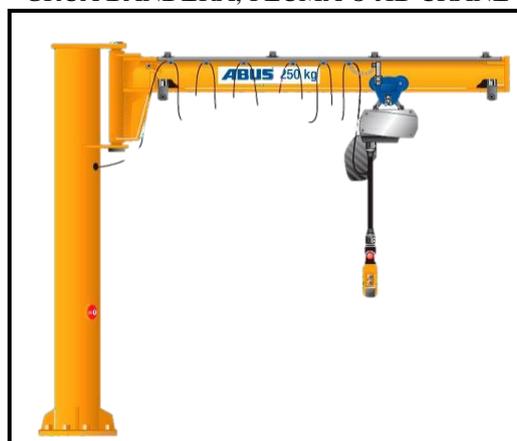
FIGURA 4.10
GRÚA SEMI PÓRTICO



Grúas Bandera:

Llamadas también grúas pluma o jib cranes. Son ideales para el izaje y traslado de cargas pesadas dentro de un perímetro circular de área de trabajo en instalaciones industriales en apoyo de procesos de producción, fabricación, ensamble, almacenaje y mantenimiento. Se fabrican con radios de giro de 220° o 360° y para ser montadas en su propia columna o en alguna columna existente. Las grúas bandera se ofrecen también con movimiento de giro manual o motorizado.

FIGURA 4.11
GRÚA BANDERA, PLUMA O JIB CRANE



Componentes Principales

Viga.- Es el miembro principal de carga, constituido por perfiles estructurales cargados transversalmente al eje de la viga generando esfuerzos de flexión.

Testerros.- Son carros de traslación que mueven la viga principal del puente a lo largo de su corredera.

Los polipasto.- Es el elemento de izaje de todo el equipo constituido por un tambor de enrollamiento (para cables) o conjunto de alojamientos (para cadenas) una pasteca con gancho y un motor eléctrico de accionamiento

Sistema de alimentación: Es la encargada de energizar los componentes eléctricos de la grúa pudiendo ser de distintas formas como por ejemplo: por barras cubiertas, cable festoon, por enrollador de cable, etc.

Componentes de los polipastos.

- Pasteca
- Cable o cadena de izaje
- Motor eléctrico
- Caja de engranajes (cadena)
- Caja reductora (cable)
- Tambor de izaje (cable)
- Tablero eléctrico

Clasificación de las grúas

Según CMAA

En cuanto al tipo de grúas incluidas bajo la especificación CMAA No. 70 (Grúas puente Top-Running, Pórtico, grúa puente multiviga eléctrica viajera) existen 6 clasificaciones diferentes de grúas, cada una dependiente en el ciclo de trabajo. Dentro de la especificación CMAA está un método numérico para determinar exactamente la clase de grúa basada en el espectro de carga esperada. Aparte de este método, las diferentes clasificaciones de grúas, como son descritas generalmente por CMAA son las siguientes:

Clase A: Stand By o servicio infrecuente.- Este servicio cubre grúas donde se precisa maniobras precisas de equipamiento a velocidades lentas con largos periodos parados entre izajes. Capacidades de carga pueden ser maniobradas para una instalación inicial de equipamiento y para mantenimiento poco frecuente.

Ejemplos típicos son las grúas usadas en empresas de casa de máquinas, servicios públicos, salas de turbinas, salas de motores, estaciones transformadoras. Esta es la grúa más ligera en lo que es concerniente a grupos de trabajo.

Clase B: Servicio Ligero.- Esta clase de servicio cubre grúas donde los requerimientos de servicio son ligeros y de velocidades lentas.

Las cargas varían desde ninguna hasta capacidad llena, levantamientos por hora van desde el rango de 2 a 5 y un promedio de 3 metros por levantamiento.

Ejemplos típicos son grúas en talleres, operaciones de montaje livianas, talleres de servicios, pequeños almacenes.

Clase C: Servicio Moderado.- Este servicio cubre a las grúas cuyos requerimientos son considerados moderados, maniobras de carga con un promedio de 50 por ciento de la capacidad nominal, con 5 a 10 levantamientos por hora, 4.5 metros, con no menos de 50 por ciento de los levantamientos a capacidad nominal. En términos numéricos, la mayoría de grúas son construidas para satisfacer los requerimientos de clase C. Este servicio cubre grúas que pueden ser usadas en talleres mecánicos, o fábrica de papeles.

Clase D: Servicio Pesado.- En este tipo de servicio, cargas cercanas al 50 por ciento de la capacidad nominal deben ser maniobradas constantemente durante el período de trabajo. Velocidades altas son deseables para este tipo de servicio con un promedio de 10 a 20 izajes por hora y 4.5 metros, con no menos de 65 por ciento de los levantamientos a capacidad nominal. Ejemplos típicos de grúas usadas en talleres de equipos pesados, fundiciones, plantas de fabricación, almacenes de acero, patio de contenedores, aserraderos, etc., cubos de trabajo estándar y operaciones magnéticas, donde la producción pesada es requerida.

Clase E: Servicio Severo.- Este servicio requiere una grúa capaz de manejar cargas cercanas a la capacidad nominal a lo largo de su vida con 20 o más izajes por hora y cercana a la capacidad nominal. Ejemplos típicos son magnetos, cubos, cubos/magnéticos combinación de grúas para depósitos de chatarra, molinos de cemento, plantas fertilizantes, manejo de contenedores, etc.

Clase F: Servicio Continuo.- En este tipo de servicio, la grúa debe ser capaz de manejar cargas cercanas continuamente a la capacidad nominal bajo condiciones de servicio severas a lo largo de su vida. Ejemplos típicos son grúas especiales diseñadas a medida esenciales para realizar las tareas de trabajo críticas que afecten las instalaciones de producción proporcionando la más alta confiabilidad, con especial atención para facilitar las funciones de mantenimiento.

Calificaciones de trabajos HMI/ASME

La siguiente tabla proporciona una idea de los significados relativos de las calificaciones de los ciclos de trabajo para la variedad de polipastos eléctricos. Nótese que la determinación del ciclo de trabajo para una aplicación particular implica obtener una cantidad significativa de información adicional y aplicación experta para el uso previsto.

TABLA 4.1: CLASIFICACIÓN HMI

CLASE HMI	Operación basada en el 65% de la capacidad			
	Uso Uniforme		Uso Infrecuente	
	Máximo tiempo funcionamiento (Min/horas)	Máximo Arranques/Hora	Máximo tiempo de funcionamiento desde Arranque frío	Arranques Máximos
H1	7.5 minutos (12.5%)	75	15	100
H2	7.5 (12.5%)	75	15	100
H3	15 (25 %)	150	30	200
H4	30 (50%)	300	30	300
H5	60 (100%)	600	No Aplicable (nota 1)	No Aplicable (nota 1)

Nota 1: No aplicable puesto que no hay servicios infrecuente en clase H5.

Fuente: Normativa HMI

Clase de servicio AISE

AISE proporciona también para las diferentes clases para grúas, cubiertas bajo la AISE reporte técnico N°6, “Especificaciones para Grúas puente viajeras para servicios de acero”. Como CMAA, AISE también proporciona un método numérico para determinar la clase de la grúa basada en el espectro de carga esperado. Sin entrar en las especificaciones de este método AISE describe generalmente las diferentes clases de servicio (ciclos de carga) como sigue:

- ✓ Clase de servicio 1 (N1) Menos que 100, 000 ciclos
- ✓ Clase de servicio 2 (N2) 100,000 a 500,000 ciclos
- ✓ Clase de servicio 3 (N3) 500,000 a 2,000,000 ciclos
- ✓ Clase de servicio 4 (N4) Más de 2,000,000 ciclos

Además AISE describe las diferentes clases de cargas como:

- L1=Grúas que izan la carga nominal excepcionalmente, y normalmente izan cargas ligeras.
- L2=Grúas que raramente izan la carga nominal, y normalmente izan cargas de 1/3 de la capacidad nominal.
- L3=Grúas que izan la carga nominal frecuentemente y normalmente izan la carga entre 1/2 y 2/3 de la capacidad nominal.
- Grúas que normalmente izan cargas cerca a la capacidad nominal.

Basado en las clases de cargas y clases de ciclos, el cuadro CMAA de abajo ayuda a determinar la clase de grúa.

TABLA 4.2: CLASIFICACIÓN AISE

Clases de Carga	Ciclos de Carga			
	N1	N2	N3	N4
L1	A	B	C	D
L2	B	C	D	E
L3	C	D	E	F
L4	D	E	F	F

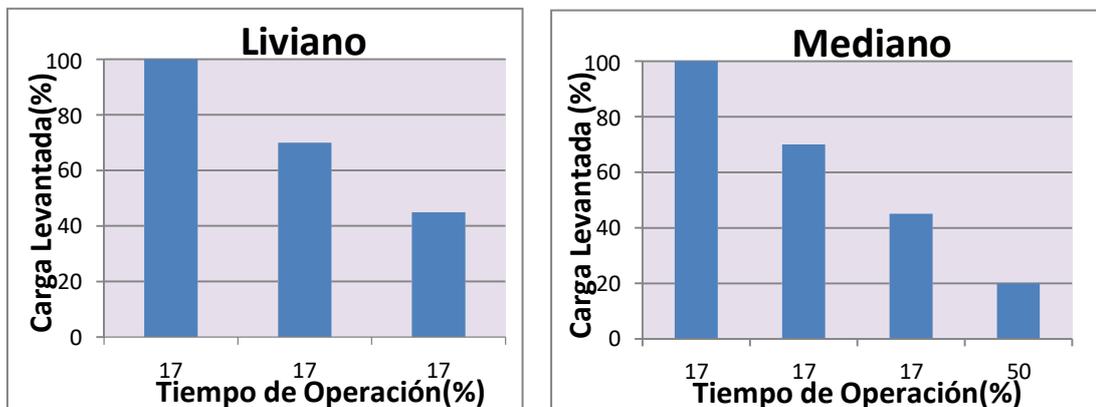
Fuente: Normativa AISE

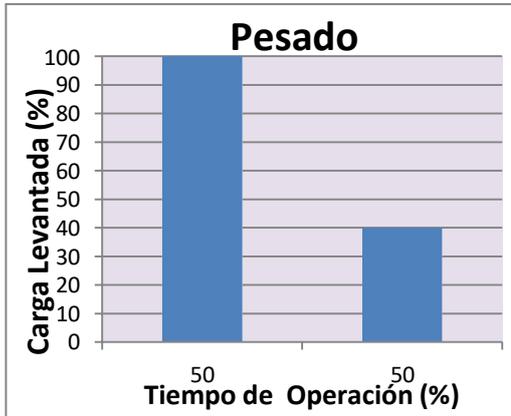
Servicio clase FEM

Para determinar el tipo de trabajo de su grúa (de acuerdo a la FEM, Federación Europea de Mantenimiento) se necesitan seguir los siguientes factores.

- 1) Espectro de Carga (Indica la frecuencia de máximas y pequeñas cargas durante el periodo de tiempo examinado)
- 2) Clase de Utilización (Este es determinado de acuerdo al número de ciclos de izajes durante el tiempo de operación de la grúa)
- 3) La combinación de estos factores es como un grupo de trabajo es seleccionado.

GRÁFICO 4.1:
EJEMPLOS DE DIFERENTES ESPECTROS DE CARGAS





Calcular el Tiempo Promedio de Operación Diaria

$$T = (2 \times H \times N \times T) / (V \times 60)$$

Dónde:

- H = altura promedio de izaje (m o pies)
- N= número de ciclos de trabajo por hora (Ciclo/hora)
- T= tiempo de trabajo diario (h)
- V= velocidad de izaje (m/min o pies/min)

Determinar el Grupo de operación del Polipasto

TABLA 4.3
GRUPO DE OPERACIÓN DE POLIPASTO

Espectro De Cargas	Tiempo Promedio de Operación Diaria					
	<=0.5	<=1	<=2	<=4	<=8	<=16
Liviano			M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m
Mediano		M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m
Pesado	M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m	
Muy Pesado	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m		

Fuente: Normativa FEM – GRUPO FEM

TABLA 4.4
COMPARACIÓN GENERAL DE NORMAS

CMAA	A	B	C	D	E	F	
FEM	1	2	3	4	5	6	
FEM*	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m	Basada en el 63% de carga efectiva
ISO	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
HMI *	H2	H3	H4	H5			Basada en el 65% de carga efectiva

(* Clase de Maquinaria)

RESUMIENDO

Para seleccionar el grupo de trabajo correcto, la estructura de la grúa y los componentes mecánicos, el usuario debe identificar y entregar la siguiente información al proveedor.

- 1) Promedio de izajes y movimientos del carro y el puente por una hora.
- 2) Promedio de la longitud de cada movimiento
- 3) Estimar la carga izada cada vez
- 4) El total de horas de operaciones por día

Ejemplo de Determinación del grupo Fem

Procedimiento para la determinación del grupo fem de operación de grúa pórtico

PASO 1 determinación de tiempo promedio de operación diaria

$$t = (2 \times H \times N \times T) / (V \times 60)$$

Donde:

H= 1.8 m

N= 8.57 Ciclos : En el peor de los casos (60min/7 min/ciclo), pues el promedio de ciclos por hora es 4.00 (96 Ciclos /24Horas)

T= 24 Horas : es decir todo el día

V= 7.5 m/min

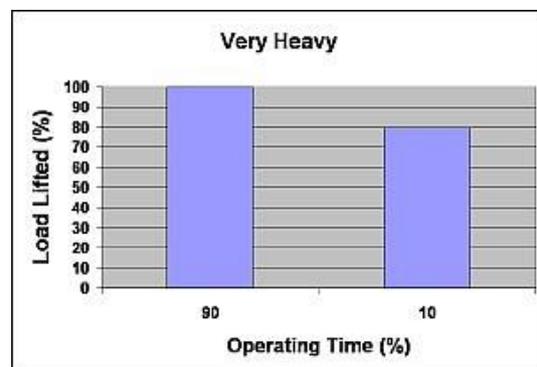
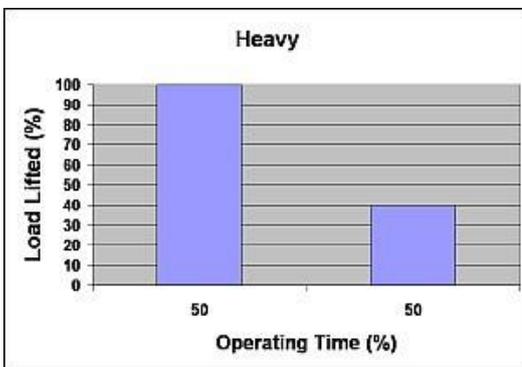
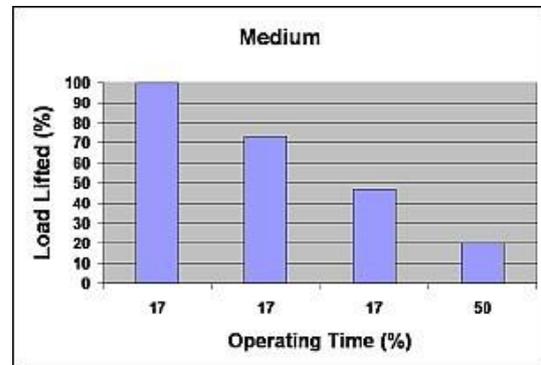
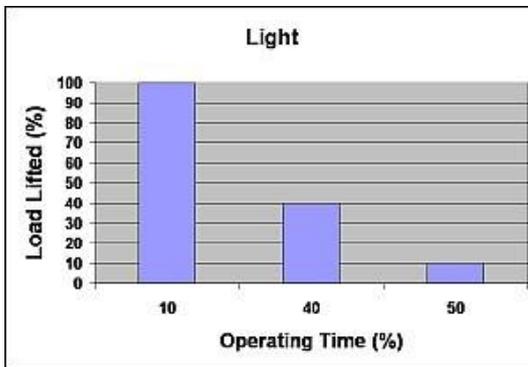
$$t = (2 \times 1.8\text{m} \times 8.57\text{Ciclos/min} \times 24\text{H}) / (7.5\text{m/min} \times 60)$$

$$t = 1.645$$

PASO 2 Selección de espectro de Carga

Luego se selecciona el espectro de carga apropiado,

Escogemos el espectro de carga Very Heavy



PASO 3 Determinación del grupo de operación del equipo de elevación

Teniendo el (t) = 1.645 y el espectro de carga Very Heavy, se intersecta en la tabla siguiente, obteniendo el grupo Fem de Operación:

Determinación del grupo de Maquinaria de elevación						
Load Spectrum	Promedio de Operación diaria (horas / día)					
	<= 0.5	<= 1	<= 2	<=4	<= 8	<= 16
Light			M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m
		M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m
Medium	M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m	
	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m		
Heavy	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m		
	M5 2m	M6 3m	M7 4m			
Very Heavy	M5 2m	M6 3m	M7 4m			
	M6 3m	M7 4m				

Determinación:

Fem: 3m

Equivalente a ISO: M6

Equivalente a CMAA "D"

1.654 < 2

Cables de acero

Definición: el cable de acero moderno fue inventado por el alemán wilhelm Albert Ingeniero de minas en los años entre 1831 y 1834 para el uso en la minería en las montañas Harz en clauthal, baja Sajonia, Alemania. Fue aceptado rápidamente porque demostró ser superior a las cuerdas de cáñamo o a las cadenas de metal, tal como se había usado antes.

Un cable metálico es un conjunto de alambres de acero agrupados y retorcidos helicoidalmente, con el propósito de resistir esfuerzos de tracción con

características adicionales apropiadas (flexibilidad o resistencia al doblado), resistencia al aplastamiento, resistencia al desgaste y a la corrosión.

Composición:

- *Alambre:* Es el componente básico del cable de acero, el cual es fabricado en diversas calidades, según el uso al que se destine el cable final.
- *Torón:* Está formado por un número de alambres de acuerdo a su construcción, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un centro, en una o varias capas.
- *Alma:* el alma constituye el soporte central sobre el cual se cablean los cordones, sirviendo para darle al cable la forma y solidez necesaria e impidiendo que estos se presionen entre si cuando actúan las cargas de trabajo. el alma se lubrica durante la fabricación otorgando al cable lubricación adecuada contra el desgaste ocasionado por el rozamiento interno de los alambres y protección contra el ataque corrosivo. Debido a las grandes presiones que los cordones ejercen sobre el alma el alma es metálica en vez de fibra en muchos casos para incrementar la resistencia del cable y también cuando se arrolla en multicapa. Esto también es aplicable en ambientes de alta temperatura, donde el alma textil podría deteriorarse.

Hay dos tipos principales de Almas:

- Fibra (Naturales y Sintéticas)
- Acero (de Torón o independiente)

Alma de Fibras Naturales

Estas pueden ser "Sisal" o "Manila", que son fibras largas y duras. Existen también de "Yute", "Cáñamo" o "Algodón", pero no se recomiendan por ser blandas y se descomponen rápidamente, pero sí está permitido usar estas fibras como un relleno en ciertas aplicaciones y construcciones.

En general las Almas de Fibras Naturales se usan en cables de ingeniería (Ascensores y cables de izaje de minas), porque amortiguan las cargas y descargas por aceleraciones o frenadas bruscas.

Se recomienda no usar en ambientes húmedos y/o altas temperaturas (sobre 80°C).

Alma de Fibras Sintéticas

Se han probado varias fibras sintéticas, pero lo más satisfactorio hasta hoy día es el "Polipropileno". Este material tiene características físicas muy similares a "Manila" o "Sisal", y tiene una resistencia muy superior a la descomposición provocada por la salinidad. Su única desventaja es ser un material muy abrasivo entre sí, por lo tanto, tiende a perder su consistencia si está sujeto a muchos ciclos de operación sobre poleas con mucha tensión. Por esta razón un alma de "Polipropileno" no es recomendable en cables para uso en ascensores o diques de minas. Generalmente se usa en cables galvanizados para pesca y faenas marítimas, dando en estas actividades excelentes resultados.

Alma de Acero de Torón

Un cable con un alma de Torón es un cable donde el alma está formada por un solo Torón, cuya construcción generalmente es la misma que los torones exteriores del cable. Principalmente, esta configuración corresponde a cables cuyo diámetro es inferior a 9.5 mm (3/8").

Alma de Acero Independiente

Esta es en realidad otro cable de acero en el núcleo o centro del cable y generalmente su construcción es de 7 torones con 7 alambres cada uno (7 x 7).

Un cable de acero con un Alma de Acero de Torón o Independiente, tiene una resistencia a la tracción y al aplastamiento superior a un cable con alma de fibra, pero tiene una menor elasticidad.

Se recomienda el uso de cables con Alma de Acero, donde hay altas temperaturas (superiores a 80°C) como en hornos de fundición o donde existan altas presiones sobre el cable, como por ejemplo en los equipos de perforación petrolera, palas o dragas mecánicas.

Alma de Acero Plastificada

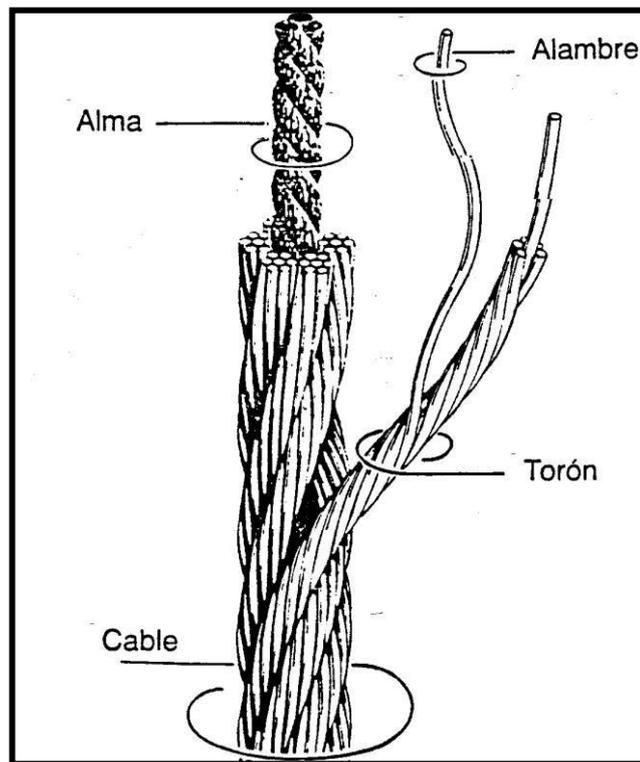
Últimamente se ha desarrollado Alma de Acero Plastificada, cuya característica principal radica en eliminar el roce entre los alambres del alma con los alambres del torón del cable (su uso principal está en los cables compactados).

FIGURA 4.12
TIPOS DE ALMAS DE CABLE DE ACERO



Cable: Es el producto final que está formado por varios torones, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un alma.

FIGURA 4.13
CABLE DE ACERO



Diámetro

Se considera diámetro de un cable a la circunferencia circunscrita a la sección del mismo, expresado en milímetros (mm).

Cuando un cable nuevo entra en servicio, los esfuerzos que soporta le producen una disminución del diámetro, acompañada de un aumento en su longitud, a causa del asentamiento de los distintos elementos que forman el cable. Esta disminución de diámetro es mayor cuanto mayor es la proporción de fibra textil que lo forma. Además los cables de acero nuevos vienen con un diámetro mayor que el nominal

FIGURA 4.14
FORMA DE MEDIR EL CABLE DE ACERO

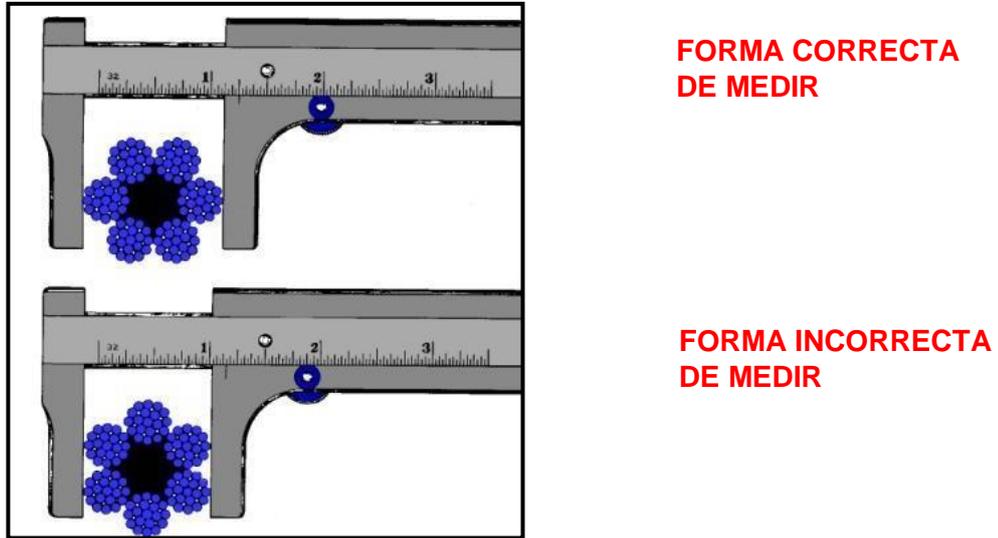


TABLA 4.5
TOLERANCIA DE LOS DIÁMETROS DE CABLES DE ACERO

TOLERANCIAS EN EL DIÁMETRO (CABLES NUEVOS)	
DIÁMETRO NOMINAL (PULGADAS)	SOBRE DIÁMETRO (PULGADAS /MM)
0 - 3/4 "	+ 1/32 " / 0,80 mm
1 3/16"- 1 1/8"	+ 3/64" / 1,19 mm
1 9/16"- 2 1/4"	+ 3/32" / 2,38 mm

Acordonamiento de los alambres:

Es el procedimiento mediante el cual durante la fabricación de un cordón, los alambres van retorciéndose en forma helicoidal alrededor de un eje común, constituyendo distintas capas superpuestas.

Existen dos tipos de acordonamiento

Acordonamiento cruzado o Regular:

En este tipo de construcción, los pasos de las capas sucesivas se van incrementando, de manera que se verifican cruces de alambres con contactos puntuales entre capas vecinas. Este acordonamiento es utilizado en los cables de construcción común. En otras palabras los alambres del torón están torcidos en dirección opuesta a la dirección de los torones en el cable

Los cables con torcido REGULAR son más fáciles de manejar, son menos susceptibles a la formación de "cocas" y son más resistentes al aplastamiento y destorsión. Presentan menos tendencia a destorcerse al aplicarles cargas aunque no tengan fijos ambos extremos.

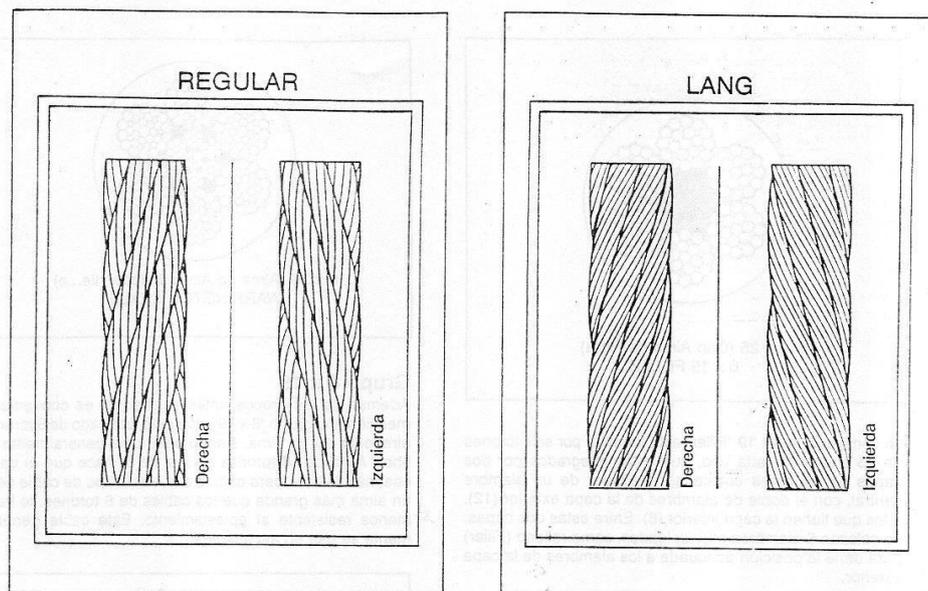
Acordonamiento paralelo:

En este tipo de construcción el paso es único, de modo que no existe entrecruzamiento entre los alambres de las sucesivas capas, cada capa está en contacto lineal con las adyacentes, así se logra una configuración en la que el desgaste por rozamiento entre alambres disminuye obteniéndose cables de mayor vida útil. Este tipo de acordonamiento los alambres están torcidos en la misma dirección de los torones en el cable. Esto ha dado origen a los cables de construcción especial tipo seale, filler, warrington, warrington-seale.

Los cables con torcido LANG, son ligeramente más flexibles y muy resistentes a la abrasión y fatiga, pero tienen el inconveniente de tener tendencia a destorcerse por lo que únicamente deberán utilizarse en aquellas aplicaciones en que ambos extremos del cable estén fijos y no le permitan girar sobre sí mismos.

Los cables pueden fabricarse en TORCIDO DERECHO o IZQUIERDO, tanto en el torcido REGULAR como en el LANG. En la mayoría de los casos, no afecta el que se use un cable con TORCIDO DERECHO o IZQUIERDO. Los cables con TORCIDO DERECHO se conocen como los de "fabricación normal", por lo tanto, son los que se utilizan en la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, existen aplicaciones en que los cables con TORCIDO IZQUIERDO proporcionan ciertas ventajas, como en el caso de las máquinas perforadoras de percusión, al tender a apretar las roscas de los aparejos.

FIGURA 4.15
TIPOS DE ACORDONAMIENTO DE CABLE DE ACERO



Preformado

En el proceso de fabricación de los cables corrientes, los alambres adoptan la forma de hélice y ocupan sus posiciones respectivas gracias a una deformación elástica, que origina unas tensiones internas en dichos alambres. Por causa de estas tensiones

internas, al suprimir las ligadas, o al romperse un alambre, los extremos tienden a recuperar su forma recta primitiva.

En los cables preformados, tanto los alambres como los cordones sufren durante el proceso de fabricación una deformación permanente, adoptando la forma de hélice de acuerdo ya con la posición que habrán de ocupar en el cable.

Al suprimir la deformación elástica se eliminan las tensiones internas existentes en los alambres de los cables no preformados y que contribuyen a la rotura de dichos alambres por fatiga.

Las principales ventajas de los cables preformados son:

- Mayor flexibilidad, ya que al curvarse no se sumarán las tensiones internas de fabricación al esfuerzo de flexión debido al arrollamiento en poleas y tambores. Esto equivale por tanto a una reducción de los esfuerzos de flexión.
- Evita efectos de cortadura, al no enredarse las puntas de alambre que se rompen por fatiga, no quedan éstas aprisionadas entre el cable y las gargantas de las poleas, evitándose así que corten otros alambres.
- Mayor duración, consecuencia de las dos ventajas anteriores.
- Fácil manejo. Al cortar un cable preformado los cordones y alambres permanecen en su sitio al no tener tendencia a descablearse y desenrollarse
- Facilita el uso del arrollamiento Lang, al reducir los inconvenientes más propios de dicho arrollamiento, hace posible adaptarlo en mayor número de aplicaciones.

Selección del cable apropiado

La clave del problema de la selección del cable más indicado para cada trabajo está en equilibrar correctamente los siguientes factores principales:

- Carga de rotura (Resistencia)
- Resistencia a las Flexiones y Vibraciones (FATIGA)
- Resistencia a la Abrasión
- Resistencia al Aplastamiento
- Resistencia de Reserva
- Exposición a la corrosión

Muy pocas veces es posible seleccionar un cable que cumpla al máximo con los requerimientos de resistencia a la Abrasión y Aplastamiento, y posea también la máxima resistencia a la Fatiga. En general, se debe privilegiar las características más sensibles a la operación que se deba realizar a cambio de una disminución relativa en aquellas características menos relevantes para el fin predeterminado.

Resistencia - Carga de Rotura

El primer paso consiste en determinar la máxima carga que el cable deberá soportar, teniendo en cuenta no sólo la carga estática, sino también las cargas causadas por arranques y paradas repentinas, cargas de impacto, altas velocidades, fricción en poleas, etc. Por razones de seguridad se recomienda normalmente multiplicar, la carga de trabajo por un factor, indicado en la tabla de factor de seguridad.

Fatiga – Resistencia a las Flexiones y Vibraciones

Si un trozo de alambre se dobla varias veces, eventualmente se romperá; esto es debido al fenómeno llamado "Fatiga de Flexión". Este mismo fenómeno tiene lugar

siempre que un cable de acero se dobla alrededor de poleas, tambores o rodillos. A menor radio de curvatura mayor es la acción de la fatiga. Los aumentos de la velocidad de operación y las flexiones en sentidos contrarios también aumentan este efecto. El mismo fenómeno es producido por vibraciones en cualquier parte del cable.

La fatiga se reduce si las poleas o tambores tienen al menos los diámetros mínimos aceptables para cada tipo de cable.

Abrasión

La abrasión es quizás el enemigo más común y destructivo del cable de acero. Se produce siempre que el cable roza o es arrastrado contra cualquier material. Este roce debilita el cable al producir desgaste en los alambres exteriores.

Como en el caso de la fatiga, el mejor remedio para el desgaste excesivo es utilizar la construcción más apropiada. Como regla general, a menor número de alambres y mayor diámetro de ellos, mayor es la resistencia al desgaste abrasivo.

No siempre es necesario cambiar el tipo de cable utilizado pues muchos casos de desgaste anormal son producidos por defectos en el equipo. Por ejemplo, poleas mal alineadas o desgastadas, o enrollado incorrecto y otras condiciones irregulares.

Aplastamiento

El cable puede ser Aplastado por fuerzas exteriores en algunas ocasiones, pero lo más común es el Aplastamiento debido a la operación con cargas excesivas y también al uso de tambores lisos o con ranuras que no den el apoyo suficiente al cable. También, el Aplastamiento es frecuente en los casos de enrollado en varias capas, en los puntos en que el cable se apoya sobre sí mismo.

Si la carga no puede ser disminuida o los tambores no pueden ser sustituidos por piezas más apropiadas para estas condiciones, debe recurrirse a cambiar el cable por uno de construcción más adecuada para resistir los efectos del aplastamiento.

Si se está usando un cable con alma de fibra debe ser sustituido por uno con alma de acero, ya que ésta da mayor soporte a los torones e impide su deformación. Los cables de torcido REGULAR, son también más resistentes al aplastamiento que los de torcido LANG.

Resistencia de reserva

La Resistencia de Reserva de un cable equivale a la resistencia combinada de todos sus alambres, excepto aquellos de las capas exteriores de los torones. A mayor número de alambres mayor es la Resistencia de Reserva, ya que al disminuir el diámetro de los alambres exteriores, mayor sección metálica estará concentrada en las capas internas del torón.

La Resistencia de Reserva tiene mayor importancia en los casos en que la rotura de un cable puede ocasionar accidentes de importancia. En estos casos es recomendable la inspección frecuente por técnicos competentes y una selección del cable que se base fundamentalmente en este factor.

La tabla indica el porcentaje de Resistencia de Reserva en cables de 6 u 8 torones, relativas a la cantidad de alambres exteriores en cada torón.

TABLA 4.6
TABLA DE RESISTENCIA DE RESERVA

<i>Cantidad de alambres exteriores</i>	<i>Porcentaje de Resistencia de Reserva</i>
6	18
8	27
9	32
10	36
12	43
14	49
16	54
18	58

Exposición a la corrosión

Los cables generalmente están instalados al aire libre: por lo tanto, obra sobre la acción corrosiva de la atmósfera. Un engrasado periódico evita, en parte, la oxidación; pero hay casos en que la corrosión es muy activa, y entonces se debe recurrir, para proteger los cables, a recubrimientos protectores, constituidos generalmente de zinc.

La corrosión disminuye la sección metálica de los cables y al extenderse aquélla lesiona los alambres, con lo cual se reduce la resistencia, capacidad contra la abrasión, elasticidad y flexibilidad de los cables.

El galvanizado de los alambres proporciona a éstos una mayor resistencia a la corrosión, pero aminora las características mecánicas del material, haciéndole perder un 10% de su resistencia y un 15% de su flexibilidad. En instalaciones fijas o en servicios de funcionamiento poco frecuente los cables galvanizados resultan mejores que los cables sin galvanizar, pero si el trabajo del cable es continuo la acción abrasiva destruye la capa protectora de zinc y se pierde la ventaja de tal protección.

En general, la mejor solución del problema es proteger los cables mediante un engrasado cuidadoso, realizado periódicamente, porque recurrir a los aceros inoxidables o a los bronces son soluciones que no satisfacen: la primera por su costo y la segunda por la poca resistencia del material.

Por consiguiente, para contrarrestar la corrosión de los cables se deben emplear estructuras con alambres gruesos, cuyos diámetros serán limitados por la flexibilidad que imponga el cable, y se realizará un engrasado cuidadoso y regular. Si la corrosión fuera muy activa, entonces se debe recurrir al galvanizado de los alambres del cable.

Grupos de cables principales

Grupo 6x7 (con 3 a 14 alambres por torón)

Aunque hay varias alternativas en esta serie la más común es donde cada uno de los seis torones que forman el cable, está construido de una sola hilera de alambres colocado alrededor de un alambre central. Debido a que el número de alambres (7) que forman el torón es reducido, nos encontramos con una construcción de cable armado por alambres gruesos que son muy resistentes a la abrasión, pero no recomendable para aplicaciones donde requiere flexibilidad.

Diámetro mínimo de poleas y tambores. 42 veces el diámetro del cable.

Grupo 6X19 (Con 15 a 26 Alambres por Torón)

Existen varias combinaciones y construcciones de cables en este grupo, los torones se construyen usando de 15 hasta 26 alambres, lo que facilita la selección del cable más adecuado para un trabajo determinado.

Anteriormente, la construcción más en uso en cables mayores a 8 mm. de diámetro era la construcción 6x19 Filler (12/6F/6/1), conocido también como 6x25 por tener la ventaja de tener un nivel de resistencia a la abrasión y aplastamiento aceptable, pero también suficiente flexibilidad para trabajar en poleas o tambores que no tengan un diámetro muy reducido en relación al diámetro del cable.

La construcción 6 x 19 Filler está formada por seis torones de 25 alambres cada uno que están integrados por dos capas de alambres principales colocados alrededor de un alambre central, con el doble de alambres en la capa exterior (12) a los que tienen la capa interior (6). Entre estas dos capas se colocan 6 alambres más delgados, como relleno (Filler) para darle la posición adecuada a los alambres de la capa exterior.

Diámetro mínimo de poleas y tambores: 26 veces el diámetro del cable. Con el pasar del tiempo ha surgido otra construcción que está reemplazando el diseño anterior debido a que se ha demostrado que este nuevo diseño ofrece un mayor rendimiento y utilidad para los usuarios.

La construcción 6 x 26 está formada por seis torones con 26 alambres cada uno, que están integrados por tres capas de alambres colocados alrededor de un alambre central. En la capa exterior hay 10 alambres, la capa intermedia hay 5 alambres de un diámetro y 5 alambres de un diámetro interior puestos en una manera alternada y la capa interior también tiene 5 alambres puestos sobre un alambre central.

Aunque esta construcción tiene una flexibilidad un poco menor que la construcción antigua (6 x 25), la construcción 6 x 26 tiene una sección de acero más sólida y alambres exteriores más gruesos, por lo tanto, tiene una mayor resistencia a la compresión y a la abrasión.

Diámetro mínimo de poleas y tambores. 30 veces el diámetro del cable. En este grupo hay una tercera construcción que tiene un alto volumen de consumo en trabajos bien definidos y ésta se llama 6x19 Seale.

Esta construcción está formada por 6 torones de 19 alambres cada uno, que están integrados por dos capas de alambres del mismo número (9), colocados alrededor de un alambre central. En este caso, los alambres de la capa exterior son más gruesos que los alambres de la hilera interno, con el objeto de darle una mayor resistencia a la abrasión, pero su flexibilidad es menor que los 6 x 26, aunque no son tan rígidos como la construcción 6 x 7.

Diámetro mínimo de poleas y tambores. 34 veces el diámetro del cable.

Grupo 6 x 37 (Con 27 a 49 Alambres por Torón)

Las construcciones de este equipo son más flexibles que las de los grupos 6 x 7 y 6 x 19, debido a que tienen un mayor número de alambres por torón. Este tipo de cables se utiliza cuando se requiere mucha flexibilidad.

No se recomiendan cuando son sometidos a una abrasión severa, porque el diámetro de sus alambres externos es pequeño.

En este grupo la construcción 6 x 37 es generalmente encontrada en cables con diámetros menores a 9 mm. En diámetros superiores a 8 mm los cables son fabricados con el concepto moderno con todos los alambres torcidos conjuntamente en una forma paralela en cada torón, evitando roce interno y logrando una mayor vida útil.

Como existen varias construcciones en este grupo, se presentan las de mayor uso y sus rangos de diámetros para obtener el óptimo rendimiento.

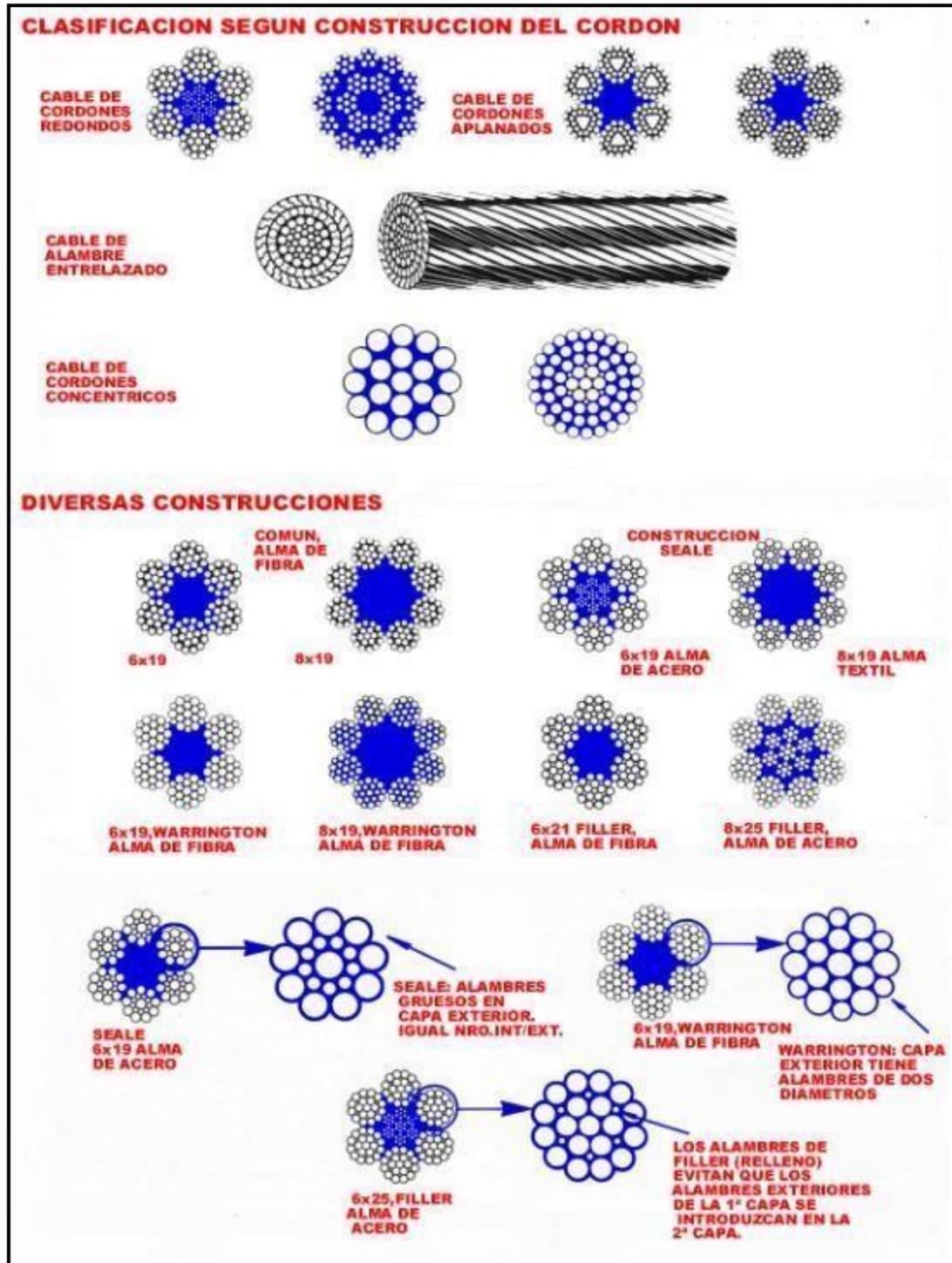
Diámetro mínimo de poleas y tambores. 23 veces el diámetro del cable.

Grupo 8 x 19

Además de los grupos antes señalados, es conveniente mencionar las series 8 x 19 que están fabricado con 8 torones alrededor de un alma (generalmente de fibra). Al utilizar 8 torones en vez de 6, hace que el cable sea más flexible, pero debido a que este tipo de cable tiene un alma más grande que los cables de 6 torones, lo hace menos resistente al aplastamiento.

Existen construcciones en esta serie tanto con almas de fibra, almas de acero y almas de acero plastificadas para usos bien especificados.

FIGURA 4.16
CONSTRUCCIONES DE CABLE DE ACERO



Notación

La composición de un cable viene expresada por una notación compuesta de tres cifras, por ejemplo **6x19+1 Seale**. La primera indica el número de cordones del cable, la segunda el número de alambres de cada cordón y la tercera el tipo de alma. La palabra Seale indica una disposición especial de los cordones.

Si el alma del cable es metálica formada por alambres, se sustituye la última cifra por una notación entre paréntesis que indica la composición de dicha alma. Por ejemplo, 6x19+(7x7+0). Cuando los cordones o ramales del cable sean otros cables, se sustituirá la segunda cifra por la notación que señale su composición, también entre paréntesis. Por ejemplo, 6x(6x7+1)+1.

En general la notación de los cables de acero cumplirá:

$$\text{(n° de cordones) x (n° de alambres/cordón) + (notación del alma)}$$

Si el alma es textil se designa escribiendo **+1**. En cambio, si el alma es metálica pero de la misma composición que los demás cordones, se anota **+0**.

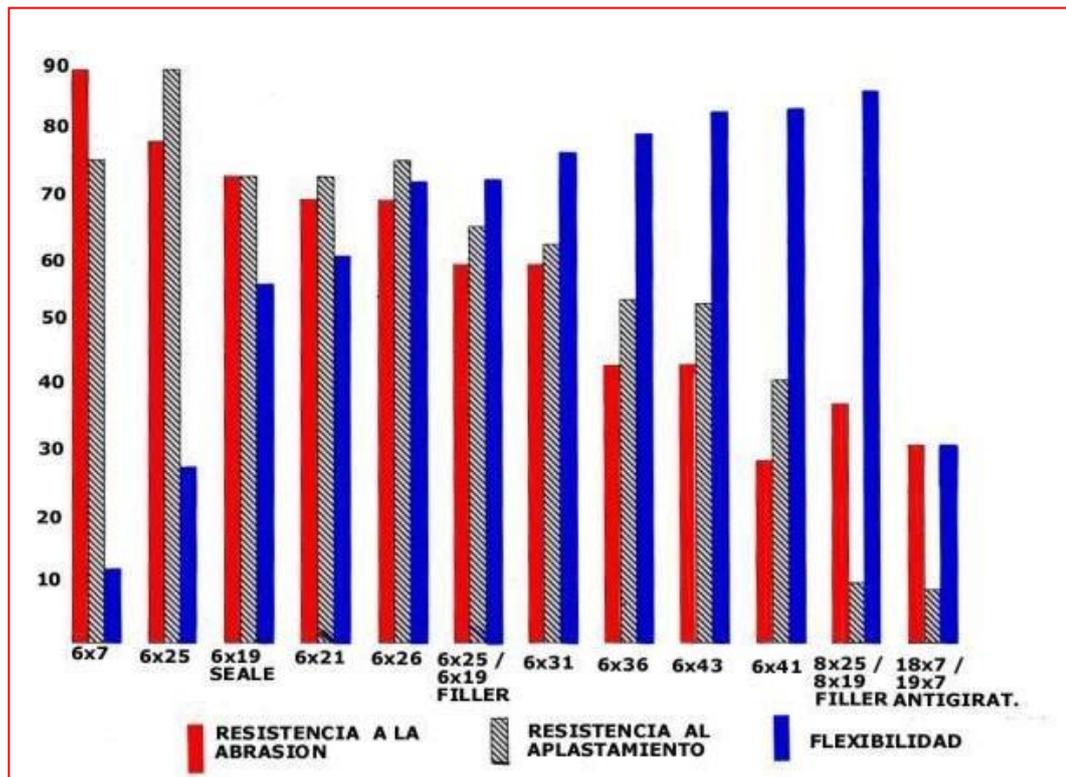
CABLE ANTIGIRATORIO

El cable antigiratorio posee una construcción especial que le permite ser cargado sin prácticamente ninguna tendencia a desenrollarse esto se debe a que posee una construcción especial, siendo torsionados los cordones de las capas interiores en el sentido contrario a los cordones de las capas exteriores. Sin embargo, por esta razón, el contacto entre los hilos límites de las capas interiores con los de las capas exteriores es irregular y tienen una tendencia a dañarse en servicio mucho más

rápidamente que otros tipos de cables. También es proclive a sufrir deslizamiento del núcleo respecto de la capa exterior.

Comparativa de características mecánicas:

GRÁFICO 4.2
COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE CABLES



Factor de seguridad

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Tensión de rotura (kg/cm}^2\text{)}}{\text{Tensión de trabajo (kg/cm}^2\text{)}}$$

Los cables estructurales de acero se dimensionan con un adecuado factor de seguridad que tiene en cuenta las tensiones adicionales que sufren al ser utilizados (enrollado sobre los tambores, flexión y abrasión al correr sobre las poleas) además de las cargas dinámicas que se producen al acelerar y frenar la carga. El otro factor

a considerar es la importante incidencia que tiene la corrosión en la reducción de la capacidad de un cable expuesto a la intemperie y la dificultad de determinar el daño que frecuentemente se produce en el interior del cable. Los factores de seguridad de cables, eslingas y tensores varían de acuerdo a la norma que se adopte:

TABLA 4.7
NORMAS DE CABLES DE ACERO

TIPO DE UTILIZACIÓN	ASME ANSI B 30,9
CABLES DE CARGA DE GRÚAS	5
ESLINGAS	5
PARA TRANSPORTE DE PERSONAS	10

Muy a menudo se considera al factor de seguridad como “una reserva de capacidad adicional de carga.” esto es un grave error, el coeficiente de seguridad de un cable al final de su vida útil es realmente menor que al comienzo.

El factor de seguridad tiene en cuenta:

- La reducción de su resistencia debido a desgaste, fatiga, corrosión, y variaciones en diámetro y calidad y del acero.
- Cargas dinámicas inerciales (aceleración, desaceleración, giro y sacudidas de la carga)
- El incremento del tiro (carga del cable) debido a fricción al pasar por poleas.
- Indeterminación del peso real de la carga y elementos de eslingaje.
- Reducción de la resistencia del cable por fatiga debido a flexión alternativa sobre poleas.

Lubricación

Lubricar es interponer entre dos superficies, generalmente metálicas expuestas a fricción, una película fluida que las separe a pesar de la presión que se ejerza para juntarlas. La lubricación elimina el contacto directo de las superficies metálicas, impide su desgaste y reduce al mínimo el rozamiento que produce pérdida de potencia.

Porque es importante lubricar

La lubricación presenta gran importancia en la industria pues protege en gran medida los equipos, los cuales sin una lubricación conveniente no podrían operar.

La utilización del lubricante correcto en la forma y cantidad adecuada ofrece entre otros los siguientes beneficios:

- Reduce el desgaste de las piezas en movimiento.
- Menor costo de mantenimiento de la máquina.
- Ahorro de energía.
- Facilita el movimiento.
- Reduce el ruido.
- Mantiene la producción.

Funciones de los lubricantes:

Los lubricantes deben rebajar al máximo los rozamientos de los órganos móviles facilitando el movimiento, pero además deben reunir propiedades tales como:

- Soportar grandes presiones sin que la película lubricante se rompa.
- Actuar como refrigerante.

- Facilitar la evacuación de impurezas.

Elementos básicos que requieren lubricación:

Por complicada que parezca una máquina, los elementos básicos que requieren lubricación son:

- Cojinetes simples y antifricción, guías, levas, etc.
- Engranajes rectos, helicoidales, sin fin, etc., que puedan estar descubiertos o cerrados.
- Cilindros como los de los compresores, bombas y motores de combustión interna.
- Cadenas, acoples flexibles y cables.

Factores que afectan la lubricación:

El desempeño de un lubricante se ve afectado por varios factores. Los principales en términos generales son:

Factores de operación, principalmente tenemos:

- La carga.
- La temperatura.
- La velocidad.
- Posibles contaminantes.

Factores de diseño, se pueden considerar entre otros:

- Materiales empleados en los elementos.
- Textura y acabado de las superficies.
- Construcción de la máquina.

- Métodos de aplicación del lubricante.

Tipos o sistemas de lubricación:

- a) Manual.
- b) Centralizada o automática.

Tipos de lubricantes:

De acuerdo a su estado los lubricantes se pueden clasificar así:

- a) Gaseosos (aire).
- b) Líquidos (Aceites).
- c) Semi-sólidos (grasas).
- d) Sólidos, Por ejemplo: (Bisulfuro de molibdeno, grafito, talco).

Se destacan por su mayor utilización en la industria los aceites y las grasas.

Según su naturaleza los lubricantes se clasifican:

- a) Vegetales: Extraídos de las plantas y frutos, poco usados en la lubricación industrial pues comparados con los lubricantes minerales quedan en gran desventaja en lo que respecta al poder lubricante. Se les da mayor utilización en los alimentos. Podemos citar entre otros: Los aceites de oliva, soya, maíz, coco, algodón, higuera, etc.
- b) Animales: Son extraídos de la lana, de los huesos y tejido adiposo de los animales terrestres y marinos. También son poco usados en la lubricación industrial, se les utiliza en procesos industriales. Por ejemplo, en la fabricación de jabones. Entre los más conocidos citaremos: La lanolina, la manteca de cerdo, el aceite de ballena, etc.

c) **Minerales:** Los lubricantes minerales por sus características son los más utilizados en la industria. Se pueden clasificar así:

- Los derivados de los hidrocarburos, del petróleo, del carbón de piedra
- Los lubricantes sólidos como; el bisulfuro de molibdeno, el grafito, el tungsteno, el talco y otros.

Aceites lubricantes:

En la actualidad los aceites se derivan del petróleo. El petróleo crudo es esencialmente una mezcla de gasolina, keroséne, aceite combustible y diésel, fracciones lubricantes, asfalto y gas natural disuelto. Estos productos a su vez son mezclas a menudo de miles de compuestos diferentes, cada uno de los cuales hierve a una temperatura definida.

Para aplicaciones en las cuales las condiciones son extremadamente severas, los aceites de petróleo se refuerzan a menudo con la adición de ciertos agentes especiales (aditivos). La elección del lubricante adecuado es de suma importancia puesto que se tienen numerosos puntos para considerar en vista del servicio que se deba prestar.

Si tomamos como referencia lo concerniente al coeficiente de fricción debe observarse:

La viscosidad y hasta cierto punto que de sus propiedades depende la facultad de un aceite para quedar entre dos superficies en movimiento.

Con el aumento de temperatura se reduce la viscosidad y viceversa.

Con una película completa de espesor constante crece la fricción líquida a medida que aumenta la velocidad del movimiento.

Para elegir en cada caso el lubricante adecuado se dispone de aceites de petróleo que varían en viscosidad, punto de ebullición, estabilidad química y otras características ya que todo lubricante debe:

- Humedecer las superficies que necesitan lubricación.
- Poseer la viscosidad adecuada.
- No evaporarse excesivamente durante el servicio.
- No ser perjudicial a las sustancias con las que se pone en contacto y no tener tendencia a formar goma, barniz, sedimento y otros materiales que puedan estorbar su acción propia.
- Poseer tal estabilidad contra las alteraciones químicas, que ninguna de las propiedades mencionadas se haga insuficiente en el servicio.

El aceite lubricante o simplemente “aceite” es una compleja mezcla de hidrocarburos que representa una de las clasificaciones más importantes de productos derivados de la refinación del petróleo crudo, encontrándose una gran variedad tanto de tipos como de grados.

Una de las propiedades más importantes y toda la historia de la lubricación gira alrededor de ella, es la viscosidad, La viscosidad de un fluido es su resistencia a fluir libremente. Fluidos espesos como la melaza tienen alta viscosidad porque no fluyen con rapidez. Fluidos delgados como el agua, fluyen rápidamente y tienen bajas viscosidades.

Los aceites lubricantes se encuentran en una gran variedad de viscosidad.

Características de los lubricantes:

Viscosidad (ASTM D445-IP 71): La viscosidad dinámica de un fluido es la relación que existe entre la tensión de corte aplicada y el gradiente de velocidad, y es una indicación de la resistencia a fluir a una temperatura determinada. En el sistema CGS la unidad es el Poise (P) y usualmente se emplea el centipoise (cP). La viscosidad cinemática es la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad de un fluido, y es una indicación de su resistencia a fluir por gravedad a una temperatura determinada. La viscosidad cinemática es por lo tanto proporcional al tiempo que un cierto volumen de fluido tarda en escurrir a través de un capilar calibrado, y todos los métodos de medición están basados en este principio. En el sistema CGS la unidad es el Stoke (St) y usualmente se emplea el centistoke (cSt). La variación de la viscosidad cinemática de un aceite, con la temperatura es de tipo logarítmica, de modo que en una gráfica adecuada se puede representar mediante una recta.

Índice de viscosidad: I.V. El índice de viscosidad es el valor que indica la variación de la viscosidad de un aceite frente a la acción de la temperatura. Para hallar el índice de viscosidad se compara la variación de viscosidad que ha sufrido un aceite a dos temperaturas distintas y fijas, casi siempre 100°F (38°C) y 210°F (99°C). Se ha establecido una escala convencional que va de 0 a 100, donde los aceites que tiendan a 0 representan los de mayor variación y son poco estables y los cercanos a 100 son los más estables. Se han logrado por medio de aditivos, índices de

viscosidad superiores a 100 y se consideran estos aceites como inafectables por la temperatura. Para uso automotriz se deben utilizar IV superiores a 85.

Untuosidad: Se entiende por untuosidad la adherencia del aceite a las superficies a lubricar. Es una propiedad de acción física, la cual, aunque siempre es de interés, tiene su máximo exponente en la lubricación de motores de vehículos y de cojinetes sometidos a frecuentes paradas y arranques

Demulsibilidad (ASTM D 1401 - IP 19): Es una indicación de la capacidad de un aceite para separarse del agua y no formar emulsiones. Consiste en mezclar cantidades iguales de agua y aceite a una cierta temperatura, agitar y luego dejar reposar. Se mide el tiempo necesario para que la emulsión desaparezca y se separe el agua del aceite.

Densidad: (Gravedad específica): Densidad es la relación existente entre el peso de un volumen determinado de una sustancia y el del agua destilada a 4°C. En los aceites lubricantes esta relación es menor a la unidad (0,855 a 0,934), lo cual nos indica que son menos pesados que el agua, razón por la que flotan en ella. La densidad de los aceites se da a la temperatura de 15,5°C.

Puntos de fluidez y congelación: El punto de fluidez es aquella constante que indica cuál es la mínima temperatura a la que fluye el aceite por los circuitos de lubricación, es decir el aceite a bajas temperaturas se va volviendo más viscoso, hasta que llega el momento en que deja de fluir. Esta característica se debe tener en cuenta principalmente en aceites que van a lubricar mecanismos que trabajan a bajas temperaturas, por ejemplo máquinas frigoríficas.

Si se continúa enfriando el aceite, casi inmediatamente se produce la congelación total, punto éste que se conoce como congelación.

Punto de inflamación y combustión: El punto de inflamación de un aceite lo determina la temperatura mínima a la cual los vapores desprendidos por un aceite se inflaman en presencia de una llama o chispa que va saltando casi de un modo continuo.

El punto de inflamación tiene una importancia vital en aquellos mecanismos donde el aceite trabaja a elevadas temperaturas: por ejemplo, motores de combustión interna en los que se requieren puntos de inflamación superiores a 215°C. En cambio para lugares donde la temperatura sea la ambiental o ligeramente superior, esta característica no tiene interés alguno, ya que todos los aceites superan en mucho a dicha temperatura. Si se prosigue calentando el aceite al llegar a una temperatura de 20° o 30°C superior al punto de inflamación, los vapores desprendidos ya no arden momentáneamente, sino de un modo continuado; este fenómeno se conoce con el nombre de punto de combustión.

Acidez: Es el porcentaje de ácidos libres que un aceite contiene. Dichos ácidos siempre son perjudiciales tanto para el lubricante como para los metales con los que están en contacto. No es aceptable un aceite que arroje un porcentaje de acidez superior al 0,25%. Una de las formas de definir la acidez o alcalinidad de una materia es por la escala PH que va numerada desde 0 hasta 14,14; en esta escala hay un punto intermedio de 7,07 que corresponde al agua destilada, o sea, el neutro.

Numero de neutralización (ASTM D 664 - IP 177): Es una medida de la cantidad de sustancias ácidas o básicas presentes en la muestra. La acidez o alcalinidad se

expresa como valor de neutralización es decir los mg de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar los ácidos en un g de aceite lo cual se denomina alcalinidad o Número Acido Total (T.A.N) o bien la cantidad de ácido requerida para neutralizar los componentes básicos, pero expresada también en su equivalente a mg de KOH que recibe el nombre de alcalinidad o Numero Base Total (T.B.N).

Porcentaje en cenizas:

Las impurezas (ceniza y azufre) siempre son indeseables en los aceites. En la mayor parte de los casos, proceden de los álcalis utilizados en la refinación y que no han sido después completamente eliminados, o bien provienen de desprendimiento de impurezas o costras de los conductos por los que atraviesa durante todo el ciclo.

Los aceites con porcentajes de cenizas superiores a un 0,02% no son recomendables para lugares finamente ajustados y revolucionados.

Residuo carbonos: El residuo carbonoso es la tendencia a la formación de carbón en los aceites que han de trabajar en lugares que, por su alta temperatura se quemán.

Los porcentajes de carbón admisibles en los aceites lubricantes son de 0.1 hasta 0.9%.

Espuma (ASTM D 892): Es una forma de evaluar la tendencia de un aceite a formar espuma. Consiste en insuflar aire en una muestra durante 5 minutos e inmediatamente medir el volumen de espuma formado. Luego se deja reposar y se mide nuevamente la espuma al cabo de 10 minutos.

Tipos de aceite:

Los aceites lubricantes derivados del petróleo están clasificados en una variedad muy amplia, de acuerdo con el servicio al que se han de aplicar.

Algunos de ellos, se destinan virtualmente a usos especiales, mientras que otros pueden emplearse con éxito en una variedad tan extensa de maquinaria, que se convierten en productos de aplicación múltiple.

Nos interesa conocer básicamente lo relativo a las clasificaciones siguientes.

- Aceites para sistemas de circulación: Probablemente son estos los lubricantes de más alta calidad que se pueden obtener en la actualidad (Aceites para lubricación de turbinas de vapor, Aceites para usos hidráulicos, Aceites para sistemas circulatorios en trenes de laminación, Aceites para sistemas circulatorios para maquinaria papelera, Aceites para servicio pesado, motores de combustión interna)
- Aceites para engranajes.
- Aceites para maquinaria o para motores.
- Aceites para husillos.
- Aceites para refrigeración.
- Aceites para cilindros de máquinas a vapor.

Elección de un aceite lubricante en cuanto a la viscosidad:

Los factores que afectan fundamentalmente la lubricación con un aceite en cuanto a su viscosidad son:

- a) **Velocidad:** La velocidad tiende a producir la cuña de aceite que protege los mecanismos, es decir siempre que la velocidad sea ELEVADA hay una mejor facilidad para formarse la cuña de aceite y por lo tanto usamos un aceite ligero (de baja viscosidad). Además existe un menor fricción fluida (la que se forma entre las películas) y una menor pérdida de potencia. Por el

contrario, cuando la velocidad es baja, la deficiencia en la formación de la cuña de aceite debe ser suplida mediante un aceite más viscoso, es decir que presente dificultad para romperse la película de aceite.

b) Carga o presión: Cuando existe una carga pesada, esta tiende a unir las dos superficies en movimiento. Una mayor viscosidad del lubricante soportará mejor la acción de esa carga pesada. Por el contrario si se trata de un cojinete pequeño, que lleva una carga muy pequeña, será indispensable un aceite de baja viscosidad, para permitir el libre movimiento de las partes y menor pérdida de potencia por fricción fluida.

c) Temperatura: La temperatura influye directamente modificando la viscosidad de los aceites. Todo lubricante al ser calentado sufre una disminución de viscosidad, el enfriamiento produce el efecto contrario.

Al seleccionar un lubricante deberá tenerse en cuenta la temperatura ambiente o de operación; si el ambiente es caliente, se deberá emplear un aceite muy viscoso, Inversamente, si se va a trabajar en ambientes fríos deberá lubricarse con aceites de baja viscosidad.

Grasas lubricantes:

Las grasas lubricantes son aceites minerales espesados con jabones. El jabón actúa como base o soporte del aceite. Tanto las propiedades de la base como del aceite lubricante, así como las proporciones de cada uno de estos componentes, proporcionan las características fisicoquímicas que son las que determinan el uso y aplicación de cada tipo.

Características de las grasas:

Las principales características de las grasas son:

a) **Consistencia:** Es el grado de dureza o resistencia a la penetración.

Generalmente depende de los elementos que la componen, de la cantidad, y del proceso de elaboración. La consistencia se mide con el Penetró metro.

El ensayo se reduce a dejar el penetró metro sobre la superficie de la grasa, sin más fuerza que la de su propio peso y durante 25 seg. se observa en la carátulalo que ha penetrado en décimas de milímetro. Esta prueba se realiza a una temperatura estándar de 25°C. El peso del penetró metro es de 150 gramos de peso.

La A.S.T.M (American Society Testing Materlais) Sociedad Americana para prueba de Materiales, y la NLGI (National Lubricating Grease Institute) Instituto Nacional de Grasas, determinan la penetración en el siguiente tabla:

TABLA 4.8
PENETRACIÓN DE LAS GRASAS

Grado NLGI		Penetración trabajada En décimas de milímetro
0	Semifluida	355 - 385
1	Muy blanda	310 - 340
2	Blanda	265 - 295
3	Mediana	220 - 250
4	Dura	175 - 205
5	Muy dura	130 - 160
6	Extradura	85 - 115

La estabilidad de una grasa es la constante que determina el comportamiento del producto en lo referente a la separación del jabón y del aceite ante las duras agresiones de temperatura, velocidad y presión, que deben soportar durante su trabajo o bien durante el almacenaje prolongado.

El fenómeno de no estabilidad se aprecia por la formación de una capa superficial de aceite líquido sobre la masa total de la grasa. Son poco estables las grasas a base de calcio.

- b) **Reversibilidad:** Se entiende por reversibilidad en una grasa la propiedad de recuperar su estructura primitiva una vez separados el aceite y el jabón por acción de una elevada temperatura y velocidad. Es casi una propiedad imprescindible en las grasas destinadas a la lubricación de rodamientos.
- c) **Punto de fusión y de gota:** Es la temperatura en la cual una grasa deja de comportarse como tal y se transforma en un aceite y un jabón ambos por separado. Si se prosigue calentando la fluidificación se irá incrementando hasta que se desprenda una gota.
- d) **Adherencia o pegajosidad:** La adherencia o pegajosidad de una grasa la determina casi exclusivamente la clase de jabón empleado. Las grasas fibras presentan mayor adherencia que las mantequillosas.

Esta propiedad es importante cuando se trata de engrasar sistemas muy revolucionados (giratorios).

Otras grasas:

También existen otras clases de grasas que no son las de aceites minerales espesados con jabones. Citaremos entre ellas:

- Grasas fabricadas con lubricantes sintéticos espesados con jabones, o aceites de siliconas. Grasas fabricadas con lubricantes espesados, no con jabones sino con arcillas coloidales (Bentone).
- Grasas fabricadas con bisulfuro de molibdeno, grafito, etc.

El empleo de las grasas a base de siliconas va extendiéndose rápidamente a pesar de su menor capacidad lubricante con respecto a las de aceites minerales y de su precio muchísimo más elevado, por su perfecto comportamiento ante la temperatura, la cual no le afecta hasta pasados los 200°C. Además, una de las propiedades más interesantes de este tipo de grasas es la gran diferencia en pérdida de peso con las normales ante un mismo ataque térmico.

En las grasas de muy buena calidad elaboradas a base de aceites minerales, la pérdida de peso experimentado al exponerlas a una temperatura de 65°C durante cuarenta horas, es de un 35 a un 40% mientras que la misma experiencia realizada con las de siliconas da un valor oscilante alrededor del 4%.

Selección de lubricantes:

Aceite contra grasas:

El uso de uno u otro dependerá más o menos, del diseño del cojinete, de las condiciones de trabajo y del tipo de máquina que se va a lubricar.

Ventajas de las grasas.

- a) La frecuencia de lubricación es usualmente menor cuando se usa grasa que cuando se usa aceite. Esto hace a la grasa ideal para puntos de lubricación de difícil acceso.
- b) La grasa es menos propensa a derramarse del alojamiento de un cojinete, por su naturaleza plástica, especialmente en lugares poco cubiertos.
- c) Usualmente se necesita menos grasa para la buena lubricación de un cojinete que la que se necesitaría en el caso de usarse aceite.
- d) La grasa actúa como un sello contra el polvo, la suciedad y el agua.

Ventajas de los aceites:

El aceite se adapta más a todas las partes de una máquina, como cojinetes engranajes y correderas.

El aceite es más fácil de manipular en el vaciado y llenado de cárteres o depósitos cerrados. Por ejemplo: Caja de velocidades.

Es más fácil controlar la cantidad correcta de lubricante en un cojinete cuando se utiliza aceite.

El aceite es más adecuado para una escala amplia de temperatura y condiciones de operación. Si debido a las altas temperaturas de operación se requiere el enfriamiento del aceite podemos usar un sistema circulatorio de aceite, o serpentines de enfriamiento.

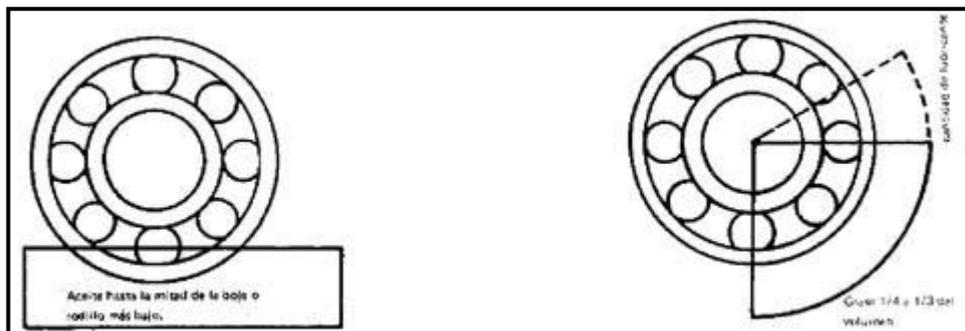
Los aceites ofrecen una escala más amplia de viscosidad a elegir para un campo más amplio de velocidades y cargas a soportar que con las grasas.

Es posible un campo más amplio de elección de métodos de aplicación con el aceite que con las grasas.

En la siguiente gráfica se indica la cantidad de aceite o grasa a suministrar cuando se trata de lubricar rodamientos. En la figura siguiente se utiliza aceite, el nivel del aceite debe llegar hasta la mitad del rodillo o bola más baja.

Cuando se utiliza grasa se aplica una cantidad aproximada de 1/4 a 1/3 del volumen de la cavidad disponible.

FIGURA 4.17
CANTIDAD DE ACEITE PARA RODAMIENTOS



Lubricantes sólidos:

En muchas aplicaciones no se pueden utilizar grasas o aceites, ya sea por la dificultad de aplicarlos, por problemas de sellado o por condiciones ambientales desfavorables. Por lo tanto, ha sido necesario desarrollar una serie de lubricantes sólidos de baja fricción, tal como el Bisulfuro de Molibdeno (MoS_2), que previenen el desgaste y que mantienen una película lubricante más o menos permanente enlazada a las superficies metálicas.

Son utilizados como lubricantes sólidos, entre otros, el Bisulfuro de Molibdeno, el grafito, bentonitas, el talco, greda (con base silicosa), óxido de zinc (ZnO_2) y otros.

Grafito:

El grafito coloidal de horno eléctrico, se ha venido utilizando por su gran untuosidad, para resolver problemas de lubricación que sin él se consideraban insalvables, tal como la lubricación seca a temperaturas extremas, separación de moldes, etc.

El grafito tiene gran dispersabilidad en un gran número de líquidos, una alta resistencia a la oxidación a elevadas temperaturas, es inatacable por ácidos y alcalinos y tiene idéntica polaridad en todas las partículas cargadas eléctricamente. Además no se dilata por el calor, es adhesivo a las superficies metálicas y es buen conductor del calor y de la electricidad. El grafito puede ser natural o artificial. Cuando se utilice el grafito en dispersiones debe tenerse en cuenta, hacerlo con un criterio autorizado o consultar a la casa suministradora para que ella instruya convenientemente, pues aquí, más que en cualquier otra modalidad de lubricación, los errores pueden ser muy perjudiciales, ya que el medio dispersante a utilizar varía considerablemente.

Tales dispersores generalmente son el agua destilada, el aceite mineral, el aceite de recino, los lubricantes y resinas sintéticas, naftas, octano, heptano, etc., añadiéndoseles el grafito, en diferentes proporciones.

Bisulfuro de molibdeno:

El bisulfuro de molibdeno como lubricante se viene utilizando desde el año 1950, en el que se descubrió que reunía muchas de las cualidades del lubricante ideal.

El bisulfuro de molibdeno es resistente al ataque de muchos ácidos, es atacado por el agua regia, ácido clorhídrico hirviente (CIH). No es magnético, es semiaislante. El lubricante seco solamente se utiliza con resultados satisfactorios cuando, por razones de extremas temperaturas, altas o bajas, no pueden mantenerse películas líquidas y en atmósferas polvorientas, donde las películas líquidas no resultan convenientes, así como en mecanismos de altísima precisión cuyas piezas están montadas sin juego, o donde haya peligro de deterioro de películas líquidas que pudieran alterar movimientos en aparatos ultrasensibles. Sin embargo, sus mejores resultados, tanto técnicos como comerciales los da cuando trabaja disuelto por una serie de solventes específicos para cada clase de trabajo a desempeñar.

Estos productos los cuales se ha aditivado el bisulfuro de Molibdeno generalmente son: Fluidos minerales, aceites sintéticos, siliconas, grasas, consistentes de litio, resinas sintéticas, disolventes orgánicos y resinas termoplásticas.

Las condiciones y características que lo distinguen de los aceites lubricantes convencionales, son las siguientes:

- a) Adherencia tenaz.
- b) Aumento de la capacidad de carga.
- c) Disminución del desgaste.
- d) Protección en el arranque en frío.
- e) Disminución de temperaturas operacionales.
- f) Absorción de impactos y vibraciones.

Aplicaciones del bisulfuro de molibdeno:

Entre las aplicaciones donde el bisulfuro de molibdeno se considera superior a cualquier otro lubricante, pueden citarse:

- a) Cojinetes plásticos.
- b) Ambientes polvorientos y abrasivos.
- c) Estirado de alambres, perfiles y tubos en siderúrgica.
- d) Uniones roscadas, válvulas y husillos en aparatos de oxígeno y nitrógeno líquido. Como lubricante en el vacío.
- e) Aditivo o grasa como solución de severos problemas de desgastes en partes vitales de aviones y ferrocarriles.
- f) Ventiladores expuestos a altas temperaturas, empaquetaduras de asbesto en tubos, puestas de caldera, industrias cementeras en especial.
- g) Montaje en general de trituradores de piedras, molinos, prensas, rodillos de tractores, chumaceras, engranajes, pernos, tuercas, sin-fines, pasadores, bombas, ejes, turbinas.
- h) Industrias pesadas o livianas donde existan problemas de fuertes cargas, extrema temperatura, ambientes corrosivos y severos desgastes.

TABLA 4.9
TABLA DE LUBRICANTES SOLIDOS

PRODUCTO	CUALIDADES Y CARACTERÍSTICAS	ADAPTABILIDAD DEL SERVICIO DE LUBRICACIÓN
Bentonitas	Se producen por la reacción de hidrosilicato de magnesio aluminio o barro bentonítico con una sal amoniacal. Sus características son: Estabilidad a temperaturas altas, resistencia al agua, no se licuan	Efectiva en combinación con grasas derivadas del petróleo. Se preparan mediante un proceso de gelatinización. No se emplea jabón. Es muy adecuada para servicios a temperaturas altas y contenido de agua excesivo
Greda (o arcilla de Betan)	Con base silicosa división fina	Puede aplicarse seca o mezclada con agua, aceite ligero o grasa. Es efectiva para retardar la corrosión por fricción. Resistente a altas temperaturas hasta de unos 700°F.
Grafito	Extraído del coqueo del carbón de antracita. Molido hasta obtener grafito coloidal utilizable en la lubricación. Su naturaleza escamosa en forma de laminillas agrupadas una sobre otra, produce el efecto lubricante al deslizarse estas laminillas una sobre otras durante el movimiento.	Puede emplearse seco o mezclado con aceite o grasa. Su inercia química lo capacita para trabajar en donde se requiere una alta estabilidad térmica. La temperatura máxima a la que se puede usar es aproximadamente 1.500°F. No es muy efectivo para evitar la corrosión si se aplica en seco.
Bisulfuro de molibdeno (MOS ₂)	Estable en altas temperaturas. Tiene buena tenacidad superficial. Su coeficiente de fricción es bajo.	Es efectivo para reducir la fricción en altas velocidades de deslizamiento. Puede ser mezclado con algún solvente para aplicarlo a las partes que han de ser lubricadas. Para obtener los mejores resultados de un lubricante químicamente activo de este tipo, las superficies del metal deben mantenerse limpias.
Mica	Un mineral natural que es finamente pulverizado.	Puede usarse igual que el talco, como material de pulimento para obtener superficies de acabado fino en partes de máquinas. Algunas veces se agrega a ciertos lubricantes como material de relleno o para aumentar la viscosidad.
Talco	Esteatita pulverizada	Se usa como material de pulimento para el acabado de superficies en partes de máquinas.
Óxido de zinc (ZnO ₂)	De color blanco. Partículas muy pequeñas del polvo-no requiere molienda. Tiene un coeficiente de fricción baja.	Se emplea como un elemento componente en el aceite mineral que se usa en la lubricación de partes en donde se manejan productos expuestos a descomposición como son el manejo y manufactura de productos alimenticios y carnes.

Fuente: Curso de mantenimiento industrial – campus virtual CETP/UTU – Universidad del trabajo de Uruguay

Aditivos:

Los lubricantes modernos contienen cada vez y más frecuentemente pequeñas cantidades de sustancias químicas llamadas aditivos, entre los cuales podemos mencionar: Aditivos para elevar el índice de viscosidad, aumentar la resistencia a la oxidación, dar propiedades detergentes, incrementar la resistencia de la película lubricante, dar productos de extrema presión, cambiar el color, bajar el punto de congelación etc. Son elaborados normalmente para llenar ciertos requerimientos de lubricación, en general son más caros que los aceites minerales puros y no se justifica su uso salvo que las condiciones de operación sean tales que requieran el uso de estos aditivos.

Importante: Por ser los aditivos compuestos químicos pueden producir efectos adversos, que debe conocerlos quien los vaya a utilizar, su desconocimiento puede llegar a causar daños graves en los mecanismos o en el lubricante.

Si se tiene duda en su uso conviene consultar el servicio técnico de la casa que distribuye los aditivos.

Clases de aditivos:

Los aditivos pueden dividirse en dos grandes grupos, según los efectos que producen.

Inhibidores:

Destinados a retardar la degradación del aceite, actuando como detergente, dispersante, antioxidantes y anticorrosivos.

Aditivos mejoradores:

De las cualidades básicas físicas, con acción sobre el índice de viscosidad, el punto mínimo de fluidez, el poder antiespumante, la untuosidad, la extrema presión y la rigidez dieléctrica, aumento del punto de inflamación y reducción del punto de congelación entre otras.

TABLA 4.10
ADITIVOS USADOS EN EL PETRÓLEO RESIDUAL

Ejemplos de aditivos usados en el petróleo residual		
TIPO DE ADITIVO	COMPOSICIÓN QUÍMICA	MOTIVOS PARA SU USO
Inhibidor de corrosión	Naftenatos metálicos	Reduce la corrosión y formación de depósitos
Dispersante	Naftenatos de alquil	Para dispersar el lodo
Agente superficial activo	Jabones de amoniaco	Suspende el agua en el aceite
Agente anti-escorificador	Oxidos metálicos	Limpia paredes hornos y turbinas
Mejorador de combustión	Acetilos metálicos	Cataliza la combustión

Fuente: Curso de mantenimiento industrial – campus virtual CETP/UTU – Universidad del trabajo de Uruguay

TABLA 4.11
ADITIVOS USADOS EN LAS GRASAS LUBRICANTES

Ejemplos de aditivos usados en las grasas lubricantes		
TIPO DE ADITIVO	COMPOSICIÓN QUÍMICA	MOTIVOS PARA SU USO
Agente espesador	Jabones metálicos	Retiene fluidos por absorción
Materiales de relleno	Oxidos metálicos	Aumenta volumen de la grasa
Inhibidor de oxidación	Fenil-beta-naftilamino	Impide la oxidación
Desactivador metálico	Mercaptobenzotiazolo	Impide efectos catalíticos de metales
Inhibidor de corrosión	Sulfonato de amoniaco dionil naftaleno	Suspende la corrosión
Agente antidesgaste	Bisulfuro de dibensilo	Reduce el desgaste
Agente contra presiones externas	Caras clorinadas Naftaleno de plomo	Reduce fricción
Mejorador de punto de goteo	Jabones grasos	Aumenta el punto de goteo
Estabilizador	Esteres de ácidos grasos	Aumenta temperatura para el uso
Agente espesador	Polibutilenos	Suministra Adhesividad en superficies metálicas

Fuente: Curso de mantenimiento industrial – campus virtual CETP/UTU – Universidad del trabajo de Uruguay

TABLA 4.12
ADITIVOS USADOS EN ACEITES LUBRICANTES

Ejemplos de aditivos usados en aceites lubricantes		
TIPO DE ADITIVO	COMPOSICIÓN QUÍMICA	OBJETO
Mejorar índice de viscosidad.	Polímeros de metacrilatos	Reduce actividad en el cambio de viscosidad con la temperatura
Deprimen punto de fluidez	Naftaleno alquilado	Reduce punto de fluidez del aceite
Detergente dispersante	Productos de alquil P2 S5 sulfonatos de metal, alquilpoliámico, fenolatos de alquil metálicos	Conserva los insolubles en suspensión, mantiene limpieza.
Inhibidor de oxidación	Dialquilditiofosfato de zinc	Demora la oxidación en aceites
Inhibidor de herrumbre	Alquilaminos	Impide Herrumbre en metales ferrosos adhesión
Inhibidor de corrosión	Sulfonatos básicos metales	Impide ataque de materiales ácidos a metal
Agentes contra presiones extremas	Olefinos Sulfurados. Parafinas clorinadas	Impide se adhieran las superficies metálicas
Inhibidor de espuma	Polímero de siloxán	Reduce tendencia a formar espuma
Agente anti rayado y anti desgaste	Sales metálicas de fosfato de alquil ácido	Suministra pulido químico y reduce desgaste.

Fuente: Curso de mantenimiento industrial – campus virtual CETP/UTU – Universidad del trabajo de Uruguay

4.6 FASES DEL PROYECTO

Que mantener y que engrasar

Los equipos de izaje están conformados por tres sistemas principales: el sistema de izaje, el sistema de traslación del puente o pórtico y el sistema de traslación del polipasto, estos sistemas tienen a la vez subsistemas tales como: sistema eléctrico o electrónico y sistema mecánico.

Para tener un mejor control del equipo se ha propuesto lo siguiente:

- a) El ciclo de mantenimiento que se usara en cada equipo estará basado de acuerdo al historial de fallas que se tenga de cada equipo además de considerar la frecuencia de uso y el ambiente de trabajo además se investigara si el polipasto fue diseñado para el ambiente actual del trabajo, para lo cual se usara el detalle del historial de uso de cada equipo y los manuales del fabricante y se combinaran con la experiencia obtenida lo mencionado se detallara a continuación:

Se evaluara el estado de los componentes de cada sistema

1. Sistema de izaje

1.1. Componentes eléctricos

a. Tablero eléctrico

- ✓ Contactores
- ✓ Fusibles
- ✓ Llaves térmomagnéticas
- ✓ Cableado
- ✓ Variadores de frecuencia (movimiento del trolley)

b. Motor eléctrico

c. Cableado eléctrico

d. Botonera o control remoto de mando

e. Cable de botonera

f. Limitadores de traslación

g. Limitadores de izaje

1.2. Componentes mecánicos

- a. Cable de izaje o cadena
- b. Caja reductora (cable) o caja de engranajes (cadena)
- c. Punto muerto (cable)
- d. Tambor de enrollamiento
- e. Pasteca
 - ✓ Poleas
 - ✓ Gancho de izaje

2. Sistema de traslación del trolley

2.1. Componentes eléctricos

- a. Sistema de electrificación del trolley
- b. Tablero eléctrico – (se usa conjuntamente con el de izaje)
- c. Motor eléctrico para traslación

2.2. Componentes Mecánicos

- a. Rueda motriz
- b. Rueda conducida
- c. Engranajes
- d. Estructura del trolley

3. Sistema de traslación del puente

3.1. Componentes eléctricos

- a. Sistema de electrificación del puente
- b. Motores eléctricos para las testeras

c. Tablero eléctrico del puente

- ✓ Contactores
- ✓ Fusibles
- ✓ Llaves térmomagnéticas
- ✓ Cableado
- ✓ Variadores de frecuencia (movimiento del trolley)

3.2.Componentes mecánicos

- a. Puente
- b. Testeras
- c. Ruedas motrices
- d. Ruedas conducidas

b). Se realizara una inspección detallada de todas las grúas y se realizara un informe donde se detallara el estado de todos los componentes de la grúa indicando el grupo de trabajo de cada equipo y recomendaran los cambios próximos de sus componentes además cada equipo se adecuara la normativa actual que rige en todo el territorio peruano

Se realizara un cronograma de mantenimiento e inspección: que dependiendo de la antigüedad y el uso del equipo variaran desde mensualmente (inspección) trimestralmente (inspección y mantenimiento) o semestralmente (mantenimiento)

La inspección y mantenimiento realizado se basara de acuerdo a componentes críticos

Elementos críticos a mantener

Cable de acero

Inspección

Se revisara el cable de izaje según los siguientes:

- Cuando la cantidad de hilos rotos sea el 10% o más del total de hilos del cable en un largo de 02 metros o según la norma ASME B 30.2 12 hilos rotos en un paso o 4 en un cordón
- Cuando el cable presente jaula de ardilla, dobles o alguna deformación que debilite el cable
- Cuando el diámetro del cable presenta una disminución del 10% de su diámetro nominal (ISO 4309)

Cuando el cable presente una o todas las anomalías descritas anteriormente el cable debe de ser cambiado al instante para evitar algún evento no deseado.

Los puntos del cable que más se deben de tener en cuenta son las longitudes que pasan por las poleas.

Nota: En cada inspección debe de limpiarse el cable para poder realizar una inspección adecuada, después de la inspección se volverá a lubricar el cable.

Mantenimiento

El mantenimiento del cable de acero se basa principalmente en la lubricación de todo el largo del cable, el procedimiento de la lubricación se realizara conforme se detalla líneas abajo:

1. Se limpiara todo el cable de acero completamente descolgado con un desengrasante, debe evitarse limpiar por completo el cable o inyectar presión al momento de limpiar el cable por que se corre el riesgo de que el desengrasante ingrese al alma haciendo que este pierda la propiedad de lubricación que adquiere al ser fabricado
2. Para la lubricación del cable existen dos tipos de lubricante: penetrantes y de recubrimiento.

Los lubricantes penetrantes contienen una solvente de petróleo que introduce el lubricante al alma del cable y luego se evapora, dejando detrás de sí una película lubricante gruesa para proteger y lubricar cada hilo de alambre. Los lubricantes de recubrimiento penetran ligeramente, sellando el exterior del cable de la humedad y reduciendo el desgaste y la corrosión por la fricción causada por el contacto con partículas externas.

Para la lubricación se utilizan ambos tipos de lubricantes, aunque hoy en día existen lubricantes que tienen ambas funciones.

3. La lubricación del cable se realizara cuando esté completamente enrollado en su tambor ya que en esa posición los torones del cable se encuentran ligeramente separados, eso facilita el ingreso del lubricante al alma.

Gancho de izaje

Inspección

Se inspeccionara lo siguiente:

1. Se ubicaran los 3 puntos equidistantes en el cuerpo del gancho, si es que no los tuviera se marcarían para poder tener una referencia en las próximas

inspecciones, la deformación de la distancia de estos puntos en esencial los dos que se encuentran en la garganta no deben de pasar más del 5% de la deformación comparada con la abertura original o más de ¼ in.

2. Se verificara el desgaste de los ganchos que según la normativa ASME 30.10 no debe de sobrepasar el 10% de las dimensiones de los valores originales
3. Se verificara que en el cuerpo del gancho no se encuentre corrosión ni grietas
4. Si presenta alguna evidencia de haber sometido a un calor excesivo o soldadura , o que haya sido mecanizado
5. Si la lengüeta o seguro de la garganta se encuentra dañado
6. Por ningún motivo el gancho se someterá a pintura de ninguna clase

Mantenimiento

Limpieza de todo el cuerpo del gancho y verificación de lo expuesto en la inspección, además de engrasar las partes móviles y rodamientos si los tuviera

Pasteca

Inspección

Se desarmara las pastecas y se verificara:

El estado de las poleas, que no presenten grietas o deformaciones

Se medirá que los canales de las poleas y se asegura que se encuentren dentro del rango que muestra la siguiente tabla:

TABLA 4.13
DIÁMETROS RECOMENDADOS PARA LAS GARGANTAS

Diámetros del fondo de las gargantas.		
Diámetro del cable	Diámetro del fondo de las gargantas	
	Mínimo	Máximo
Hasta 12	$d + 0,8 \text{ mm}$	$d + 2,4 \text{ mm}$
12 - 25	$d + 1,6 \text{ mm}$	$d + 3,2 \text{ mm}$
25-50	$d + 2,4 \text{ mm}$	$d + 4,8 \text{ mm}$
mayor de 50	$d + 3,2 \text{ mm}$	$d + 6,4 \text{ mm}$

Diámetros de cable en función de gargantas.								
Dimensiones de las gargantas	Diámetro del cable (mm)							
	6,5-9	9,5-14	15-20	22-26	28-31	33-39	42-48	51-56
a	30	40	56	72	80	95	115	135
b	20	30	40	50	60	72	85	100
c	18	25	32	40	48	56	64	75
r	5	8	12	15	18	22	25	30

Los problemas que conllevan al no tener una polea que cumpla con las dimensiones mínimas establecidas en el cuadro producirán un problema en la vida útil del cable de acero

- Muy cerrado: demasiado apretado → problema de acuñaamiento.
- Muy abierta: holgado → problema de aplastamiento.
- Normalmente se da a las gargantas el perfil formado por un arco de circunferencia de 135° y diámetro ligeramente superior al del cable. Dos rectas convergentes a 45°, hasta una altura total de 1,5 a 2 veces el diámetro del cable.

Mantenimiento

El mantenimiento de las poleas se basara únicamente en limpieza y engrase de las partes en movimiento como rodajes

Frenos de los motores eléctricos

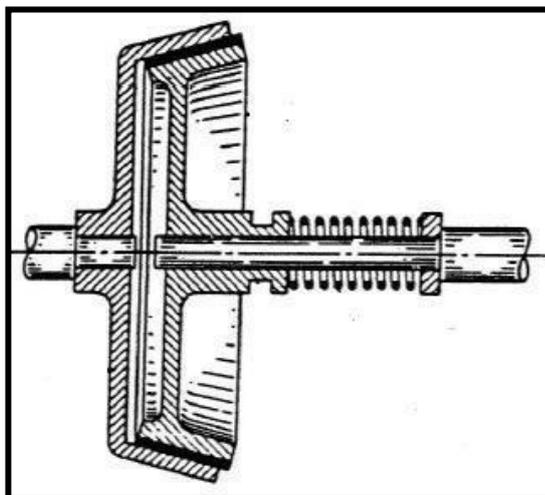
Motores eléctricos de izaje

Inspección

- Se verificaran los frenos, según el tipo que tienen, los más comunes son los frenos electromagnéticos de disco aunque también los hay cónicos e hidráulicos tipo zapata
- Los frenos de disco se deben de medir el espesor del disco y el espacio de frenado :
 1. El espesor del disco de freno no debe ser menos a 4 mm
 2. medir el espacio de frenado debe de estar entre 0.4 mm y 1.8 mm

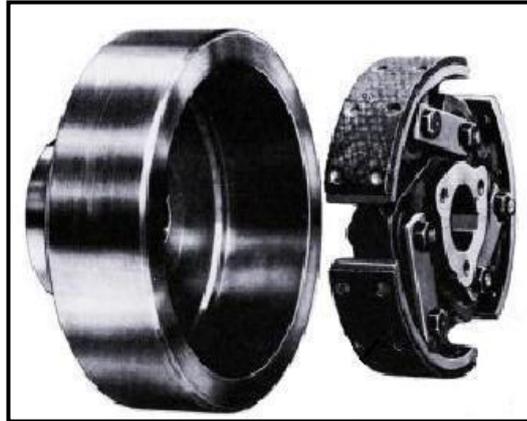
En los frenos cónicos se mide el asbesto en este caso el mínimo espesor debe de ser 8 mm

FIGURA 4.18
FRENO CÓNICO



En los frenos con zapatas el espesor de asbesto mínimo debe de ser 8 mm

FIGURA 4.19
FRENO DE ZAPATAS



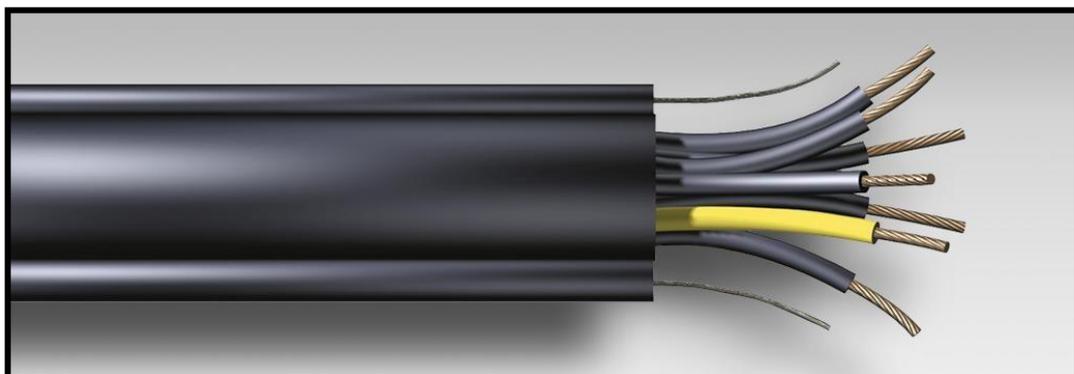
Botonera de control

Si inspeccionar los contactos y pulsadores de la botonera, se verificara que no estén sulfatados ni que tengan ninguna muestra de humedad o suciedad, se pondrá mayor énfasis en el botón “parada de emergencia” pues es la que parara el equipo ante cualquier desperfecto

Cable de botonera

Se verificara que no tenga ningún corte y que su cable emisario este correctamente anclado a la botonera y al polipasto

FIGURA 4.20
CABLE DE BOTONERA



Puntos de engrase y lubricación

Los reductores o cajas de engranajes

Se comprobara el estado del aceite cada 3 o 4 meses llevando una muestra del aceite a analizar el cual determinara si es necesario cambiarlo, esto dependerá del grado de utilización del equipo

Engranajes y ruedas

Los engranajes se engrasaran cada 3 o 4 meses de acuerdo al estado en que se encuentren o al ambiente al que están expuesto

Puente (de una grúa puente o pórtico)

Anualmente se verificara que la deflexión máxima del puente, este debe de estar de acuerdo a las normas CMAA 70:

$$\text{Deflexión máxima: } \frac{\text{Longitud del puente o spam}}{888}$$

Además se verificara visualmente que el estado de las uniones soldadas estén bien y si es necesario se programara un análisis por tintes penetrantes

Tableros eléctricos

Se verificara que los componentes eléctricos internos de los tableros no tengan ninguna síntoma de corrosión ni que las uniones de los contactos estén flojos o generando falso contacto además se verificara que el sellado de los tableros estén cumpliendo con su propósito.

Trabajos a realizar

Inspección de equipos de izaje

Se evaluará la operatividad de la grúa, la inspección será visual y se pondrá en operatividad la grúa para verificar la operatividad o no operatividad de sus componentes tal como se detalla:

Inspección en el lugar de trabajo de los equipos.

- Condición de operatividad de las señales audiovisuales (sirena y circulina)
- Condición de porta botonera y porta check list de la grúa.
- Condición de señalización de movimiento de la grúa y capacidad de la misma.
- Verificación de funcionamiento del polipasto (desplazamiento de ascenso y descenso)
- Condición de limitadores de izaje (subida y bajada)
- Condición del sistema de frenado durante el izaje.
- Condición de cable de acero / cadena de acero (estructura y lubricación)
- Condición de la pasteca (tapas laterales, poleas, gancho de izaje y pestillo de seguridad)
- Verificación de funcionamiento del trolley, carro de traslación (desplazamiento trasversal izquierda - derecha).
- Condición del sistema de frenado durante la traslación del carro e izaje del gancho.
- Condición de topes fijos y móviles.
- Condición de limitadores de traslación (derecha - izquierda)

- Condición de ruedas de traslación (sonido al desplazarse)
- Verificación de funcionamiento del puente (desplazamiento trasversal izquierda - derecha).
- Condición del sistema de frenado durante la traslación del puente.
- Condición de los limitadores del puente (derecha - izquierda)
- Condición del sistema de electrificación del puente y polipasto.
- Condición de botonera colgante (estructura)
- Verificación de la no existencia de elementos sueltos fuera de su posición de origen, tales como: cables y botoneras de control suelto, deformados rotos etc. Pastecas, ganchos y seguros que se encuentren completos y en buen estado.
- Verificación de funcionamiento de sistema de transmisión mecánica (caja de engranajes) solamente auditivamente por pruebas en vacío y de ser necesario con carga.
- Verificación de que no exista fugas y filtración de lubricantes, verificación de la calidad y cantidad de lubricante de caja de engranajes.
- Verificación de puntos de unión mecánica entre el polipasto y trolley
- Elaboración de informes técnicos detallados (check list).

Mantenimiento

Polipasto - Tambor de Arrollamiento - Guía de Cable - Cable de Izaje

- Desenrollado del cable de izaje.
- Limpieza integral del tambor arrollamiento.
- Revisión del ranurado del tambor arrollamiento.

- Lubricación del tambor de arrollamiento.
- Realizar una limpieza integral del cable de izaje.
- Inspeccionar el cable de izaje.
- Lubricación del cable de izaje.
- Desmontaje de la guía de cable.
- Limpieza integral de la guía de cable.
- Revisión del ranurado interior.
- Montaje de la guía de cable.
- Verificar el funcionamiento de los finales de carrera del gancho.
- El Cable de acero estado (picadura, doblez, desgaste, etc.), diámetro, longitud,
- posición del cable en la pasteca.
- El terminal de cable verificación de estado, verificación de posición.
- Verificación de instalación en la polea balanceadora
- Estado y verificación de funcionamiento. Inspección de fisuras y ensayos NDT, en la pasteca
- Las bases de sujeción del eje del gancho estado y verificación de funcionamiento.
- Los pines de sujeción de las guardas de las poleas de la pasteca, estado y verificación de funcionamiento.
- El gancho estado y verificación de funcionamiento.
- Inspección dimensional
- El seguro de gancho estado y verificación de funcionamiento.

- Pruebas de funcionamiento.

Motor de Elevación

- Desmontaje de la tapa del ventilador.
- Desmontaje del ventilador.
- Desmontaje del sistema de frenado.
- Limpieza de piezas y partes.
- Revisión del disco de freno.
- Montaje del sistema de frenado.
- Megado de motor
- Calibración del sistema de frenado.
- Montaje del sistema de frenado y ventilador.
- Montaje de la tapa del freno.
- Pruebas de funcionamiento.

Reductor de Elevación

- Retirar el aceite envejecido del reductor (si fuese necesario).
- Aplicar un aceite de enjuague.
- Agregar nuevo aceite al reductor.
- Pruebas de funcionamiento.
- Evaluación de la contaminación de aceites.

Pasteca

- Despiece de la pasteca.
- Limpieza de las tapas laterales, poleas, eje, rodamientos y demás accesorios.

- Lubricación de los accesorios de la pasteca.
- Verificar el estado del pestillo de seguridad.
- Verificar el nivel de desgaste de la garganta del gancho propiamente dicho.
- Inspección dimensional del gancho de izaje.

Carro de traslación

Motor de Traslación de Carro

- Desmontaje de la tapa del ventilador.
- Desmontaje del ventilador.
- Desmontaje del sistema de frenado.
- Limpieza de piezas y partes.
- Revisión del disco de freno.
- Montaje del sistema de frenado.
- Calibración del sistema de frenado.
- Montaje del sistema de frenado y ventilador.
- Montaje de la tapa del freno.
- Megado de motor
- Pruebas de funcionamiento.

Reductor de Traslación de Carro

- Retirar el aceite envejecido del reductor.
- Aplicar un aceite de enjuague.
- Agregar nuevo aceite al reductor.
- Pruebas de funcionamiento.

- Evaluación de la contaminación de aceites.

Inspecciones Diversas

- Inspeccionar las gomas de amortiguación del carro de traslación.
- Inspeccionar los topes metálicos de la Vía de rodadura a lo largo de la viga puente.
- Inspeccionar el desgaste de las pestañas de las ruedas del carro de traslación.
- Observar el funcionamiento de las ruedas.
- Pruebas de funcionamiento.
- Inspección dimensional y NDT (Tintes Penetrantes) si fuera necesario.

Vigas testeras

Motores de Traslación de Puente

- Desmontaje de las tapas de los ventiladores.
- Desmontaje de los ventiladores.
- Desmontaje de los sistemas de frenado.
- Limpieza de piezas y partes.
- Revisión de los discos de freno.
- Montaje de los sistemas de frenado.
- Calibración de los sistemas de frenado.
- Montaje del sistema de frenado y ventilador.
- Montaje de las tapas de los ventiladores.
- Megado de motores
- Pruebas de funcionamiento.

Reductores de Traslación de Puente

- Retirar el aceite envejecido de los reductores.
- Aplicar un aceite de enjuague.
- Agregar nuevo aceite a los reductores.
- Pruebas de funcionamiento.
- Evaluación de la contaminación de aceites.

Inspecciones Diversas

- Inspeccionar las gomas de amortiguación de las vigas testeras.
- Inspeccionar los topes metálicos de la vía de rodadura a lo largo de la nave industrial.
- Inspeccionar el desgaste de las pestañas de las ruedas de las vigas testeras.
- Observar el funcionamiento de las ruedas.
- Pruebas de funcionamiento.
- Inspección dimensional y NDT (Tintes Penetrantes) si fuera necesario.

Equipamiento eléctrico

Tablero Eléctrico

- Limpieza exterior e interior del tablero eléctrico.
- Verificar el estado de los fusibles y porta fusibles.
- Ordenamiento del cableado de fuerza.
- Ordenamiento del cableado de mando.
- Verificar el funcionamiento de los sistemas de comando de los movimientos de la grúa.

- Revisar los parámetros de los convertidores de frecuencia.
- Descargar los parámetros del convertidor de frecuencia.
- Pruebas de funcionamiento.
- Se procede a desarmar los componentes externos que se indican para la verificación de las siguientes partes como caja de contactores, temporizadores, variadores, fusibles, llaves térmicas, etc.
- La secuencia de funcionamiento del polipasto verificación de funcionamiento, cableado, límite de carrera.
- La secuencia de funcionamiento del trolley verificación de funcionamiento, cableado, límite de carrera.
- La secuencia de funcionamiento del puente verificación de funcionamiento, cableado, límite de carrera.

Líneas de Alimentación al Polipasto

- Limpieza de los cables eléctricos planos.
- Reordenar las ondas de los cables eléctricos planos en el caso que sea necesario.
- Revisión de los carros porta cables.
- Revisión de los puntos fijos.
- Revisión de los carros de arrastre.
- Verificar el estado del brazo de arrastre.
- Cambio de componentes averiados, si se cuenta con los repuestos.
- Pruebas de funcionamiento.

Línea de Alimentación de la Botonera de Mando de Emergencia

- Limpieza de los cables eléctricos planos.
- Reordenar las ondas de los cables eléctricos planos en el caso que sea necesario.
- Revisión de los carros porta cables.
- Revisión del punto fijo.
- Revisión del carro porta botonera.
- Revisión de los accesorios de la línea de alimentación.
- Cambio de componentes averiados.
- Pruebas de funcionamiento.

Inspección de botonera con sistema de alimentación independiente

Se procede a desarmar los componentes externos que se indican para la verificación de las siguientes partes como pulsadores, interruptores, etc. estado de botones y accesorios, operación de movimiento y velocidad, altura al piso según recomendaciones de fabricantes.

Línea de Alimentación a la Grúa Puente

- Verificar en forma visual el estado de los perfiles que conforman la línea de alimentación eléctrica de fuerza.
- Verificar el grado de desgaste de los frotadores de los carros tomacorriente.
- Verificar el estado de los accesorios de la línea de alimentación.
- Pruebas de funcionamiento.

Dispositivos de Seguridad:

Se procederá a desarmar los componentes externos que se indica para la verificación de los siguientes elementos:

- Inspección de limitadores de sobrecarga, estado y funcionamiento.
- Inspección de amortiguadores de jebe y topes de metal, estado de topes fijos de metal y amortiguadores
- Inspección de límites de carrera, tanto del polipasto, trolley y del puente grúa, estado y funcionamiento.
- Inspección de barras protectoras de línea de alimentación, estado.
- Inspección de plataformas de servicio y líneas de vida.
- Inspección de botón de parada de emergencia de botonera, estado y funcionamiento.
- Inspección de llave de seguridad tipo lock out, estado y funcionamiento.
- Inspección de sirena y luz de movimiento estroboscópica, estado y funcionamiento de la sirena, luz estroboscópica y luz.

Mantenimiento correctivo

Correctivos menores y mayores

Del informe de Inspección y mantenimiento podemos resumir los componentes que han de ser reparados ó remplazados, estos deben ser cotizados y programados para realizar la reparación o remplazo durante la ejecución del mantenimiento.

Remplazo de equipos

Para la evaluación de remplazo de equipos se debe considerar lo siguiente:

- El tiempo de vida útil de los equipos de izaje según fabricantes es de 10 años para las condiciones iniciales de diseño.
- Pasado los 10 años de vida útil el polipasto debe pasar por un proceso de evaluación integral costo beneficio.
- Del paso anterior si el resultado del costo en reparación representa por encima del 75% del costo de un polipasto nuevo se recomienda la compra del polipasto nuevo por garantía en las condiciones de operatividad del equipo.

V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO

El costo de las intervenciones considerando las herramientas, los consumibles y las horas hombres se detallan a continuación además de las mejoras en la operatividad de los equipos se detallaran a continuación:

Costos e intervenciones al inicio de la operación

Se programaron intervenciones trimestralmente los cuales consistían en una inspección y un mantenimiento del equipo que duraban un promedio de 01 mes y medio después de cada intervención se programaban las intervenciones por el mantenimiento correctivo, que significaba la corrección de las fallas que se encontraron en las inspecciones, de la instalación de componentes según las normativas (sirenas, limitadores, etc) y alguna mejora que el equipo necesite.

EQUIPOS DE IZAJE DE PROCESOS – MYSRL

TABLA 5.1
EQUIPOS DE IZAJE DE LA PLANTA PAMPA LARGA

PAMPA LARGA					
Nº	TAG	DESCRIPCION	CAP. (t)	Marca	TIPO DE EQUIPO
1	SGPMC001	Polipasto de Cono de Zinc	1/2	YALE	GRUA PLUMA
2	SGPCA003	Polipasto de Cianuro	2	DEMAG	GRUA MONORRIEL
3	SGPCA008	Polipasto de columnas de Carbón	2	R&M	GRUA PUENTE
4	SGPEW1001	Polipasto de planta de cloro 1	2	YALE	GRÚA MONORRIEL
5	SGPEW2001	Polipasto de planta de cloro 2	2	YALE	GRUA MONORRIEL
6	SGPEW2003	Polipasto de almacén de cloro	2 1/2	DEMAG	GRUA MONORRIEL
7	SGPMM001	Polipasto de planta de cal	3	ANCHOR	GRUA PUENTE
8	SGPMM002	Polipasto de planta de Cianuro	2	CM	GRUA MONORRIEL
9	SGPCA001	Polipasto de Soda Caustica	1	YALE	GRUA MONORRIEL
10	SGPEW2002	Polipasto de planta de Cal	3	KONECRANE	GRUA PUENTE
11	SGPTMA003	Polipasto de Taller Mecánico	2	YALE	GRUA MONORRIEL

TABLA 5.2
EQUIPOS DE IZAJE DE LA PLANTA LA QUINUA

LA QUINUA					
Nº	TAG	DESCRIPCION	CAP. (t)	Marca	TIPO DE EQUIPO
1	GRDMMY401	Polipasto de Soda Caustica	2	DEMAG	GRUA MONORRIEL
2	GRKCMY401	Polipasto de Preparación Cianuro	3	R&M	GRUA MONORRIEL
3	GRDMMY403	Polipasto de Horno Regeneración	5	DEMAG	GRUA MONORRIEL
4	GRKCMY402	Polipasto de Taller Mecánico	7 1/2	R&M	GRUA PUENTE

TABLA 5.3
EQUIPOS DE IZAJE DE LA PLANTA YANACOCCHA NORTE

YANACOCCHA NORTE					
Nº	TAG	DESCRIPCION	CAP. (t)	Marca	TIPO DE EQUIPO
1	SGYEW001	Polipasto de Planta de Cloro 1	2	COFFING	GRUA MONORRIEL
2	SGYEW002	Polipasto de Planta de Cloro 2	2	COFFING	GRUA MONORRIEL
3	SGYEW003	Polipasto de Almacén de Cloro	2	KITO	GRUA MONORRIEL
4	SGYCA003	Polipasto de Planta de Cal	3	KONECRANE	GRUA PUENTE
5	SGYCA002	Polipasto de Cianuro	2 1/2	DEMAG	GRUA MONORRIEL
6	SGYCA001	Polipasto de Planta de Carbón	1 1/2	YALE	GRUA PLUMA

TABLA 5.4
EQUIPOS DE IZAJE DE LA PLANTA GOLD MILL

GOLD MILL					
N°	TAG	DESCRIPCION	CAP. (t)	Marca	TIPO DE EQUIPO
1	6460HT2001	Polipasto de Preparación de NASH Sart 521031	2	ABUS	GRUA MONORRIEL
2		Polipasto de Precipitados de SART 521031	2	ABUS	GRUA MONORRIEL
3	6480HT2001	Polipasto de Preparación Diatomita SART 521031	2	ABUS	GRUA MONORRIEL
4	6430HT12001	Polipasto de Soda Caustica	2	ABUS	GRUA MONORRIEL
5	2100HI12004	Polipasto de Sistema de Lubricación del Molino SAG 32031	2	ABUS	GRUA PUENTE
6		Polipastos de APRON FEEDERS 320031(TUNEL)	1	CM	GRUA MONORRIEL
7	6440HT12001	Polipasto de Floculante	2	KUNDOW	GRUA MONORRIEL
8	3281CV09622	Polipasto de MAGNETOS CHUTE FAJA # 1	10	CM	GRUA MONORRIEL
9	3281CV09621	Polipasto de MAGNETOS CHUTE FAJA # 2	10	CM	GRUA MONORRIEL
10	GRDMMY402	Polipasto de Taller de Mantenimiento 332031	16	DEMAG	GRUA PORTICO
11	2100HI12001	Polipasto Molino SAG 332031	20,5	ABUS	GRUA PUENTE

Intervenciones en inspección y mantenimiento de equipos de izaje - procesos – MYSRL

TABLA 5.5
CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO INICIAL

DESCRIPCION	TIPO DE MANTTO	FRECUENCIA	Sem.1	Sem.2	Sem.3	Sem.4	Sem.5	Sem.6	Sem.7	Sem.8	Sem.9	Sem.10	Sem.11	Sem.12	Sem.13	Sem.14	Sem.15	Sem.16	Sem.17	Sem.18	Sem.19	Sem.20	Sem.21	Sem.22	Sem.23	Sem.24	Sem.25	
			1 era INTERVENCION									2da INTERVENCION																
PAMPA LARGA	Inspección	Trimestral							I																			
	Mantenimiento	Trimestral									PM												I					
YANACOCHA NORTE	Inspección	Trimestral							I																			
	Mantenimiento	Trimestral										PM																
GOLDMILL	Inspección	Trimestral								I																		
	Mantenimiento	Trimestral											PM															
LA QUINUA	Inspección	Trimestral								I																		
	Mantenimiento	Trimestral												PM														

CAPACITACIÓN Y

TABLA 5.5
CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO INICIAL

DESCRIPCION	TIPO DE MANTTO	FRECUENCIA	Sem.26	Sem.27	Sem.28	Sem.29	Sem.30	Sem.31	Sem.32	Sem.33	Sem.34	Sem.35	Sem.36	Sem.37	Sem.38	Sem.39	Sem.40	Sem.41	Sem.42	Sem.43	Sem.44	Sem.45	Sem.46	Sem.47	Sem.48	Sem.49	Sem.50	Sem.51	Sem.52
			3era INTERVENCION													4TA INTERVENCION													
PAMPA LARGA	Inspección	Trimestral								I														I					
	Mantenimiento	Trimestral										PM														PM			
YANACOCHA NORTE	Inspección	Trimestral								I														I					
	Mantenimiento	Trimestral											PM														PM		
GOLDMILL	Inspección	Trimestral									I														I				
	Mantenimiento	Trimestral												PM														PM	
LA QUINUA	Inspección	Trimestral									I														I				
	Mantenimiento	Trimestral													PM														PM

CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN

TABLA 5.6
COSTO TOTAL DE LAS INTERVENCIONES SIN COSTOS DE REPUESTOS

CUADRO DE INTERVENCIONES						
ITEM	PLANTA DE PROCESOS	Nº DE EQUIPOS	P.U. US\$	Nº INTERVENCIONES AL AÑO	COSTO US\$	COSTO TOTAL US\$
1	PAMPA LARGA Inspecciones Mantenimiento	11	1799.28	4	79168.32	99562.76
			463.51	4	20394.44	
2	YANACocha NORTE Inspecciones Mantenimiento	6	1799.28	4	43182.72	54306.96
			463.51	4	11124.24	
3	GOLD MILL Inspecciones Mantenimiento	11	1799.28	4	79168.32	99562.76
			463.51	4	20394.44	
4	LA QUINUA Inspecciones Mantenimiento	4	1799.28	4	28788.48	36204.64
			463.51	4	7416.16	
COSTO TOTAL US\$						<u>289637.12</u>

TABLA 5.7
COSTO DE HERRAMIENTAS

Nº	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO \$
1	MEGOMETRO FLUKE	1	UNIDAD	1000
2	PINZA AMPERIMETRICA FLUKE	1	UNIDAD	400
3	MULTITESTER DIGITAL	1	UNIDAD	150
4	TACOMETRO DIGITAL EXTECH	1	UNIDAD	150
5	DISTANCIOMETRO LASER LEICA	1	UNIDAD	200
6	ESCALERA TELESCOPICA GELCO	1	UNIDAD	400
7	TORQUIMETRO WRIGHT TOOL	1	UNIDAD	300
8	SOPLADORA INDUSTRIAL MAKITA	1	UNIDAD	100
9	CAMARA TERMOGRAFICA FLIR	1	UNIDAD	600
10	MAQUINA DE SOLDAR MILLER	1	UNIDAD	1500
11	TALADRO METABO	1	UNIDAD	200
12	MALETIN DE HERRAMIENTAS - ELECTRICISTA	1	UNIDAD	120
13	MALETIN DE HERRAMIENTAS - MECANICO	1	UNIDAD	120
14	ENGRASADORA MANUAL 1KG	1	KILO	10
15	ENGRASADORA MANUAL 10KG	1	KILO	400
16	SOGAS VARIAS	1	UNIDAD	50
17	OTROS	1	UNIDAD	100
			TOTAL	5800

- Luego de los trabajos de mantenimiento que se hicieron en el transcurso de 2 años se reprogramo el Ciclo de mantenimiento, haciendo un análisis del estado de los equipos se consideró tener un mantenimiento de 3 intervenciones anuales

TABLA 5.8
CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO POSTERIOR

PLANTA	FREC.	sem1	sem2	sem3	sem4	sem5	sem6	sem7	sem8	sem9	sem10	sem11	sem12	sem13	sem14	sem15	sem16	sem17	sem18	sem19	sem20	sem21	sem22	sem23	sem24	sem25	sem26
PAMPA LARGA	CADA 4 MESES		MP	MP																MP	MP						
YANACOCHA NORTE	CADA 4 MESES						MP																	MP			
GOLD MILL	CADA 4 MESES				MP	MP																MP	MP				
LA QUINUA	CADA 4 MESES							MP																		MP	

TABLA 5.8 (continuación)
CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO POSTERIOR

PLANTA	FREC.	sem27	sem28	sem29	sem30	sem31	sem32	sem33	sem34	sem35	sem36	sem37	sem38	sem39	sem40	sem41	sem42	sem43	sem44	sem45	sem46	sem47	sem48	sem49	sem50	sem51	sem52	
PAMPA LARGA	CADA 4 MESES											MP	MP															
YANACOCHA NORTE	CADA 4 MESES																		MP									
GOLD MILL	CADA 4 MESES														MP	MP												
LA QUINUA	CADA 4 MESES																				MP							

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión General

El plan de mantenimiento que se propuso ha mejorado la disponibilidad de los equipos en las plantas en las cuales se han implementado

5.2. Conclusiones Específicas

- El plan de mantenimiento al cual han estado sometidos los equipos no era un plan de mantenimiento adecuado y estaba dejando obsoleto algunos equipos
- El procedimiento que se ha elaborado para el mantenimiento de los equipos se desarrolló en base a las necesidades requeridas para cada equipo, el cual mejoro su disponibilidad
- Se identificaron tres factores condicionantes para la elaboración del mencionado plan las cuales son: el área de trabajo, las horas de trabajo y la operación.

5.3. Recomendaciones

Se recomienda seguir lo mencionado en el plan de mantenimiento y hacer una reevaluación del estado de los equipos al final de cada ciclo de mantenimiento para determinar la eficacia del plan de mantenimiento además de realizar el cambio de los equipos de acuerdo a la recomendación de los equipos

VII. REFERENCIALES

- SHELL DEL PERU, **Curso de lubricación y lubricantes**. Lima. 2007
Oficina de capacitación SHELL DEL PERU
- UNAM, MG. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ, **Tribología: Fricción, Desgaste y lubricación**, México. Editorial del departamento de Ingeniería - facultad de estudios superiores Cuautitlán. 2007
- SUSANA LA TORRE - LICENCIADA EN CIENCIAS QUIMICAS, **Fundamentos de la lubricación**, disponible en:
<http://www.climaelec.net/content/cats/45/FundamentosdeLubricantes.pdf>.
Artículo web consultado el 28 de diciembre del 2017
- ING. MAURICIO ECHEGARAY VIVANCO, **Curso de operación de Grúas Puente**, Lima, impresión oficina de Grúas puente sac., 2010
- HELLMUT ERNST, TOMO1. **Aparatos de elevación y transporte**, Barcelona, Editado por Editorial BLUME, 1969
- GRUAS ARLIN. **Historia: Todo sobre la invención y evolución de una grúa**, disponible en:
<http://www.gruasarlin.com/historia-invencion-evolucion-grua/>, consultado el 02 de enero del 2018
- NANOTEC. **El comienzo de las cintas transportadoras de banda**, disponible en:
<http://www.nanotec.es/comienzo-las-cintas-transportadoras-banda/>. Consultada el 10 de enero del 2018

Características de los polipastos

MANUAL DE INSTRUCCIONES

G.H., S.A.
POLIPASTOS - GRUAS

CLIENTE : G/M INDUSTRIAL S.R. Ltda.
Dirección de Entrega : - C.c. VALLE HERMOSO CALLE LOS LAURELES 124 OF. 211-B SURCO -

LIMA - 33 (PERU)

Ref. Cliente: GMI 070/13

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Nº de Fabricación 99770
Año de Fabricación 2013
Tipo de Máquina Polipasto GHB11 Suspendido Giratorio 3.2T, H= 12 m
Grupo Estructura s/normas FEM ...
Tensión de alimentación 460 V. F= 60 Hz
Tensión de mandos 110 V.

ELEVACIÓN

Polipasto Tipo	GHB11	Longitud de Cable/Cadena..	30 m.
Grupo Mecanismo s/n FEM.	M5	Diámetro de Polea.....	160 mm.
Capacidad	3.2 t	Nº Gancho s/n 15401	1.6
Recorrido vertical	13.55 m.	Motor de Elevación Tipo.....	VHB-110 Protección.IP- 55
Velocidad de elevación	8 m/min.	Potencia	5 Kw
Nº de Ramales	2/1	R.P.M.....	3000 Vari.
Diámetro de Tambor	151 mm.	F. M. %.....	40 ED;240 Arranq./h
Diámetro de Cable/Cadena.	8.5 mm.	Freno de disco de C.C.	

DIRECCIÓN

Modelo de Carro	Monorail giratorio	Reductora Tipo.....	RFS100-2T-M
Grupo Mecanismo s/n FEM.	M5	Motor de Dirección Tipo	VB0-60 Protección.IP- 55
Velocidad de dirección	20 m/min.	Potencia	2 x 0,37 Kw
Ø Rueda.....	105 mm.	R.P.M.....	1500 Vari.
Luz entre ejes.....	mm.	F. M. %.....	40 ED;240 Arranq./h
Ala perfil ó Anchura de viga	200 mm.	Freno de disco de C.C.	

GIRO

Grupo Mecanismo s/n FEM.		Motor de Giro Tipo	Protección.IP- 55
Velocidad de giro	v/min.	Potencia.....	0 x Kw
Ø Rueda.....	mm.	R.P.M.....	
Reductora Tipo.....		F. M. %.....	0 ED;0 Arranq./h
		Freno de disco de C.C.	

TRASLACIÓN

Modelo de Punte		Reductora Tipo.....	
Grupo Mecanismo s/n FEM.		Motor de Traslación Tipo.....	Protección.IP- 55
Velocidad de traslación	0 m/min.	Potencia.....	0 x Kw
Ø Rueda.....	mm.	R.P.M.....	
Canal.....	mm.	F. M. %.....	0 ED;0 Arranq./h
E / C Testero	mm.	Freno de disco de C.C.	

ENROLLADOR

Modelo de Enrollador		Motor de Enro.Tipo.....	Protección.IP- 55
Grupo Mecanismo s/n FEM.		Potencia.....	Kw
Velocidad de Traslación	m/min.	R.P.M.....	
Cable.....	mm²;	F. M. %.....	0 ED;0 Arranq./h
Reductora Tipo.....		Freno de disco de C.C.	
		Longitud. m.	

DESCRIPCION DE LA MAQUINA

1.1- Identificación de la Máquina.

Denominación:	POLIPASTO DE CABLE ELECTRICO CON CARRO DE DIRECCION
Marca:	G.H.
Nº de Fabricación:	99770
Fabricante:	INDUSTRIAS ELECTROMECANICAS G.H., S.A.
Domicilio:	Bº Salbatore s/n BEASAIN (GUIPUZCOA)

1.1.2- Definición de la Máquina.

La máquina de este estudio es un Polipasto con su carro Monorrail/Birrail de **3.2 t.** de capacidad de elevación nominal.

El objeto principal de la máquina es el desplazamiento tanto vertical como horizontal en dirección, de cargas inferiores a su capacidad de elevación, según las velocidades de trabajo indicadas en la hoja de

Características Principales.

1.1.3.- Descripción General.

1.1.3.1.- Partes que Componen la Máquina.

La máquina se compone de las siguientes partes:

- El carro donde va ubicado el Polipasto y el mecanismo de dirección.
- El armario eléctrico.

1.2.- Limites de Utilización.

La superficie (inicial) de la zona de trabajo es en vertical **13.55 m.**, en dirección m.

1.2.1.- Trabajo para el que está Diseñada.

El Polipasto de **3.2 t.** está diseñado para la carga, descarga y transporte de materiales diversos, con un peso inferior a **3.2 t.**

Certificado de inspección del gancho

FORCAS Forjas de Castilla, S.A. Almazán (SORIA)	CERTIFICADO DE INSPECCIÓN 3.1 Inspection Certificate 3.1 Certificat d'inspection 3.1 UNE-EN-10.204 : 2006 / DIN 15404 P.1.	CERTIFICADO Nº: Certificate Nº: Certificat Nº: 9877
CLIENTE: Customer: GH, S.A. Client:		Grabado del gancho Hook's identification Gravage du crochet de charge
PEDIDO Nº: 118226 Order Nº: Cde Nº:	ORDEN FABRICACIÓN Nº: Work's Ref. Nº: 29298 Ordre de Fabrication Nº	
DESCRIPCIÓN: Description: GANCHO Nº 1,6	CANTIDAD: Quantity: Quantité: 1.458	
MATERIAL: Material designation: F-125 Matiere:	ESPECIFICACIÓN: Specifications:	Línea 1: CE Línea 2: Nº 1,6 Línea 3: F-125 Línea 4: 07-11 Línea 5: C-1872 Línea 6: X110
ANÁLISIS QUÍMICOS (%): Chemical analysis (%): Analyses Chimiques (%):		DATOS DEL FABRICANTE: Acc. to the manufact.: <input type="checkbox"/> Données du fabricant: <input type="checkbox"/>
EN PIEZA: In pieces: <input type="checkbox"/> En pièce: <input type="checkbox"/>		
COLADA Nº: HEAT No.: COULÉE Nº: 1872	C 0,34	Mn 0,74
	Si 0,25	P 0,011
	S 0,027	Cr 0,94
	Mo 0,20	
ENSAYOS MECÁNICOS: Mechanical Test: Essai mecanique:		FECHA DE ENSAYO: Date of testing: Date de l'essai:
COLADA Nº: HEAT No.: COULÉE Nº: 1872	Ø (mm.) 10X50	R _{eh} N/mm ² 736
	R _m N/mm ² 930	A ₅ (%) 18
	Z (%) 60	A _v (20°C) (J) 48-44-33
	HB 272	
Declaración CE de Conformidad Los ganchos amparados por el presente certificado están conformes con la directiva 89 / 392 / CEE y sus modificaciones directivas 91 / 368 / CEE y 93 / 68 / CEE. <i>EC Declaration of Conformity</i> The hooks covered by this certificate are in compliance with Directive 89/392 / EEC and directives changes 91/368 / EEC and 93/68 / EEC. <i>Déclaration CE de Conformité</i> Les crochets concernés par le présent certificat sont conformes avec la directive 89 / 392 / CEE et ses modifications directives 91 / 368 / CEE y 93 / 68 / CEE.		Las normas aplicadas en la fabricación son las siguientes: UNE-EN-10083; DIN 15400; DIN 15401; DIN 15404 The standards used in manufacturing are: UNE-EN-10083, DIN15400, DIN 15401, DIN 15404. Les normes appliquées pour la fabrication sont les suivantes: UNE-EN-10083; DIN 15400; DIN 15401; DIN 15404.
TRATAMIENTO TÉRMICO: Heat treatment: BONIFICADO Traitement thermique:		FABRICANTE DEL ACERO: Steel manufacturer: SIDENOR Fabricant de l'acier:
VT - Visual check - Inspection Visuelle		Resultado - result - résultat :
UT - Ultrasonic check - Inspection Ultrasons:		Resultado - result - résultat :
MT - Magnetic Particles Test-Inspection Particules Magnétiques :		Resultado - result - résultat :
Observaciones: Comments: Observations:		Almazán, a 3 de ENERO 12
		Nombre del firmante CARMELO GOMEZ Cargo del firmante JEFE PRODUCCION

Certificado del cable de acero

Lankhorst Euronete España, S.L.

Pol. Zaisa III. Pabellón Sacytrans 20305 IRUN

CI.F: ES B20904215

Tel. (+34) 943-219.568 - Fax (+34) 943-219.569

E-mail: comercial@lankhorsteuronete.es



CERTIFICADO DE CABLE (EN10204 type 2.1) CERTIFICATION DE CÂBLE D'ACIER (EN10204 type 2.1)

El abajo firmante certifica en nombre de su empresa que todos los datos que figuran son correctos y que el cable de acero, así como todas las partes utilizadas están en conformidad con las disposiciones técnicas de la Directiva Europea sobre Maquinarias 2006/42/EC. El montaje, examinación y pruebas fueron realizadas por una persona competente, de acuerdo con el código de práctica actual.
Le soussigné certifie au nom de son entreprise, que toutes les informations fournies sont exactes et que le câble d'acier, ainsi que toutes les parties utilisées, sont en conformité avec les dispositions techniques de la Directive Européenne Machines 2006/42/EC. L'installation et les tests ont été effectués par des personnes compétentes, selon les règles de pratique usuelles.

Cliente Cable suministrado a **INDUSTRIAS ELECTROMECANICAS GH**
Client Câble fourni à

Referencia del cliente <i>Référence client</i>	149726	Nº de certificado <i>Nº de certificat</i>	006449
--	---------------	---	---------------

Cantidad <i>Quantité</i>	1
Longitud <i>Longueur</i>	1000 mtrs
Diámetro <i>Diamètre</i>	8,7 mm
Construcción <i>Construction</i>	8 x 21 EKR Compact
Acabado <i>Finition</i>	Negro / Non - galvanisé
Torsión <i>Commettage</i>	Derecha regular / Droite - régulier
Material <i>Matière</i>	Acero / Acier
Resistencia <i>Résistance</i>	2160 N/mm2
Carga de ruptura mínima <i>Force de rupture minimale</i>	80 kN .
Nº de bobina <i>Nº de la bobine</i>	V81474

Fecha de emision <i>Date de Publication</i>	Nombre y dirección del proveedor <i>Nom et adresse du fournisseur</i>	Firma persona competente <i>Signature de la personne responsable</i>
12/11/2012	LANKHORST EURONETE ESPAÑA, S.L. POLIGONO ZAISA III - PABELLON SACYRTANS 20305 IRUN (GUIPUZCOA)	Lankhorst Euronete España, S.L. C.I.F.: ES B20904215

**Einbauerklärung /
Declaration of Incorporation**



Kunde / Customer:

Lankhorst Euronete Espana S.L. KdNr:21222

Pabellon Sacytrans

Bestell-Nr. des Kunden / Purchaser's Order No.:
177 V. 24.09.12

E-20305 Irun (Guipuzcoa) Espana

PEDIDO Nº 149726

Rechnungs-Nr. / Datum / Invoice No. / Date:
000000 12.11.12 006449

Der Inhalt der Einbauerklärung entspricht dem Inhalt einer Werksbescheinigung 2.1 nach DIN EN 10204:2005.

The contents of this declaration of incorporation corresponds to the contents of a declaration of compliance with the order 2.1 in accordance with DIN EN 10204:2005.

Einbauerklärung im Sinne der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, Anhang II 1B: Hiermit weisen wir darauf hin, dass die Inbetriebnahme der aufgeführten Komponenten solange untersagt ist, bis festgestellt wurde, dass die Maschine, in die diese Komponenten eingebaut werden sollen, den Bestimmungen der EG-Maschinenrichtlinie entspricht.

Anleitungen bezüglich Handhabung, Lagerung und Trennen der Komponenten entnehmen Sie bitte der DIN EN 12385-3:2008.

Declaration of incorporation within the meaning of the directive 2006/42/EC on machinery, Appendix II 1B: We hereby point out that the initial operation of the listed components is forbidden until it has been ascertained that the machine in which these components are to be installed corresponds to the regulations of the EC directive on machinery.

Directions regarding use, storage and separation of the components can be found in DIN EN 12385-3:2008.

Nenn Durchmesser d	Nominal Diameter d	08,70	mm
Länge	Length	1 x 1000,00	m
Gesamtgewicht netto	Total Net Weight	385,00	kg
Konstruktion	Construction	VS821EKR	
Litzenart	Strand Type		
Art der Einlage	Type of Core		
Norm	Standard		
Schlagart/Schlagrichtung	Type of Lay/Direction of Lay	sZ	
Oberfläche der Drähte	Surface Finish of Wires	U (bk)	
Seilfestigkeitsklasse R _s	Rope Grade R _s	2160	
Mindestbruchkraft Soll F _{min}	Minimum Breaking Force F _{min}	80,00	kN

Einzeldrahtprüfungen in Anlehnung an DIN EN 12385-1:2009 und -2:2008.

Tests on single wires with reference to DIN EN 12385-1:2009 and -2:2008.

Erläuterungen / Remarks:

VERDICHTETE SEILE / COMPACTED ROPES
REEL NO. V81474

Bad Iburg, 12.11.12
VORNBÄUMEN Stahlseile
GmbH & Co. KG

Dieses Dokument ist ohne Unterschrift gültig.

This document is valid without a signature.

VORNBÄUMEN STAHLSEILE GMBH & CO. KG

AMTSGERICHT OSNABRÜCK, HRA 110232 / PERSÖNLICH HAFTENDE GESELLSCHAFTERIN: VORNBÄUMEN STAHLSEILE BETEILIGUNGSGES. MBH,
GERICHTSSTAND BAD IBURG, AMTSGERICHT OSNABRÜCK, HRB 110170 / GESCHÄFTSFÜHRER: DIPL.-WIRT.-ING. CARSTEN STEFANOWSKI

MÜNSTERSTRASSE 41 / DE-49186 BAD IBURG / T +49 5403 4009-0 / F +49 5403 4009-97 / INFO@VORNBÄUMEN.DE / WWW.VORNBÄUMEN.DE

Tabla de lubricantes recomendados para uso en los equipos de elevación y transporte

Uso	Instalación	Marca y número	Tipo	Temperatura de funcionamiento °C	Temperatura de funcionamiento °F
Engranajes de polipasto (Serie GEN1, GEN2 y GEN3) Engranajes de desplazamiento	Fábrica	Mobilux EP 004		-30...+120	-22...+248
	Alternativos	Shell Alvania GC		-15...+80	+5...+176
	Alternativos	Shell Alvania EP00		-15...+80	+5...+176
	Alternativos	Shell Tivela Grease GL00	Sintético	-30...+130	-22...+266
	Alternativos	Neste Center Grease 00 EP		-35...+100	-31...+212
	Alternativos	Castrol EPL 00		-35...+100	-31...+212
Engranajes de polipasto (Serie GEN4)	Alternativos	MOBILITH SHC 007	Sintético	-50...+230	-58...+446
	Fábrica	Mobil SHC 634	Sintético	-35...+100	-31...+212
	Alternativos	Neste Vaihteisto S 460 EP	Sintético	-30...+100	-22...+212
Cojinetes Conectores	Alternativos	Shell Omala HD 460	Sintético	-25...+130	-13...+266
	Fábrica	Mobilith SHC460	Sintético	-40...+235	-40...+455
	Alternativos	Shell Albida Grease PPS	Sintético	-30...+150	-22...+301
Cables	Alternativos	Neste Synlix	Sintético	-40...+150	-40...+301
	Alternativos	Castrol S	Sintético	-40...+140	-40...+284
	Alternativos	Shell Tellus 32		-	-
	Alternativos	Bel Ray Wire Rope Lubricant		-	-
Transmisiones abiertas Corona de transmisión del tambor	Alternativos	Bel Ray 6 in 1 Fluid		-	-
	Alternativos	Brilub 50		-	-
	Fábrica	LE Almagard 3752		-40...+250	-40...+482
	Alternativos	Shell Albida GC		-40...+120	-40...+248
	Alternativos	Neste Avora		-30...+150	-40...+301