



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MANTENIMIENTO Y SELECCIÓN DE SELLOS MECÁNICOS EN LA PLANTA
DE GENERACIÓN ELÉCTRICA “GESUR”**

Eleazar Pablo José Méndez de León

Asesorado por: Inga. Sigrid Alitza Calderon De León

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANTENIMIENTO Y SELECCIÓN DE SELLOS MECÁNICOS EN LA PLANTA
DE GENERACIÓN ELÉCTRICA “GESUR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

ELEÁZAR PABLO JOSÉ MÉNDEZ DE LEÓN

ASESORADO POR: INGA. SIGRID ALITZA CALDERON DE LEON

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR:	Ing. Sigrid Alitza Calderon De Leon
EXAMINADOR:	Ing. Frisley William Mendizábal Sanchez
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MANTENIMIENTO Y SELECCIÓN DE SELLOS MECÁNICOS EN LA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA “GESUR”,

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha mayo de 2005.

Eleázar Pablo José Méndez de León

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía y mostrarme el camino a seguir para alcanzar el éxito.
Mis padres	Eleázar Méndez Urizar Idalia Guadalupe de León Alonzo
Mis hermanos	Roberto y Laura.
Mi abuelita	Por ser uno de los amores mas grandes de mi vida.
Mis familiares	Por su apoyo y por creer en mi.
Mis amigos	Por los interminables momentos de apoyo incondicional y esfuerzos fructíferos.

AGRADECIMIENTOS A:

La empresa especialista en sellos mecánicos AGROINCO S.A., por contribuir en el desarrollo e investigación del presente trabajo de graduación.

La planta generadora GESUR, por brindarme la oportunidad de desarrollar el presente trabajo de graduación.

Inga. Sigrid Alitza Calderon De León, por su apoyo y colaboración.

Todos los catedráticos de la facultad de Ingeniería que brindaron sus conocimientos en estos años de carrera y estudio.

Todas las personas que, directa e indirectamente, contribuyeron en el desarrollo de

A la universidad de San Carlos de Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

1. ANTECEDENTES

1.1	Historia de la planta de generación eléctrica “GESUR”	1
1.2	Visión	2
1.3	Misión	2
1.4	Valores	2
1.5	Ubicación de la planta	3
1.6	Estructura organizacional	5
1.7	Organigrama	6

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

2.1	Descripción del área de trabajo	7
2.1.1	Bombas Diesel	9
2.1.2	Bombas de <i>heavy fuel oil</i> (bunker C)	10
2.1.3	Bombas de agua de refrigeración	11
2.1.4	Bombas de aceite lubricante	12
2.1.5	Bombas de aceite térmico	13
2.1.6	Bombas de lodos	14
2.1.7	Listado de bombas de la planta	15

2.2	Requerimientos necesarios en las bombas	17
2.2.1	Bombas de circulación	17
2.2.2	Bombas de presión	18
2.2.3	Bombas de llenado y vaciado de tanques	18
2.3	Diagnóstico de sellos mecánicos	19
2.3.1	Bombas de distribución de diesel	19
2.3.1.1	Propiedades requeridas del fluido	19
2.3.1.2	Mantenimiento actual	20
2.3.1.3	Características y estado del sello	20
2.3.2	Bombas de distribución de <i>heavy fuel oil</i>	22
2.3.2.1	Propiedades requeridas del fluido	22
2.3.2.2	Mantenimiento actual	23
2.3.2.3	Características y estado del sello	23
2.3.3	Bombas de distribución de agua de refrigeración	25
2.3.3.1	Propiedades requeridas del fluido	26
2.3.3.2	Mantenimiento actual	26
2.3.3.3	Características y estado del sello	26
2.3.4	Bombas de distribución de aceite lubricante	27
2.3.4.1	Propiedades requeridas del fluido	27
2.3.4.2	Mantenimiento actual	28
2.3.4.3	Características del sello	30
2.3.5	Bombas de distribución de aceite térmico	31
2.3.5.1	Propiedades requeridas del fluido	32
2.3.5.2	Mantenimiento actual	32
2.3.5.3	Características del sello	33
2.3.6	Bombas de distribución de lodos	34
2.3.6.1	Propiedades requeridas del fluido	34
2.3.6.2	Mantenimiento actual	35

2.3.6.3	Características del sello	35
2.3.7	Fallas en sellos mecánicos	36
2.3.7.1	Localización de fallas	37

3. PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MANUAL DE SELECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE SELLOS MECÁNICOS

3.1	Mantenimiento del sello mecánico	45
3.1.1	Clasificación de las actividades a realizar	46
3.1.2	Corrección de las fallas	47
3.1.2.1	Corrosión por fricción	47
3.1.2.2	Deformación en las caras	48
3.1.2.3	Flexión de las caras	48
3.1.2.4	Erosión	49
3.1.2.5	Grietas por calor	49
3.1.2.6	Ampollas	50
3.1.3	Instalación del sello mecánico	50
3.1.3.1	Puesta del sello mecánico	50
3.1.4	Clasificación de la frecuencia de actividades	56
3.2	Control de mantenimiento	57
3.2.1	Listado de mantenimiento de bombas	58
3.2.2	Personal encargado	59
3.2.3	Órdenes de trabajo	59
3.2.4	Recopilación de datos de mantenimiento	61
3.2.5	Ficha técnica	61
3.3	Propuesta de selección del sello mecánico	64
3.3.1	Bombas diesel	64
3.3.2	Bombas de <i>heavy fuel oil</i>	65
3.3.3	Bombas aceite lubricante	66
3.3.4	Bombas de agua de refrigeración	66

3.3.5	Bombas de aceite térmico	66
3.4	Costos	66
4. PROGRAMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL		
4.1	Diagnóstico de la situación actual de la empresa	67
4.1.1	Identificación del problema	72
4.1.2	Riesgos industriales	73
4.1.3	Programa actual de seguridad e higiene	76
4.1.4	Riesgos industriales	76
4.1.3.1	Gases tóxicos	77
4.1.3.2	Ruido	78
4.1.3.3	Temperatura	78
4.1.3.4	Químicos	79
4.1.3.5	Señalización	79
4.2	Plan de seguridad e higiene	79
4.2.1	Políticas	80
4.2.1.1	Normas de seguridad	82
4.2.1.2	Aspectos de seguridad	84
4.2.1.3	Capacitaciones	86
4.2.1.4	Medios de control	86
4.2.2	Procedimiento para la reducción de riesgos	92
4.2.2.1	Condiciones de higiene en el trabajo	92
4.2.2.2	Riesgos químicos	96
4.2.2.3	Riesgos de accidentes	99
4.2.2.4	Programa contra incendios	100
4.2.2.5	Señalización	108
4.2.3	Equipo de prevención de accidentes	108
4.2.3.1	Gases tóxicos	109
4.2.3.2	Riesgos de accidente	110

4.2.3.3	Equipo contra incendio	111
4.2.3.4	Señalización	115
4.3	Costos del programa	121
4.4	Seguimiento del programa de seguridad e higiene industrial	122
CONCLUSIONES		123
RECOMENDACIONES		126
BIBLIOGRAFÍA		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Localización de la planta	4
2	Organigrama actual de la planta	6
3	Descripción del área de trabajo	8
4	Bomba tipo tornillo	12
5	Bomba centrífuga	14
6	Estado actual de las bombas de circulación de bunker	24
7	Mantenimiento actual	29
8	Estado actual de las bombas de aceite térmico	33
9	Daño del elastómero en la instalación	37
10	Instalación incorrecta del sello mecánico	38
11	Corrosión por fricción en el eje de la bomba	39
12	Desgaste en las caras del sello	40
13	Erosión en la cara estacionaria del sello	41
14	Grietas por calor	42
15	Efecto térmico en los sellos mecánicos	42
16	Ampollas	43
17	Astilladuras	44
18	Medición del nivel de referencia	51
19	Separador de abrasivos	54
20	Sistema de enfriamiento	55
21	Alineación del eje de la bomba	56
22	Listado de mantenimiento de bombas	58
23	Orden de trabajo	60
24	Ficha técnica	62
25	Formato de control de mantenimiento	63

26	Diagrama de la planta Bluref 1	69
27	Diagrama de la planta Bluref 2	70
28	Diagrama de la planta GCA	71
29	Almacenamiento inadecuado de químicos	72
30	Organigrama propuesto	85
31	Informe del estado y manejo de herramientas	88
32	Informe de riego de incendio	89
33	Informe del ambiente de trabajo	90
34	Informe de riesgo químico	91
35	Diagrama contra incendios Bluref 1	105
36	Diagrama contra incendios Bluref 2	106
37	Diagrama contra incendios GCA	107
38	Mascarilla contra gases tóxicos	109
39	Casco protector	111
40	Diagrama propuesto de señalización Bluref 1	118
41	Diagrama propuesto de señalización Bluref 2	119
42	Diagrama propuesto de señalización GCA	120

TABLAS

I. Lista de bombas del área de GCA	15
II. Lista de bombas del área de Bluref 2	16
III. Lista de bombas del área de generadora 1	16
IV. Frecuencia de inspección de bombas	57
V. Equipo contra incendios generadora 1	75
VI. Equipo contra incendios Bluref 2	75
VII. Equipo contra incendios GCA	76
VIII. Frecuencia de inspecciones	87
IX. Inventario de equipo contra incendios generadora 1	112
X. Inventario de equipo contra incendios Bluref 2	113
XI. Inventario de equipo contra incendios GCA	114
XII. Distribución de rótulos generadora 1	115
XIII. Distribución de rótulos Bluref 2	116
XIV. Distribución de rótulos GCA	117
XV. Deducción de costos	121

GLOSARIO

Abrasivo	Característica del líquido que produce desgaste en las partes en contacto del sello mecánico.
Accidente	Suceso inesperado y no deseado el cual resulta en lesiones a los trabajadores y daños a las propiedades de la planta.
Caja	Espacio de la bomba donde se encuentra situado el sello mecánico.
Casco de protección	Parte indispensable del equipo protector para el trabajador que tiene como fin evitar el riesgo de golpes en la cabeza,
Corrosión	Efecto puramente mecánico producido por la alteración del ambiente de trabajo en el sello mecánico como lo es el desgaste por frotación y rupturas por impacto.
Deformación	Estado final de un cuerpo al estar sometido a fuerzas mayores que sobre pasan su límite elástico.
Desalineación	Acción o efecto de no trabajar en línea recta.

Elastómero	Material capaz de poder ser estirado varias veces sin romperse y, luego, volver a su tamaño original cuando cesa el estiramiento.
Erosión	Transporte de partículas sedimentarias acumuladas en las superficies de las caras de los sellos capaces de producir desgaste.
Falla	Fractura que sufren los sellos cuando éstos están sometidos a condiciones severas de trabajo.
Flexión	Alteraciones que sufren los resortes de los sellos al ser sometidos a fuerzas normales.
Fluido	Medio continuo que se deforma permanentemente en el tiempo ante la aplicación de un esfuerzo de corte.
Gravedad API	Escala arbitraria que expresa la gravedad o densidad del aceite y es medida en grados API
Grieta	Fractura estrecha y profunda que se forma en las partes de carbón del sello mecánico.
Lubricación	Proceso mediante el cual se dispersa una solución semilíquida a sólida con el propósito de evitar el contacto de superficies en movimiento

RESUMEN

La necesidad de implementar métodos de mantenimiento en el equipo de bombeo, específicamente en lo que es el sello mecánico, es imprescindible para un apropiado trabajo.

El presente estudio se realizó dado a que representa un factor importante en el desarrollo de la planta, de él dependen también los costos derivados del mantenimiento.

Mediante el análisis efectuado al equipo de bombeo, se pudo determinar que éste está diseñado para no recibir ningún tipo de mantenimiento, sin embargo, las condiciones en las que se encuentran trabajando algunas bombas provoca que se desgasten los sellos mecánicos.

Las fallas de los sellos mecánicos pueden ser por varias razones, en este trabajo se presentan solamente las comunes dentro de la planta. Estas fallas pueden ser a causa de una mala instalación por no estar, debidamente, capacitados los trabajadores; por el líquido que se bombea, debido a que presenta en ocasiones sólidos en suspensión que dañan las partes de carbón del sello; por la temperatura de trabajo que suele dañar los elastómeros. Las fallas de los sellos mecánicos deben ser controladas, ya que, generan altos costos de mantenimiento.

Para eliminar estos problemas se plantea realizar mantenimiento preventivo a todas las bombas para anticiparse a cualquier daño posible de los sellos, esto se hará mediante hojas de inspección. Además de un control de mantenimiento, se establecerán las correcciones que se deben realizar ante cualquier tipo de falla además de indicarle al trabajador la correcta instalación del sello.

Dentro de este trabajo, también, se propone un programa de seguridad e higiene industrial con el que se pretende mejorar la seguridad del trabajador y que se adopten las acciones necesarias para su implementación y será indispensable para la protección del trabajador. Dicho programa de seguridad e higiene será desarrollado mediante un diagnóstico previo, con el cual se obtendrán los puntos principales a analizar para evitar todo tipo de riesgo, tomando en cuenta como lo es: los químicos presentes dentro de la empresa, la señalización, el ruido y el sistema contra incendios.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar un manual que controle y mejore el funcionamiento de los sellos mecánicos como elementos selladores dentro de las bombas, con el fin de evitar fracturas y fugas en el proceso de bombeo y reducir los costos de mantenimiento presentes por una mala selección e instalación en las bomba. Así como, elaborar un programa de seguridad e higiene industrial que contemple y elimine los riesgos a los que pueden estar expuestos el personal de la planta.

ESPECÍFICOS

- 1 Determinar por área, la clase de sello mecánico que se utiliza por bomba con el fin de evitar una mala selección y utilización, provocando un mal funcionamiento.
- 2 Identificar las características del fluido que maneja cada bomba por separado para especificar las partes necesarias del sello mecánico.
- 3 Realizar un diagnóstico del estado de los sellos mecánicos para conocer si el mantenimiento actual es el adecuado.

- 4 Establecer las posibles causas de las fallas de los sellos mecánicos y ver de esta forma los mejores métodos a implementar para eliminarlas.
- 5 Proporcionar información sobre el procedimiento de instalación y mantenimiento de los sellos mecánicos al personal de trabajo para evitar el daño, tanto de la bomba como del elemento sellador.
- 6 Reducir el deterioro de los sellos mecánicos mediante un programa adecuado de mantenimiento e instalación.
- 7 Desarrollar un adecuado programa contra incendios.

INTRODUCCIÓN

La industria de generación eléctrica es un proceso muy delicado y que incorpora trabajos, tanto mecánicos como industriales, la flexibilidad de tiempo es muy reducida y es debido a esto que se debe de contar con un adecuado programa preventivo de trabajo.

Con el fin de mantener un óptimo trabajo en los sistemas auxiliares de bombeo de los motores de combustión interna, como lo son las bombas de descarga de combustible, bombas de trasiego, de circulación de combustible, agua de refrigeración y circulación de aceite térmico se ha realizado un estudio en el cual se detalla paso a paso, desde el análisis de las fugas en las bombas hasta la forma correcta de instalar un sello mecánico.

La situación actual de la planta se presenta en el segundo capítulo, donde se analizan aspectos como la descripción de cada bomba utilizada así como los requerimientos necesarios para su trabajo. También, se realiza un breve análisis de las condiciones de trabajo de los sellos mecánicos de cada bomba y se detallan las características del fluido: viscosidad, temperatura, etc. Un punto muy importante mencionado en éste capítulo y que es de vital importancia es el estudio de las fallas de los sellos y su localización en donde se pueden mencionar que las fallas mas comunes son corrosión en las caras, deformación, erosión, grietas por calor, ampollas y astilladuras.

En el tercer capítulo se da una propuesta sobre la selección y mantenimiento del sello mecánico. Dentro de este tema se detallan las actividades a realizar: detección de fallas y sus correcciones; luego de saber qué tipo de falla afecta al sello y de eliminarla se procede a instalar el sello. Este paso es quizá el más importante en el mantenimiento de las bombas, ya que por medio de él se determina el tiempo de vida del sello y, por ende, el tiempo de trabajo sin fugas.

Para cada mantenimiento se llevará un control consistente en identificar y determinar que la instalación sea la adecuada, aumentando, de esta forma, la vida útil del sello mecánico.

El cuarto capítulo consta de un programa de seguridad e higiene industrial. En él se tocan puntos como la situación actual de la empresa, que es indispensable para conocer los puntos en los cuales se necesita realizar mejoras con respecto a la seguridad. Se determina paso a paso el problema y se plantea un plan de seguridad e higiene industrial con el cual se pretende reducir al mínimo cualquier riesgo o actividad peligrosa dentro de la planta. Puntos como: normas de seguridad, señalización, riesgos industriales, equipo contra incendios, son estudiados y planteados en el programa con el fin de mejorar la vida de los trabajadores.

1. ANTECEDENTES

En este capítulo se recopila y expone el historial de la planta, con lo que se pretende dar al lector el conocimiento previo acerca de la estructura organizacional y la ubicación de la misma.

1.1. Historia de la planta de generación eléctrica “GESUR”

Es una planta de generación eléctrica que trabaja a base de motores de combustión interna, fue instalada en el año de 1996 contando para ese entonces con un motor de 8 cilindros y una capacidad instalada de 5 MW. La planta ha ido creciendo paulatinamente y actualmente cuenta con 12 motores de las siguientes capacidades: 2 motores de 8 cilindros con una capacidad instalada de 5 MW cada uno, 6 motores de 9 cilindros con una capacidad instalada de 7.5 MW cada uno, 2 motores de 6 cilindros con una capacidad instalada de 5 MW cada uno. Y 2 motores de 6 cilindros en V con una capacidad instalada de 10 MW.

La planta se divide en tres áreas: Bluref 1 que cuenta con 2 motores, exportando 10 MW; Bluref 2 que tiene instalado 6 motores, exportando 40 MW; y GCA con 4 motores exportando 35 MW. Cada motor cuenta con su respectivo mecánico y con personal de mantenimiento. La supervisión está a cargo de ingenieros especializados en la rama de generación eléctrica.

Por el tipo de servicio que se presta en la planta es necesario trabajar las 24 horas del día por lo cual se trabaja con dos turnos de 12 horas cada uno.

1.2. Visión

La visión de la planta GESUR es ser una de las plantas energéticas de mayor importancia, mediante un servicio sin fronteras y de alta calidad.

1.3. Misión

Ser líder reconocido en el área de generación de energía, participar en los mercados y aplicaciones en donde se logre una posición de liderazgo o de alta participación de mercado que nos permita alta rentabilidad sostenida, que satisfaga las necesidades de nuestros clientes, protegiendo el medio ambiente y apoyando el mejoramiento de nuestros trabajadores.

1.4. Valores

Dentro de los valores de la planta de generación se tienen:

- COLABORACIÓN. El logro de objetivos requiere de que todos los trabajadores participen haciendo contribuciones de manera individual y en quipo en la realización y mejora del servicio.
- HONESTIDAD. El comportamiento debe ser socialmente responsable, mostrando respeto, imparcialidad y sinceridad, hablando siempre con la verdad y apegado a las reglas de la planta.
- LEALTAD. Se debe cuidar por siempre que nuestras relaciones de trabajo no se debiliten, siendo fieles evitando cosas que alteren el compromiso y cuidando de la "intimidad".

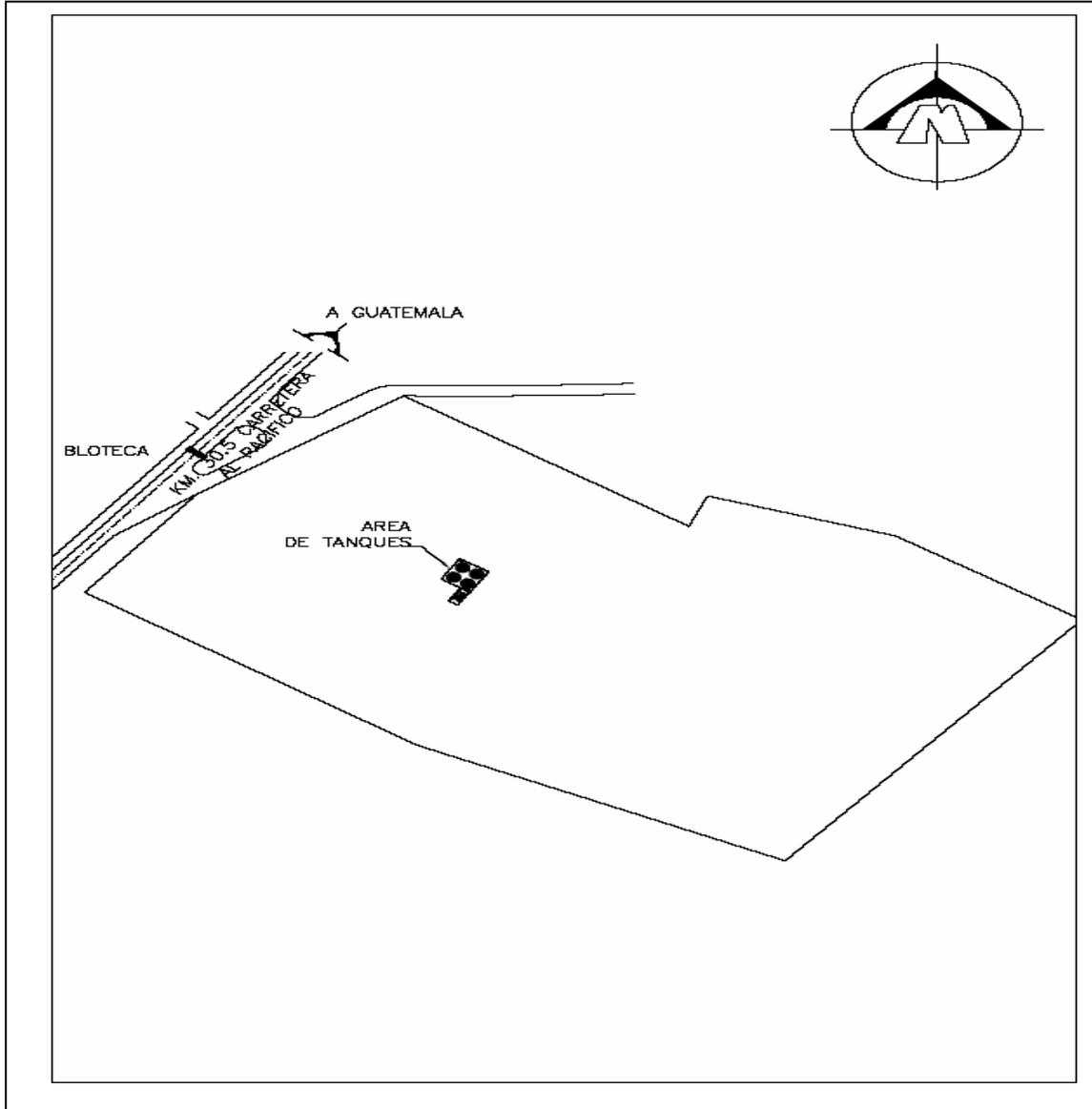
- RESPETO. Apegarse a las normas establecidas, buscando el bien común sin ofender a nadie o que se sientan afectados en su persona o en sus bienes.

1.5. Ubicación de la planta

Se encuentra rodeada por varias empresas textileras, a las cuales les proporciona energía más barata.

La planta está ubicada en Parque del Lago, kilómetro 30.5 ruta al Pacífico, en el municipio de Amatitlán (Fig.1).

Figura 1. Localización de la Planta



1.6. Estructura organizacional

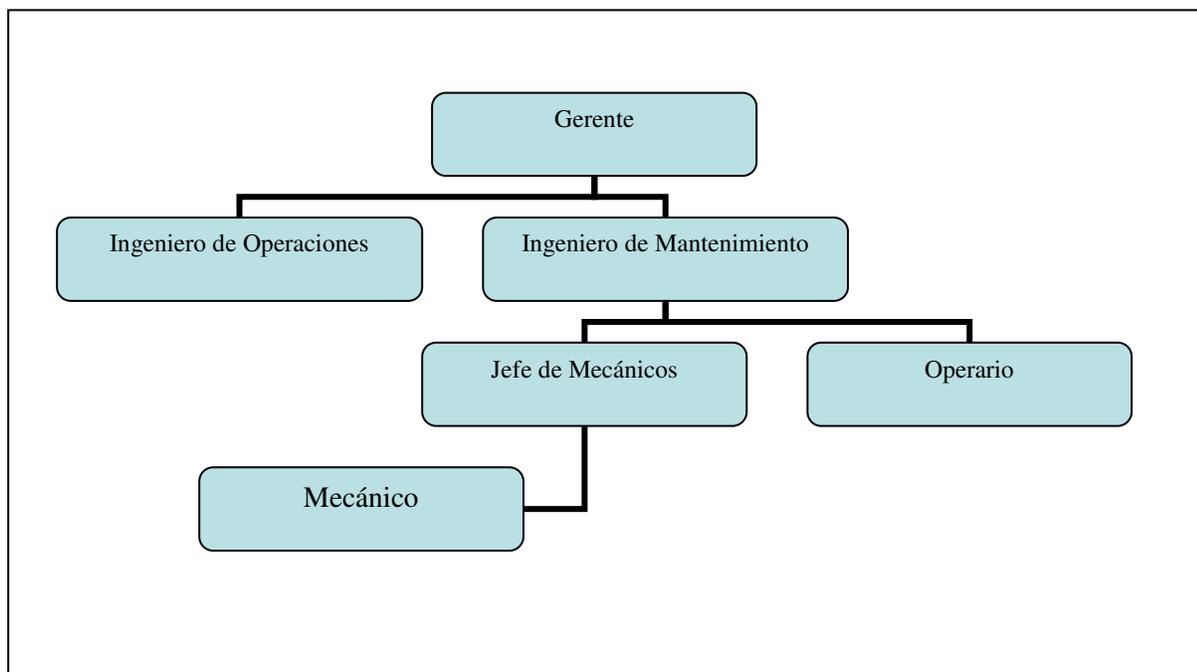
Las especificaciones de los cargos de la planta y las correspondientes tareas de los mismos se presentan a continuación en orden jerárquico:

- Gerente: Ingeniero Mecánico encargado de la inspección, control y desarrollo de la planta en general
- Ingeniero de Mantenimiento: Ingeniero mecánico a cargo del mantenimiento de la maquinaria de trabajo de la planta.
- Ingeniero de Operaciones: Ingeniero Mecánico Industrial encargado del análisis del combustible, aceite y agua de refrigeración de los motores. Además lleva el control del consumo de bunker y diesel y aceite.
- Jefe de Mecánicos: Coordina las operaciones con el ingeniero de mantenimiento y se encarga de controlar el buen funcionamiento de los motores.
- Operario: Controla desde el cuarto de control el funcionamiento de los motores y se encarga de distribuir la energía generada de acuerdo a la demanda.
- Mecánico: se encarga de realizar cualquier mantenimiento o reparación a la maquinaria

1.7. Organigrama

Para una mejor comprensión de la administración y delegación del trabajo se presenta el organigrama actual de la planta es el de uso más frecuente y al cual están acostumbrada la mayoría de las personas. Este Organigrama representa con toda fidelidad una pirámide jerárquica, ya que las unidades se desplazan según su Jerarquía de arriba abajo en una gradación jerárquica descendente. (Fig. 2)

Figura. 2 **Organigrama actual de la planta**



2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

Las condiciones de trabajo de cada área en la planta se examinarán en los siguientes apartados con el propósito de determinar y describir las características de cada bomba y su correspondiente sello mecánico.

Se describirán en forma general las bombas utilizadas para cada tipo de fluido diesel, bunker, aceite, etc. Además, se especificarán los requerimientos con el fin de hacer de conocimiento al lector la función de cada una y explicar de una mejor forma el funcionamiento del sello.

2.1. Descripción del área de trabajo

Esta planta se divide en tres bloques, el primero llamado GCA, el segundo, Bluref 2 y el tercero, Bluref 1. Brindando un servicio tanto interno como externo.

La generadora está dividida en dos edificios o plantas, cada una con dos niveles y sótano (Fig.3). Están conformados de la siguiente forma:

- a) Primer piso: se encuentra el cuarto de motores, generadores, paneles de control, filtros de combustibles, bombas de circulación, separadores de aceite lubricante, enfriadores de aceite.
- b) Segundo Nivel: se encuentra el cuarto de control, calderas de aceite térmico, bombas de circulación de aceite térmico, radiadores.

Junto al edificio de generación se encuentran los tanques de agua dura y agua suave con sus correspondientes bombas de presión. Se cuenta con un área de descarga de combustibles consistente en: diesel, aceite lubricante, bunker y lodos. Esta área cuenta con bombas destinadas a la circulación de los líquidos anteriormente mencionados. Cada tanque es llenado por su correspondiente bomba.

En los siguientes apartados se describirán los equipos de bombeo con los que cuenta la planta. Se enfatizará en la presión, viscosidad, potencia, por ser características indispensables para la selección adecuada del equipo.

2.1.1. Bombas diesel

Las bombas utilizadas para la circulación de diesel son las bombas de tornillo (Fig. 4, Pag 12) es un tipo especial de bombas rotatorias de desplazamiento positivo, en el cual el flujo a través de los elementos de bombeo es verdaderamente axial. La bomba de tornillo puede manejar líquidos de variada viscosidad como la melaza hasta la gasolina, así como los líquidos sintéticos en una gama de presiones de 50 a 5.000 lb/pulg² y los flujos hasta de 5.000 gpm., como características principales tenemos que poseen rosca excéntrica con respecto al eje de rotación y engrana con las roscas internas del estator donde el estator está hecho para balancearse a lo largo de la línea de centros de la bomba. Las bombas para diesel son las encargadas de la circulación del combustible, estas deben de mantener los rangos de presión requeridos por el motor para un desempeño óptimo del mismo.

Para el trabajo de trasiego y traslado del combustible al motor se emplean dos bombas de tipo tornillo de marca Leistritz con designación DP001, DP002, cada una trabaja en iguales condiciones y transportan uniformemente el combustible a los tanques o si es requerido, a los propios motores.

La bomba de llenado y vaciado de tanques DP001 es de tipo tornillo de 5.9 kW, con capacidad de flujo de 499 l/min, con viscosidad de 5 mm²/s, una presión de salida de 5 bar y velocidad de 1750 rpm.

La bomba de presión DP002 también es de tipo tornillo con una potencia de 4.8 kW, una capacidad de flujo de 399 l/min, con capacidad de fluidos de hasta 5 mm²/s, con una presión de salida de 5 bar y una velocidad de 1750 rpm.

2.1.2. Bombas de *heavy fuel oil* (bunker C)

Son bombas de tipo tornillo (Fig. 4, Pag.12) de marca Leistritz con características similares a las de trasiego de diesel, con la diferencia del manejo de un fluido más viscoso, se encuentran en condiciones más severas y tiempos de trabajo prolongados. La designación de las bombas es la siguiente: HP001 para bombas de presión de combustible, HP101 para bombas de circulación, HP008 para bombas de vaciado de tanques colectores de combustible y HP003 para bombas de llenado y vaciado de tanques.

Las bombas de llenado y vaciado de tanques con descripción tienen una potencia de 17.9 kW, con capacidad de manejo de fluidos de hasta 750 mm²/s, una temperatura de operación de 40 °C, caudal de 960 l/min, presión de entrega de 5 bar y una velocidad de 1750 rpm.

Las bombas de presión HP001 y HP002 con 7.7 kW de potencia, capacidad de manejo de fluidos de 70 mm²/s, temperatura de trabajo de 80 °C, caudal de 323 l/min, presión de entrega de 10 bar y una velocidad de 1750 rpm.

Las bombas de circulación HP1001 de 19.7 kW de potencia, capacidad de manejo de flujo de hasta 1200 mm²/s, temperaturas de 10 – 80 °C, caudal de 965 l/min, presión de entrega de 5 bar, y una velocidad de 1750 rpm. Cada motor cuenta con dos bombas de circulación.

Los motores cuentan con bombas de vaciado de tanque colector de combustible de 0.64 kW de potencia, capacidad de manejo de flujo de hasta 360 mm²/s, temperaturas de 50 °C, caudal de 23 l/min, presión de entrega de 5 bar y velocidad de 1750 rpm.

2.1.3. Bombas de agua de refrigeración

Cada unidad cuenta con dos bombas que hacen recircular el agua de mayor temperatura por las partes que necesitan ser enfriadas dentro del motor y recirculan el agua a los diferentes dispositivos independientes del motor que trabajan a bajas temperaturas. Cada circuito es cerrado e independiente el uno del otro.

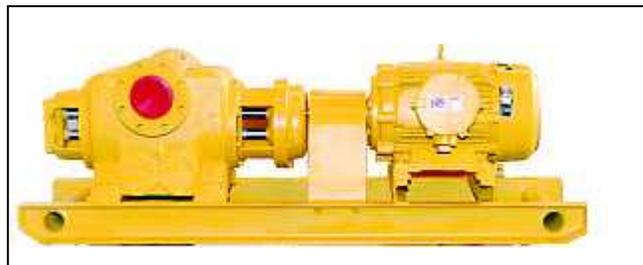
Para estos propósitos se utilizan bombas centrífugas (Fig.5, Pag. 14) para una mayor eficiencia. La bomba de baja temperatura es de marca Trik Norma 80 – 250.2, con una capacidad de 17 kW, caudal de 130 m³/h, presión de entrega de 3.5 bar, velocidad de 1750 rpm, tamaño de 100 mm (succion) y 80 mm (descarga).

Las bombas de alta temperatura son de marca Trik Norma 80 – 250.2, con capacidad de 15kW, caudal de 120 m³/h, presión de entrega de 3.5 bar, velocidad de 1750 rpm, tamaño de 100 mm (succión) y 80 mm (descarga).

2.1.4. Bombas de aceite lubricante

Para el manejo del aceite lubricante se cuentan con dos bombas de tipo tornillo (Fig. 4, Pag. 12) de marca Leistriz, encargadas de llevar el lubricante a los tanques de almacenaje y al tanque de servicio que es de donde se alimenta al motor.

Figura 4. **Bomba tipo tornillo**



Cada motor cuenta con una bomba vertical de pre – lubricación LP102 encargada de llevar el lubricante a todas las partes internas del motor cuando se le da arranque.

La bomba de llenado y vaciado de tanques LP002 es una bomba marca Leistriz, con 1.2 kW de potencia, una capacidad de manejo de flujo de 1200 mm²/s, temperatura de 10 – 80 °C, caudal de 35 l/min, presión de entrega de 5 bar, velocidad de 1750 rpm.

El sistema cuenta con otra bomba de llenado del tanque de circulación de aceite, esta bomba es de marca Leistriz LP001 con 3.2 kW de potencia, capacidad de flujo de 1200 mm²/s, temperatura de 10 – 80 °C, caudal de 110 l/min, presión de entrega de 5 bar y velocidad de 1750 rpm.

La bomba de pre-lubricación LP102 es una bomba de marca Leistriz con 19.7 kW, una capacidad de flujo de 1200 mm²/s, temperatura de 10 – 80 °C, caudal de 965 l/min, presión de entrega de 5 bar y velocidad de 1750 rpm.

2.1.5. Bombas de aceite térmico

Para el manejo de este tipo de fluidos se cuentan con bombas de diferentes capacidades. Estas bombas son de tipo centrífugas (Fig. 5) de marca Etanorm SYA, las cuales manejan caudales de 60 m³/h hasta 250 m³/h. Estas bombas están sometidas a temperaturas elevadas de hasta 250 °C, por lo que es de considerable importancia un manejo adecuado de las partes y un cuidadoso mantenimiento.

Figura 5. **Bomba centrífuga**



2.1.6. Bombas de lodos

Bomba utilizada para el trasiego del lodo almacenado en tanques de evaporación. Es una bomba de tipo helicoidal de marca Trik EL 1024GL, maneja caudales de $20 \text{ m}^3/\text{h}$, presión de entrega de 2 bar, velocidad de 380 rpm, potencia de 4.1 kW y tiene medidas de 80 mm (succión) y 65 mm (descarga).

2.1.7. Lista de bombas de la planta

El siguiente es un listado de las bombas utilizadas en las diferentes áreas de la planta GESUR:

Tabla I. Lista de Bombas del área de GCA

Núm.	Tipo	Descripción
2	L3N G60/120	Bomba de presión previa de Bunker C
2	L3N G90/152	Bomba de llenado de tanque de Bunker
8	L3N G45/70	Bomba de circulación de Combustible
2	L3N G90/152	Bomba de Vaciado de tanque colector de combustible
1	L3N G70/112	Bomba de presión de Diesel
1	L3N G70/140	Bomba de llenado de tanque Diesel
1	L3N G45/70	Llenado de tanque de aceite
1	L3N G32/45	Llenado de tanque de circulación de aceite
2	L3M F90/152	Bomba de pre-lubricación de aceite
8	TRIK Norma 80 – 250.2	Bombas para circulación, agua refrigeración
1	Trik EL 1024GL	Bomba de descarga de Lodos
4	NTT 50 – 200	Bombas primarias de Circulación de Aceite Térmico
2	Etanorm SYA 80 – 200	Bombas Booster para presión de Aceite térmico

Tabla II. **Lista de Bombas del área de Bluref 2**

Núm.	Tipo	Descripción
2	L3N G60/120	Bomba de presión previa de Bunker C
2	L3N G90/152	Bomba de llenado de tanque de Bunker
12	L3N G45/70	Bomba de circulación de Combustible
1	L3N G90/152	Bomba de Vaciado de tanque colector de combustible
1	L3N G70/112	Bomba de presión de Diesel
1	L3N G70/140	Bomba de llenado de tanque Diesel
1	L3N G45/70	Llenado de tanque de aceite
1	L3N G32/45	Llenado de tanque de circulación de aceite
6	L3M F90/152	Bomba de pre-lubricación de aceite
12	TRIK Norma 80 – 250.2	Bombas para circulación, agua refrigeración
1	Trik EL 1024GL	Bomba de descarga de Lodos
10	NTT 50 – 200	Bombas primarias de Circulación de Aceite Térmico
2	Etanorm SYA 80 – 200	Bombas Booster para presión de Aceite térmico

Tabla III. **Lista de Bombas del área de generadora 1**

Núm.	Tipo	Descripción
2	NTT 50 – 200	Bombas primarias de Circulación de Aceite Térmico

* **Nota:** en Blurer 1 las bombas que utilizan sellos mecánicos son las bombas primarias de circulación de aceite térmico, las bombas para el manejo de combustible y lubricante trabajan con retenedores

2.2. Requerimientos necesarios en las bombas

Una correcta selección de la bomba radica en el conocimiento del ambiente de trabajo. La selección adecuada para cualquier aplicación es de vital importancia, es por eso, que se hicieron investigaciones con el propósito de estimar los requerimientos necesarios para un desempeño adecuado de trabajo y una distribución adecuada del fluido. Cada bomba desempeña un trabajo en específico dentro de la planta. Se tienen bombas para circulación, bombas para presión, bombas para llenado y vaciado de tanques.

2.2.1. Bombas de circulación

Las bombas de circulación, como su nombre lo indica, tienen el propósito de hacer llegar el fluido a los lugares donde se necesita de una forma uniforme y con una adecuada presión. La eficiencia de estas bombas tiene un factor prominente dentro de los parámetros de control del motor ya que debe de mantener una presión entre 5 a 6 bar para un correcto desempeño del motor. Cada motor cuenta con dos bombas y sirven ambas al mismo propósito, una permanece trabajando mientras que la otra en "Stand-by" para casos de emergencia, los requerimientos de control de estas bombas deben de estimar un flujo preciso, al igual que se debe de estudiar que trabajan en un ambiente severo debido a las vibraciones producidas por el motor y a temperaturas elevadas del ambiente y del fluido circulante.

2.2.2. Bombas de presión

La distancia, temperatura, viscosidad son características importantes en los fluidos que se manejan dentro de la planta. El combustible utilizado por los motores es trasladado de los tanques de servicio de bunker (tanque con bunker limpio) y Diesel a las bombas de circulación por medio de las bombas de presión. Estas bombas se encargan de adicionarle energía al fluido para compensar la distancia que existe entre los tanques y las bombas. Esta hará que el fluido desarrolle trabajo evitando el calentamiento de las bombas de circulación y mejorando el desempeño de las mismas. Además permiten un flujo continuo evitando la cavitación por un flujo de recirculación inadecuado que puede llegar a dañar el sello mecánico.

2.2.3. Bombas de llenado y vaciado de tanque

Existen varios requerimientos de los fluidos dentro de la planta, ya se ha mencionado las características como: circulación y presión. Es necesario dentro de la planta que se trasladen los combustibles y aceites de los tanques de almacenaje a los tanques de servicio con el propósito de mantener un nivel adecuado y una cantidad considerable de combustible o aceite para ser utilizado por los motores. Los requerimientos de estas bombas no son tan severos ni el ambiente donde están situadas es de relativa importancia, aunque siempre es indispensable que se les tome en cuenta debido a la importancia que se tiene en mantener un suministro adecuado de combustible y se reduzca al mínimo el tiempo de despacho tanto de llenado de los tanques de almacenaje como de los tanques de servicio.

2.3. Diagnóstico de sellos mecánicos

El diagnóstico de los sellos de cada bomba dentro de la planta fue hecho en base a observaciones en el área de trabajo, en base a información obtenida por medio del personal de trabajo, verificando los registros de trabajo diario y examinando detalladamente cada bomba con el fin de establecer un adecuado funcionamiento y mantenimiento.

2.3.1. Bombas de distribución de diesel

En la sección 2.1.1 se ha descrito el tipo de bomba utilizada para éste fluido. En esta sección se describirá las propiedades del fluido con el propósito de evaluar el tipo de sello que utilizan las bombas. De igual forma se estudia el mantenimiento y el estado actual del sello.

2.3.1.1. Propiedades requeridas del fluido

Los motores de generación eléctrica utilizan combustible diesel para el arranque y paro. Este tipo de combustible es empleado como agente limpiador dentro del circuito del motor.

En este tipo de motores el requerimiento básico es que su ignición sea espontánea y queme satisfactoriamente bajo las condiciones existentes en la cámara de combustión.

Las principales propiedades del diesel que determinan un buen desempeño del producto se relacionan con: la curva de destilación, la cual define su composición; el grado de fluidez, la viscosidad, el índice de cetano, el contenido de azufre, la temperatura de inflamación, la retención de agua y los sedimentos en suspensión.

Las variaciones en la viscosidad pueden afectar el desempeño del producto en los sistemas de inyección de combustible, por lo que el propósito del diesel es disminuir la viscosidad de 12 CST, que es el límite de trabajo de los motores, a 4 CST para evitar que se obstruyan los conductos por los que circula el combustible.

2.3.1.2. Mantenimiento actual

Las bombas de diesel no cuentan con un mantenimiento establecido, ni con una inspección delimitada de su estado o condición de trabajo. El mantenimiento que se realiza a estas bombas es correctivo. Si la magnitud de la fuga es considerable o se presenta algún otro problema como vibraciones o ruidos extraños se procede a desmontar y revisar.

2.3.1.3. Características y estado del sello

Se describirán a continuación las características de los sellos de las bombas de circulación, presión y llenado y vaciado de tanques.

- **Sellos para bombas de circulación**

El estado de estos sellos es el adecuado, ya que las condiciones de trabajo como temperatura, presión están dentro de los rangos autorizados por el fabricante, no poseen un sistema de lubricación independiente y no se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo.

- **Sellos para bombas de presión**

Estas bombas utilizan un sello Burgmann, los cuales son de tipo MG12/DW-G6, el cual es un sello simple de la serie de los más comúnmente utilizados y están diseñados para trabajos severos. Cuenta con una cara selladora, un elemento secundario de sellado. La cara del sello es guiado a través del resorte y los elastómeros de tipo L. El sello está conformado por una cara rotativa y un asiento en la pared de la caja de carburo de silicio, los componentes secundarios de sellado son de Viton, el resorte y el cuerpo de sello están hechos de acero CrNiMo.

Estos sellos al igual que los de presión y circulación no reciben mantenimiento preventivo, solo correctivo. Las condiciones de trabajo de estos sellos se encuentran dentro del rango establecido, no presentan ningún problema desde la instalación y puesta en marcha.

- **Sellos para bombas de llenado y vaciado de tanques**

Los sellos de estas bombas son de marca Burgmann, del tipo MG12/DW – G6 son del tipo sencillo y de materiales similares a los utilizados en la fabricación de los sellos de las bombas de presión, el ambiente, temperatura, presión y viscosidad a las que están sometidos estos sellos no representan mayor problema, han permitido que el sello se mantenga en buenas condiciones a pesar de no aplicarles mantenimiento.

2.3.2. Bombas de distribución de *heavy fuel oil*

En la sección 2.1.2 (pag. 10) se ha descrito el tipo de bomba utilizada para éste fluido.

2.3.2.1. Propiedades requeridas del fluido

Este es un aceite combustible derivado del petróleo utilizado en los motores. Suele ser muy viscoso, la temperatura de almacenaje debe de ser elevada para que puedan circular por lo que se almacenan en depósitos que mantienen la temperatura entre 70 °C y 90 °C.

La viscosidad es una de las propiedades físicas que tiene mayor importancia en la utilización del producto. Las condiciones de almacenaje del bunker estan dentro de un rango máximo de 380 CST a 50°C. La viscosidad debe estar acorde a las especificaciones de los equipos, en lo que respecta a bombas, filtros y características de los quemadores.

El rango de viscosidad aceptable por los motores es de 10 a 12 CST, por lo que es necesario mantener una temperatura adecuada y que se verifiquen las características del bunker C con el que se trabaja.

Este por ser un derivado del petróleo poseen una potencia calorífica de aproximadamente 92045 Kcal/kg, con una viscosidad cinemática de 0.9876 gr/cm³, densidad API de 11.7, contenido de cenizas de 0.07, un contenido de agua menor a 1 y un CCAI menor a 850.

2.3.2.2. Mantenimiento actual

El mantenimiento que se suele hacer a estas bombas es puramente correctivo, según el historial de las bombas, son las que presentan más frecuencia de fallas, esto es debido a las condiciones de trabajo a las que están sometidas y el tipo de fluido que manejan.

2.3.2.3. Características y estado del sello

Se describirán a continuación las características de los sellos de las bombas de circulación, presión y llenado y vaciado de tanques.

- **Sellos para bomba de circulación**

Estas bombas utilizan un sello de marca Sealol de tipo 043. Estos sellos están expuestos a daños por acción mecánica de las vibraciones producidas por el movimiento del motor, si a esto añadimos las vibraciones de la tubería, desgastan y deforman las partes en movimiento de los sellos, ocurriendo corrosión por fricción, erosión o deformación en las caras del sello, a causa de una inadecuada manipulación del sello y una mala instalación provocando de esta manera constantes fugas en las bombas (Fig.6). Otro factor que afecta a los sellos es la contaminación del fluido provocando que partículas se adhieran a las caras de los sellos, acelerando su desgaste.

Figura 6. **Estado actual de las bombas de circulación de bunker**



- **Sellos para bomba de presión**

El sello de esta bomba es de marca Burgmann de tipo MG12/DW-G6 y esta conformado de los siguientes materiales según su descripción Q1Q1VGG. Es de igual descripción que el sello utilizado por las bombas de presión de Diesel, con la diferencia que estos están expuestos a condiciones mas rigurosas de trabajo y a un tiempo de trabajo mas prolongado.

Los sellos suelen fallar a causa de acciones mecánicas como lo es la erosión del sello estacionario que puede provocar deformación, y puede ser a causa del tipo de fluido que se maneja que tiene poco pero considerable contenido de partículas abrasivas, también pueden fallar a causa de la corrosión por la fricción y deformación en las caras a causa de movimiento entre las caras de los sellos.

- **Sellos para bomba de llenado y vaciado de tanques**

Se utilizan sellos de marca Burgmann de tipo MG12/DW – G6 de tipo sencillo por el tipo de trabajo y fluido que se maneja. No presentan ningún tipo de mantenimiento, a pesar de ello el sello no presenta ningún desperfecto por consiguiente se mantiene en correctas condiciones.

2.3.3. Bombas de distribución de agua de refrigeración

En la sección 2.1.3 (Pag. 11) se ha descrito el tipo de bomba utilizada para éste fluido. En conformidad con las secciones anteriores se describirán las propiedades del fluido y las condiciones actuales del sello.

2.3.3.1. Propiedades requeridas de fluido

Estos motores emplean como agente enfriador agua suave, líquido que no presenta contaminación alguna de calcio ni magnesio, elementos que causan corrosión en tuberías y en las camisas de los motores. Al agua de refrigeración se le añaden químicos encargados de mantener el sistema de circulación libre de corrosión y sólidos en suspensión, con estas características se evitan fugas en las camisas de los pistones y un correcto desempeño de los dispositivos del motor adecuadamente.

2.3.3.2. Mantenimiento actual

El mantenimiento establecido para estas bombas es puramente correctivo, no se cuenta con programas establecidos que verifiquen el estado de trabajo, ni se cumplen con inspecciones programadas.

2.3.3.3. Características y estado del sello

En la siguiente sección se explicará el estado actual del sello de las bombas de agua de refrigeración.

- **Sellos para bombas de circulación**

Utilizan un sello de marca Burgmann de tipo MG9 - G60 con resorte cónico, con capacidades de presión de 160 PSI y temperaturas de 140 °C.

Este tipo de sellos pueden estar sometidos a cavitación, a causa de la vaporización del líquido debido a la temperatura, o en ocasiones debido a los puntos altos de la tubería, reductores que llegan a la boquilla de la bomba.

Las condiciones de trabajo de estos sellos han permitido que éstos tengan una vida prolongada aunque no tengan registrado un mantenimiento, esto debido a las características del fluido que manejan y a las condiciones de trabajo.

2.3.4. Bombas de distribución de aceite lubricante

En la sección 2.1.4 se ha descrito el tipo de bomba utilizada para éste fluido. En conformidad con las secciones anteriores se describirán las propiedades del fluido y las condiciones actuales del sello.

2.3.4.1. Propiedades requeridas del fluido

Este tipo de lubricante es de la familia de aceites minerales con aditivas de elevada reserva alcalina, para mejorar el desempeño de los motores de combustión interna.

La viscosidad del lubricante es un grado SAE 40 con un Número Total Base de 40, la utilización de este lubricante es recomendable cuando se trabaja con combustibles con un contenido de azufre de hasta 5 %. Este lubricante prolonga la vida de todos los componentes del motor, controlando el desgaste de los anillos y camisas de los cilindros, neutralizando los ácidos del combustible, protegiendo el desgaste adhesivo al eje de levas y cojinetes y extendiendo el periodo de desmontaje del motor. Garantiza de la misma forma la protección en condiciones severas de operación a elevadas temperaturas evitando la formación de depósitos en la parte inferior del pistón, proporcionando una adecuada tolerancia al agua.

Evita la formación de depósitos y la formación de borras a causa de bajas temperaturas de trabajo, y de igual forma protege al motor contra la formación de herrumbre.

Los requerimientos del lubricante es que no se trabaje con un TBN menor a 18 mgKOH/g. Que se trabaje con una viscosidad no mayor de 150 CST en los motores de Bluref 1 y 160 CST en los motores de Bluref 2 y GCA. Además el lubricante no debe de presentar un porcentaje mayor a 1 de contenido de agua y un porcentaje mayor a 0.1 de insolubles.

2.3.4.2. Mantenimiento actual

El mantenimiento que se les suministra a estas bombas es correctivo de forma similar a las demás bombas de la planta. (Fig. 7)

Figura 7. Mantenimiento actual



**PLANTA GENERADORA
MOTORES MaK
CONTROL DE ORDENES DE TRABAJO**

TIPO DE TURBINA: "GESUR" HORAS: 1,500 HORAS

LISTA DE CHEQUEO

FECHA INICIO: 16/JUNIO/2006 FECHA CONCLUSION: 17/JUNIO/2006

DESCRIPCION DE LA ORDEN DE TRABAJO: SERVICIO DE
1,500 HRS.-

EQUIPO: MOTOR # 10 HOROMETRO: 16,547 HRS.

TIPO DE TRABAJO: MANTENIMIENTO PREVENTIVO SE REQUIRIO PARAR EL EQUIPO: NO:
 MANTENIMIENTO CORRECTIVO SI: TIEMPO PARO: 11/16

DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO: SE ADJUNTAN
HOJAS CON TRABAJOS REALIZADOS.-

REPUESTOS	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD
<input type="checkbox"/>		INSPECCION DE ESCALAS	
<input type="checkbox"/>		INSPECCION DE VALVULAS DE SEGURIDAD Y APERTURAS	
<input type="checkbox"/>		INSPECCION DE FILTROS DE AGUA	
<input type="checkbox"/>		TURBOS Y TRAMPAS DE AGUA DEL INTERCOOLER	
<input type="checkbox"/>		INSPECCION DE TAPADERAS DEL MOTOR	
<input type="checkbox"/>		INSPECCION DEL MOTOR, INSPECCION DE VALVULAS DE ALIVIO	
<input type="checkbox"/>		INSPECCION DE JUAQUE DEL MOTOR E INSPECCIONAR LOS ELEMENTOS DE HULE Y LIMPIARLOS CON AIRE A PRESION	
<input type="checkbox"/>		INSPECCION DE TRAMPAS DEL SISTEMA	

MECANICOS(S): AMBOS TURNOS

TURNO: #1 #2 JEFE OPERADORES: _____

JEFE PLANTA: ING. MARIO DEL VALLE

2.3.4.3. Características del sello

Se describirán a continuación las características de los sellos de las bombas de circulación, presión y llenado y vaciado de tanques.

- **Sellos para Bomba de circulación**

El sello que utilizan estas bombas es de marca Sealol de tipo 043. Estos sellos de forma similar a los de combustible Diesel no se les da mantenimiento, no presentan ningún problema en cuanto a daños en las caras de carbón o elastómeros, ni anomalías en las partes metálicas como el resorte y cuerpo del sello, esto es debido a que el propio líquido representa un lubricante para el sello trabajando en condiciones estables y en rangos permisibles.

- **Sellos para bomba de presión**

Poseen un sello de marca Sealol de tipo 043, estos sellos trabajan de forma similar que los sellos de las bombas de circulación, trabaja entre presiones de 0.5 bar hasta 7 bar es un sello mecánico de efecto sencillo y exento de mantenimiento, no presentan ningún inconveniente debido a que el propio fluido realiza la lubricación del sello y además disipa el calor generado por el contacto entre ambas caras de los sellos. Los materiales y la versión del sello se adaptan a las condiciones de servicio y a las características del medio de extracción.

- **Sellos para bomba de llenado y vaciado de tanques**

Utilizan un sello de marca Sealol de tipo 043 es un sello de efecto sencillo, sin descarga y exento de mantenimiento, está en contacto directo en la tapa del lado de accionamiento. Los materiales y la ejecución del sello se adaptan a las condiciones de servicio existentes y a las características del lubricante.

Las condiciones de trabajo y el sello en sí, no presentan ningún inconveniente.

2.3.5. Bombas de distribución de aceite térmico

En la sección 2.1.5 se ha descrito el tipo de bomba utilizada para éste fluido. En conformidad con las secciones anteriores se describirán las propiedades del fluido y las condiciones actuales del sello.

2.3.5.1. Propiedades requeridas del fluido

El aceite térmico Chevron de grado 22, permite la transferencia de calor a sistemas donde combustibles, gas o electricidad necesitan de una apropiada transferencia de calor. Trabaja en sistemas a temperaturas arriba de 316 °C en los que se requiere una buena estabilidad y un adecuado bombeo, es de uso adecuado en trabajos donde se requiere de una alta transferencia de calor combinado con altas exigencias de flujo y en sistemas de temperatura constante. El aceite Lubricante Chevron de transferencia de calor proporciona una excelente eficiencia y estabilidad calorífica asegurando una larga vida del lubricante y una estabilidad de oxidación previniendo los depósitos de sólidos en las partes bajas de la tubería, por otra parte cuenta con una protección contra la corrosión evitando la mala circulación del fluido. Es estable ante cambios repentinos de temperatura, evitando la vaporización ya que combina un bajo grado de volatidad y un alto punto de inflamación.

Las características del aceite son: Gravedad API de 33.8, Viscosidad a 40 °C 23.1, flash point 210 °C, fire point 229 °C, pour point -13°C.

2.3.5.2. Mantenimiento actual

Estas bombas no presentan un mantenimiento programado, se revisan cuando presentan algún inconveniente como lo son: fugas, ruidos extraños o no entregan una adecuada presión.

2.3.5.3. Características y estado del sello

Se describirán a continuación las características de los sellos de las bombas de circulación y presión.

- **Sellos para bomba de circulación**

Los sellos que utilizan estas bombas son de marca Burgmann, de tipo M7N – G6 con límites de operación de 25 bar, temperaturas de -15 a 220 °C. Estos sellos presentan grietas por calor que actúan contra el elemento rotativo del sello mecánico cuando éste trabaja en seco aumentando la presencia de fugas en las bombas (Fig.8). Otro elemento que suele fallar en este tipo de bombas es el elastómero.

Figura 8. **Estado actual de las bombas de aceite térmico**



- **Sellos para bomba de presión**

Las condiciones de trabajo de este tipo de sellos no son tan severas como el de las bombas de circulación ya que trabajan a menores velocidades, esto evita las vibraciones que pueden dañar las caras de los sellos.

Los sellos no han recibido ningún tipo de mantenimiento desde su instalación de esta forma se puede establecer que se mantienen en un correcto estado de funcionamiento.

2.3.6. Bombas de distribución de lodos

En la sección 2.1.6 se ha descrito el tipo de bomba utilizada para éste fluido. En conformidad con las secciones anteriores se describirán las propiedades del fluido y las condiciones actuales del sello.

2.3.6.1. Propiedades requeridas del Fluido

El requerimiento de éste fluido dentro de la planta no es considerado de importancia, por ser residuo de los combustibles y lubricantes de la planta.

El lodo es la mezcla del combustible desechado por las separadoras de bunker junto con el desecho de las separadoras de aceite. También recibe todo el líquido utilizado par mantenimiento de la maquinaria, como lo es Diesel, Dieltron, thiner, solvente mineral.

Las propiedades del lodo dependen tanto de las condiciones de la maquinaria de limpieza de combustible, como del calor transferido por los tanques de almacenamiento, este es almacenado en tanques de evaporación con el propósito de reducir al mínimo el contenido de agua pues las separadoras suelen inyectar agua para la limpieza del combustible.

2.3.6.2. Mantenimiento actual

El mantenimiento que recibe la bomba de trasiego de lodos es puramente correctivo, no se cuenta con programación, revisión y limpieza de las partes internas de la bomba.

2.3.6.3. Características y estado del sello

Se describirán a continuación las características del sello de la bomba de llenado y vaciado de tanques.

- **Sellos para bomba de llenado y vaciado de tanques**

La bomba de lodos utiliza estopa en vez de sello mecánico, debido a que las condiciones de trabajo a la que está sometida implicarían un alto grado de protección y mantenimiento del sello.

2.3.7. Fallas de los sellos

El diagnóstico de los sellos fue hecho en base a observaciones en el lugar de trabajo, datos históricos de las bombas e información obtenida por los trabajadores de la planta.

Las fallas en los sellos de las bombas de la planta “GESUR” han sido significativas, generando costos de mantenimiento elevados, dentro de las causas básicas tenemos: errores en la instalación al poner en funcionamiento el equipo como también la contaminación del líquido. Los errores en la instalación suelen ocurrir sin que el operario se de cuenta, uno de los mas comunes es el descuido de no proteger las caras de sellado, daño a los elastómeros, no verificar la posición y las dimensiones críticas de sello. Las caras de los sellos están pulidas con una gran precisión, lo que hace que se trabajen con una extrema delicadeza, cualquier partícula de herrumbre en el área de trabajo durante la instalación permitirá fugas, produciendo abrasión.

Otro factor importante y esencial que puede ocasionar fallas en los sellos es el daño a los elastómeros (Fig. 9). Esto debido a que en ocasiones el mecánico no verifica la presencia de bordes agudos en el eje, la camisa del eje, tornillos prisioneros. Nunca se debe retirar el elastómero con cuchilla o cualquier herramienta similar, esto puede dañarlo y ocasionar fugas.

Figura 9. **Daño del elastómero en la instalación**



(Fuente: ABC of Mechanical Seals)

Cuando se realiza la instalación del sello mecánico, el mecánico no verifica la tolerancia permitida, no se deben pasar por alto los ajustes finales del impulsor y de la posición de las placas de apoyo. Generalmente cuando se instala un sello no se revisa la desviación radial del eje ni el movimiento axial, ni se considera la concentricidad y perpendicularidad del prensaestopas con el eje.

2.3.7.1. Localización de las fallas

Las fugas presentes en las bombas pueden ser por varias razones, un sello mecánico generalmente permite que cierta cantidad de líquido se entreponga entre las caras para mantenerlas lubricadas.

Dentro de la planta se observaron detenidamente las piezas dañadas de los sellos mecánicos para establecer una lista de medidas que aumente la duración de los sellos.

Normalmente los sellos suelen fallar por acción térmica, química o mecánica. (Fig. 10)

Figura 10. **Instalación incorrecta del sello mecánico**

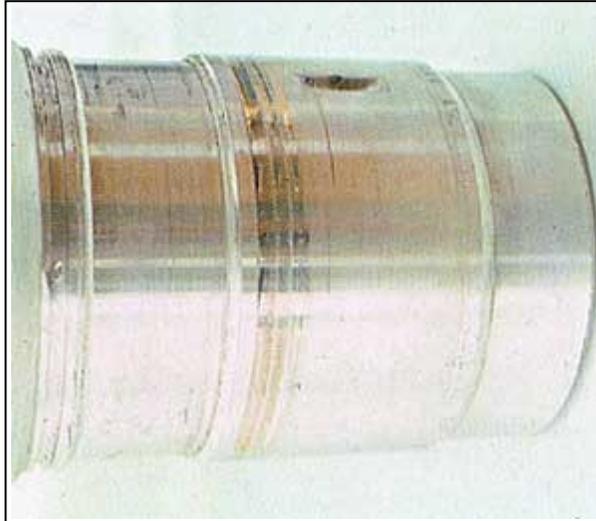


(Fuente: Planta GESUR)

- **Corrosión por fricción**

Falla presente en las bombas tanto de circulación de bunker como de aceite térmico. Permite fugas en el sello secundario dañando el eje, la zona afectada presenta picaduras y esta abrigantada con respecto al eje (Fig. 11), esto se debe a que existe un movimiento constante hacia un lado y otro, provocando que se dañe el sello secundario.

Figura 11 **Corrosión por fricción en el eje de la bomba**

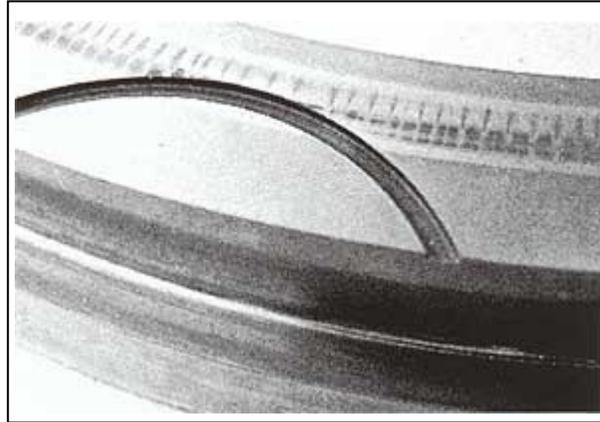


(Fuente: ABC of Mechanical Seals)

- **Deformación en las caras**

Este tipo de falla fue observada en los sellos de las bombas de circulación de bunker, este problema que afecta a los sellos, provoca fugas excesivas. Las caras de los sellos presentan desgaste (Fig. 12), esto ocurre cuando no se ensambla correctamente y las cargas se producen en forma dispareja.

Figura 12. **Desgaste en las caras del sello**



(Fuente: ABC of Mechanical Seals)

- **Flexión de las caras**

Fallas presentes en las bombas de circulación, se presentan en forma de desgaste en las caras del sello de la misma forma que cuando se presentan deformaciones; el desgaste es continuo, cóncavo o convexo la cara convexa permite fugas mayores y la cara cóncava producirá torsión y calor excesivo, esto provoca un mal desempeño de los sellos cuando se presentan presiones variables.

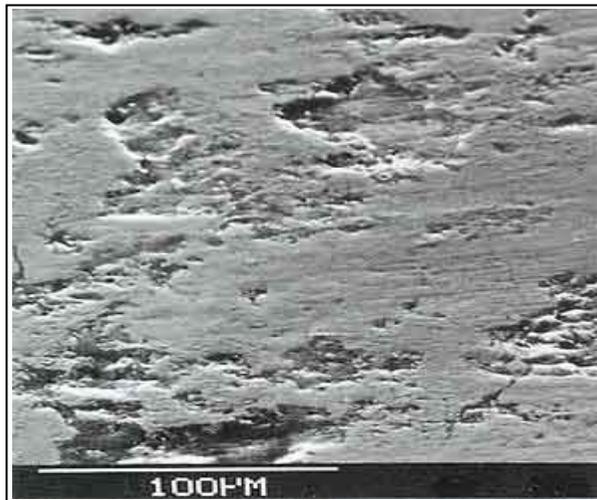
Esto suele ser causa de:

- Soporte inadecuado de la cara del sello estacionario
- Cuando los sellos están expuestos a presiones más altas de los rangos establecidos.
- Desequilibrio en las caras del sello

- **Erosión**

Los sellos presentan caras carcomidas en un solo lugar. La erosión (Fig. 13) está presente en los sellos de circulación de bunker normalmente afectando la cara del sello estacionario presentando deformación excesiva o rotura, resultado de transportar partículas abrasivas.

Figura 13. **Erosión en la cara estacionaria del sello**



(Fuente: ABC of Mechanical Seals)

- **Grietas por calor**

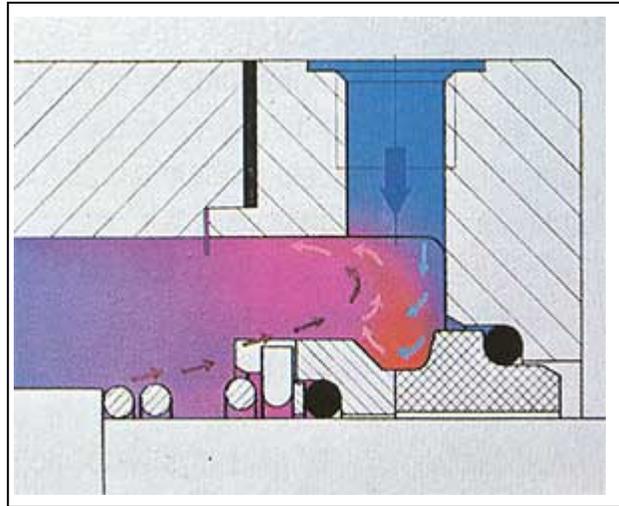
Fallas observadas en las bombas de circulación de aceite térmico, aparecen en las caras de los anillos metálicos y varían de tamaño (Fig. 14), actuando como una serie de filos contra las caras del carbón provocando su falla y a causa de esto fugas en la bomba. Este tipo de falla suele ser a causa de vaporización en las caras del sello, presiones, velocidades excesivas provocando calor por fricción (Fig. 15) y esfuerzos térmicos que agrietan las caras de los sellos.

Figura 14. **Grietas por calor**



(Fuente: Planta GESUR)

Figura 15 **Efecto térmico en los sellos mecánicos**



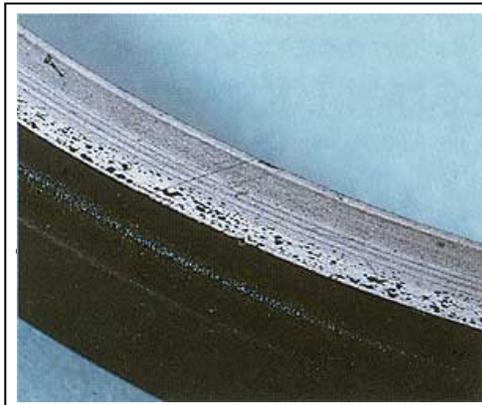
(Fuente: ABC of Mechanical Seals)

- **Ampollas**

Son secciones circulares pequeñas que sobresalen en las caras del sello de carbón (Fig. 16), estas separan las caras de los sellos permitiendo el libre paso del fluido en los sellos de circulación de aceite térmico y bunker.

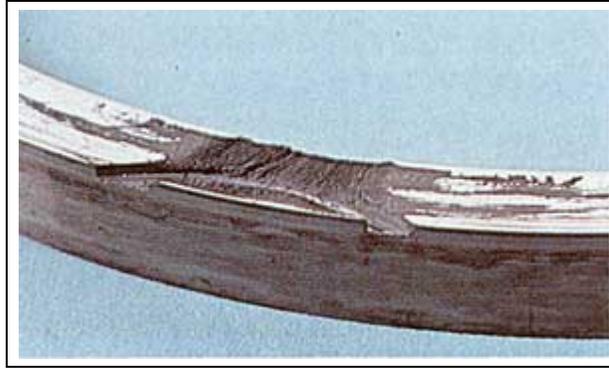
Normalmente siguen un patrón establecido, primero aparecen pequeñas secciones realzadas o salientes en las caras del sello, seguidamente aparecen grietas en las secciones con una configuración de estrella y por último surgirán huecos a causa de las ampollas que permitirán fugas.

Figura 16. **Ampollas**



Son fallas parecidas a las abolladuras con la diferencia en que éstas no se presentan en la parte frontal del sello, sino que, en la parte exterior del sello y la parte de atrás del mismo (Fig. 17), a causa de esfuerzos térmicos excesivos, ocurriendo en las bombas de aceite de circulación de aceite térmico, es a causa de la expulsión repentina de la humedad cuando se sobrecalienta el sello y se debe a que el sello trabaja en seco.

Figura 17. **Astilladuras**



3. PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE SELECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE SELLOS MECÁNICOS

La implementación del manual de selección y mantenimiento de sellos mecánicos se debe de llevar a cabo mediante los conocimientos necesarios para un desempeño correcto del trabajo, en los siguientes incisos se especifican los procedimientos para realizarlo.

3.1. Mantenimiento del sello mecánico

Para el mantenimiento e instalación es indispensable que la persona que realice el trabajo conozca la función del sello, normalmente cada bomba especifica en su ficha técnica las capacidades de trabajo, estableciendo los rangos necesarios para un desempeño aceptable. Tomando en cuenta lo anterior se enfatizará en lo siguiente:

- ◇ El movimiento axial del eje.
- ◇ Temperatura.
- ◇ Especificaciones del fluido que se maneja.
- ◇ Presión de trabajo.

Los tipos de sellos mecánicos utilizados en la planta GESUR, no necesitan de mantenimiento alguno, ya que sus características y capacidades establecen una vida prolongada de uso.

Las condiciones del medio en que trabajan la mayoría de las bombas de la planta están conforme a las establecidas por el fabricante del sello y se cumplen con los rangos de trabajo el sello no presentará ningún problema por consiguiente no precisará ningún tipo de mantenimiento, sin embargo, se determinarán inspecciones para prevenir cualquier desperfecto siendo más rigurosas las realizadas a las bombas de circulación de bunker y aceite térmico por ser las que presentan mayor índice de fallas.

El mantenimiento será desarrollado por los propios mecánicos de la planta en conjunto con los ingenieros de mantenimiento, que serán los encargados de evaluar las condiciones de trabajo de las bombas así como el estado de los sellos mecánicos y registrar los resultados en el formato de control de mantenimiento.

3.1.1. Clasificación de las actividades a realizar

Ante la posibilidad de que se produzca una avería en las bombas, se establecerá lo siguiente:

- ◇ Se deberán realizar inspecciones periódicas, con las cuales se podrán evaluar las condiciones de trabajo de las bombas y de esta forma determinar si algún sello se encuentra en mal estado.
- ◇ De presentarse alguna fuga, estimar el tiempo de frecuencia de goteo si fuera de intervalos considerables, es decir, aproximadamente una gota por hora, la bomba está trabajando correctamente. Si se presentara un goteo constante debe informarse al ingeniero de mantenimiento.

- ◇ Después de evaluar las condiciones de la bomba y establecer que es necesaria su pronta reparación se debe proceder a desarmar la bomba.
- ◇ Una vez desacoplada, se procede a examinar y verificar el estado del sello mecánico si este presenta alguna anomalía se registrará en la ficha técnica del sello correspondiente para formar un historial y poder determinar las causas del daño que causaron el desperfecto en el sello, evitando en el futuro, fugas y costos indeseados.
- ◇ Realizar una orden de trabajo; dentro de la orden de trabajo se especificarán las partes dañadas del sello, las posibles causas del desperfecto, la fecha en que fue revisado, el mecánico de turno y será firmada por el ingeniero de turno.
- ◇ Realizada la orden de trabajo se procederá a cambiar la parte o partes del sello y la bomba se dejará lista para trabajar.

3.1.2. Corrección de las fallas

Las correcciones de las fallas expuestas en el capítulo 2 se harán previo estudio, determinando el tipo de falla al que pertenece. De esta forma se llegará a la raíz del problema evitando futuras averías.

3.1.2.1. Corrosión por fricción

Correcciones:

- Verificar que la desviación flexible y juego longitudinal del eje sea el correcto.

- Revestir el eje con un material más resistente para evitar que se deslicen los sellos.
- Estudiar el material de revestimiento del eje.
- Establecer la posibilidad de utilizar otro tipo de elastómero que permita absorber los movimientos axiales del eje.
- Verificar el ajuste de los tornillos castigadores.
- Cambiar el sello por uno de empuje.

3.1.2.2. Deformación en las caras

Correcciones:

- Asíntese la cara del sello.
- Determinar la utilización de montaje flexible del sello para compensar la deformación de la carcasa.
- Apretar correctamente los tornillos castigadores.

3.1.2.3. Flexión de las caras

Correcciones:

- Determinar los límites de presión de funcionamiento del sello.
- Considerar un montaje flexible para el sello estacionario.

3.1.2.4. Erosión

Correcciones:

- Si se tuviera un sistema de auto-lavado, reducir el volumen del líquido.
- Eliminar las partículas abrasivas en el líquido.
- Utilizar materiales más resistentes a la erosión en las caras como los carburos de silicio o tungsteno.
- Utilizar una cubierta en torno a la cara del sello estacionario para que no llegue directamente el líquido.

3.1.2.5. Grietas por calor

Correcciones:

- Comprobar que las condiciones de trabajo del sello se encuentran dentro de los rangos establecidos por el fabricante.
- Si se utiliza un sistema de enfriamiento, verificar que sea el adecuado.
- Determinar si no se encuentra en mal estado algún cojinete de la bomba, provocando sobrecargo en el sello y a consecuencia de esto falle por cargas excesivas en las caras del sello.
- Utilizar materiales mas resistentes para la carga
- Determinar si es necesario el enfriamiento y lubricación en las caras del sello.

3.1.2.6. Ampollas

Correcciones:

- Reducir la viscosidad del líquido en la cavidad del sello aumentando la temperatura de trabajo.
- Evitar los paros y arranques seguidos de las bombas.
- Utilizar un material más resistente para las caras de los sellos.
- Utilizar un sistema de enfriamiento y circulación en las caras de los sellos.

3.1.3. Instalación del sello mecánico

Para la instalación del sello se deben realizar una secuencia de pasos con el fin de mejorar el rendimiento de trabajo de la bomba. Es imprescindible que se tenga el conocimiento necesario para evitar cualquier tipo de fallo.

3.1.3.1. Puesta del sello mecánico

Asegurarse de examinar que el eje tenga el nivel de referencia, si no lo tuviera seguir los siguientes pasos con el fin de que el sello posea la compresión deseada por el fabricante:

1. El marcado debe realizarse con la bomba armada y debidamente limpia para evitar errores en la medición.
2. Como no se cuenta con las dimensiones de referencia de instalación se utilizará la siguiente formula: (Fig. 18)

$$D = A + B - C$$

donde:

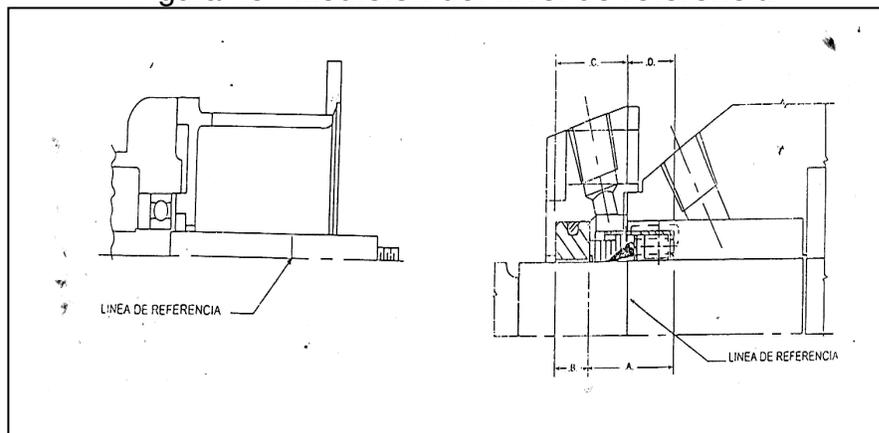
A = Longitud del elemento rotativo o cabeza

B = Longitud del asiento

C = Largo de la brida medida desde el empaque hasta donde se apoya el asiento

D = Línea de referencia

Figura 18 Medición del nivel de referencia



(Fuente: Manual de Sellos Mecánicos)

3. Después de determinar la línea de referencia se mide la distancia establecida por el fabricante.
4. Deslizar el sello por el eje por medio de empuje hasta que la parte posterior del sello coincida con la línea de referencia. Si en dado caso no se deslizara no golpear, utilizar aceite lubricante.
5. Llegado el sello hasta la línea de referencia se deben de ajustar los tornillos castigadores.

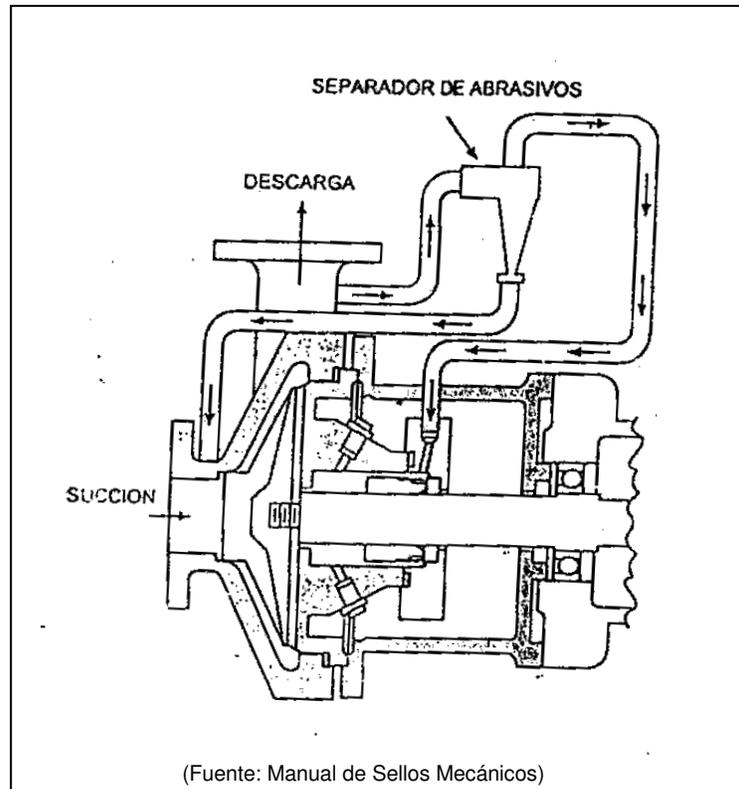
- **Pasos a realizar**

Seguido de la toma de referencia para tener una adecuada altura de trabajo se procederá a la instalación la cual se hará en un área adecuada donde se contemplen tanto la limpieza como las herramientas o accesorios a utilizar para la instalación, un buen trabajo será reflejo de una buena instalación.

1. Leer detenidamente las instrucciones de instalación del fabricante, si se dispone de ellas.
2. Para la puesta del sello, el mecánico debe tener un conocimiento amplio de lo que está haciendo debido a que las partes del sello suelen ser de materiales frágiles y de alto costo; hasta una huella digital puede causar fugas si se tocan las caras de carbón de los sellos.
3. Verificar que el movimiento axial del eje no exceda lo especificado por el fabricante. Vibraciones en el eje pueden ocasionar carga y traqueteo de los resortes del sello acelerando su falla.
4. Se debe manipular el sello en un ambiente no contaminado.
5. Utilizar aceite lubricante delgado (tener el mayor cuidado que las caras de los sellos no se contaminen).
6. Para una pronta instalación y producir una adecuada presión en las caras lapeadas de los sellos debe identificarse la distancia adecuada de instalación del sello, utilizando una referencia de montaje clara estimando la distancia entre la camisa y el sello.
7. Utilizar las herramientas adecuadas en el desmontaje y montaje evitando el daño a las partes del sello, tener el cuidado de no golpear el sello ni de apretarlo excesivamente al eje.

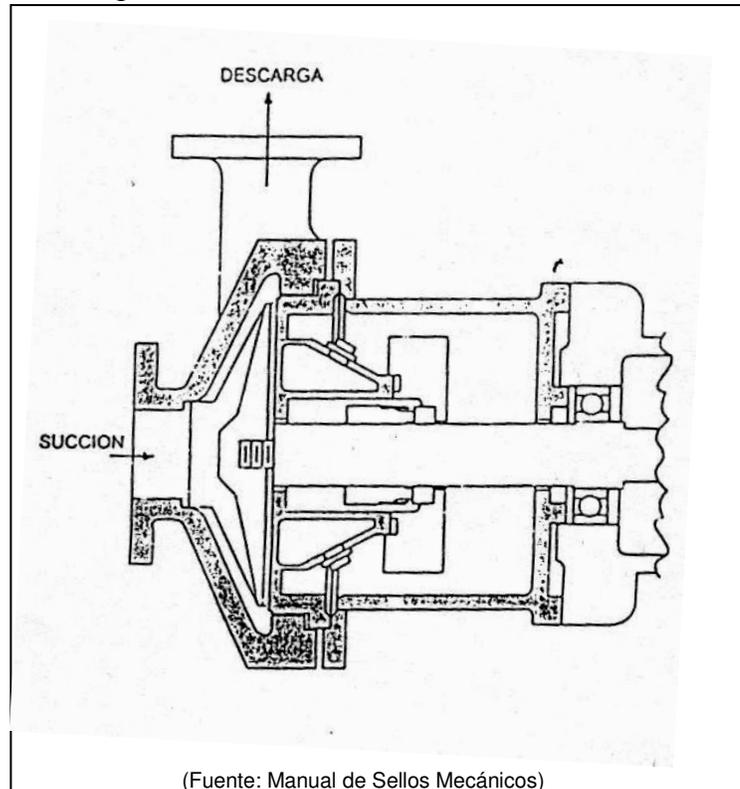
8. En el momento del montaje verificar el sentido del flujo, que no exista una conexión incorrecta y que el sistema no este obstruido, evitando el trabajo en vacío de la bomba que puede producir calentamiento en las caras de los sellos disminuyendo su tiempo de vida.
9. Antes de poner en funcionamiento la bomba se deberá sacar el aire del sistema, esto evitará que se formen vapores que generen presiones que dañen por cavitación las partes del sello.
10. Si es necesario, utilizar un flujo de refrigeración para el sello, el recomendado para el tipo de sellos de las bombas de circulación y sugerido en los manuales de John Crane es el Plan API 31 (Fig.19), que se especifica solamente para sólidos en suspensión donde el fluido es tomado de la descarga de la bomba y se hace pasar por un separador inyectándose tangencialmente en la parte superior del mismo produciéndose un torbellino y las partículas sólidas caen en el fondo del separador para ser devueltas al fluido de proceso mediante una conexión con la succión de la bomba, y el fluido limpio sale por la parte superior del separador para ser inyectado a las caras del sello.

Figura 19. **Separador de abrasivos**



Para las bombas de aceite térmico se recomienda el plan API 2 (Fig.20), el cual es un sistema contenido en la bomba que no requiere de ninguna instalación adicional, consiste en una cámara de la bomba por donde se hace circular agua de enfriamiento para la refrigeración en la zona de la caja de estoperos.

Figura 20. **Sistema de enfriamiento**

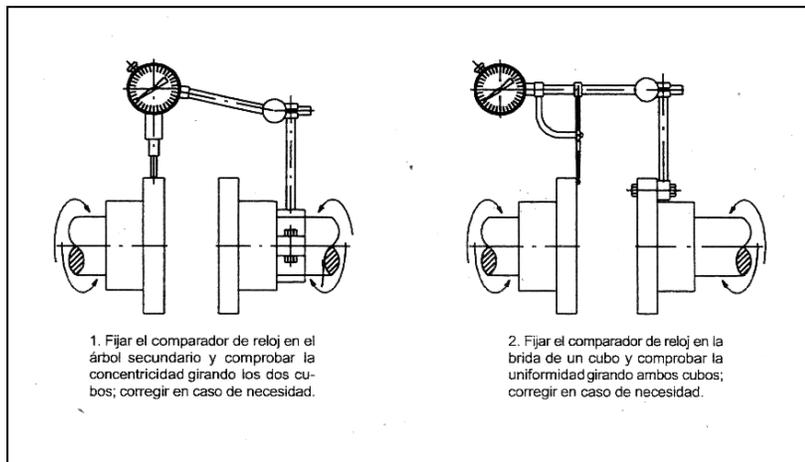


- **Comprobación de instalación**

Posteriormente de la instalación del sello, se realizará una inspección general y se observará el comportamiento del equipo de bombeo.

- Verificar la perpendicularidad de la caja de sellado
- El atornillado de la brida de la bomba puede producir una torsión que puede afectar la perpendicularidad del eje.
- Verificar el movimiento radial del eje.
- Verificar el movimiento axial del eje.
- Verificar la concentricidad de la caja de sellado al eje (Fig. 21).

Figura 21 Alineación del eje de la bomba



(Fuente: Planta GESUR)

3.1.4. Clasificación de la frecuencia de actividades

Un correcto desempeño y buena instalación de un sello mecánico se puede evaluar con la eficiencia de trabajo del mismo, este puede durar más de 2 años sin presentar fugas si se establecen correctos procedimientos de trabajo.

Nos referimos a correctos procedimientos de trabajo cuando se realizan inspecciones del estado de la bomba, se evita hacer trabajar la bomba en condiciones severas como: trabajar en vacío, rangos superiores a los establecidos dentro de las especificaciones de la bomba, etc.

Es por eso que a continuación se delimitan las actividades:

3.2.2. Personal encargado

El control de mantenimiento será llevado a cabo por el ingeniero de mantenimiento, en conjunto con los mecánicos de turno.

Los mecánicos de turno serán los encargados de realizar las inspecciones diarias al sistema de bombeo y por ende revisar el estado del sello mecánico, se encargarán de realizar las anotaciones pertinentes en las hojas de inspección y tendrán la obligación de notificar al ingeniero de mantenimiento si se presentara algún desperfecto; el ingeniero de mantenimiento será el encargado de programar las inspecciones y de llevar el control de todas las hojas de inspección, este realizará las órdenes de trabajo necesarias para la reparación o reposición de alguna pieza de la bomba, también tendrá a cargo el análisis de los resultados del sistema de mantenimiento, verificando de esta forma las posibles causas del desperfecto.

3.2.3. Órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo (Fig. 23) tendrán un doble propósito, el primero, será llevar el control de las piezas que necesitan ser cambiadas o reparadas del equipo de bombeo, el segundo, especificar en la orden de trabajo el tipo de falla encontrada y si es posible las condiciones en que se encontraba el equipo así se podrá determinar las posibles causas que generaron la falla en la pieza y realizar la acción correctiva específica.

3.2.4. Recopilación de datos de mantenimiento

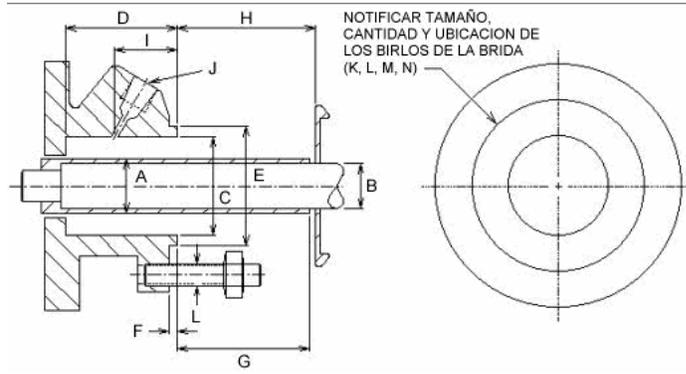
Las hojas de inspección, control de mantenimiento, órdenes de trabajo y fichas técnicas serán archivadas en lugares accesibles para el personal de trabajo, deberán estar en diferentes apartados y especificando el tipo de equipo al que pertenecen, el propósito de la recopilación de datos es, determinar en ocasiones futuras, el tipo de acción preventiva a realizar, esto permitirá la reducción de tiempo de trabajo y evitará errores en la reparación del equipo.

3.2.5. Ficha técnica

En ella se especificarán los datos característicos del sello mecánico como medidas, marca, tipo de bomba, características del fluido (Fig. 24). Todo esto con el fin de evitar una selección incorrecta del sello mecánico.

Figura 24. Ficha Técnica

FICHA TECNICA



SELLO MECANICO

Marca: _____ Tipo: _____ <p style="text-align: center;">Dimensiones del Equipo (mm)</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">A Diametro Camisa</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>B Diametro Flecha</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>C Diametro de Caja</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>D Profundidad de Caja</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>E Diametro de Piloto</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> </table> <p>Características de la Brida</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">K Cantidad</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>L Tamaño</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>N Distancia angular</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> </table>	A Diametro Camisa	<input style="width: 100%;" type="text"/>	B Diametro Flecha	<input style="width: 100%;" type="text"/>	C Diametro de Caja	<input style="width: 100%;" type="text"/>	D Profundidad de Caja	<input style="width: 100%;" type="text"/>	E Diametro de Piloto	<input style="width: 100%;" type="text"/>	K Cantidad	<input style="width: 100%;" type="text"/>	L Tamaño	<input style="width: 100%;" type="text"/>	N Distancia angular	<input style="width: 100%;" type="text"/>	Especificación materiales <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">F Profundidad de Piloto</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>G Longitud Camisa</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>H Proxima Obstrucción</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>I Ubicación del Orificio</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>J Diametro de la Toma</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> </table>	F Profundidad de Piloto	<input style="width: 100%;" type="text"/>	G Longitud Camisa	<input style="width: 100%;" type="text"/>	H Proxima Obstrucción	<input style="width: 100%;" type="text"/>	I Ubicación del Orificio	<input style="width: 100%;" type="text"/>	J Diametro de la Toma	<input style="width: 100%;" type="text"/>
A Diametro Camisa	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
B Diametro Flecha	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
C Diametro de Caja	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
D Profundidad de Caja	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
E Diametro de Piloto	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
K Cantidad	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
L Tamaño	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
N Distancia angular	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
F Profundidad de Piloto	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
G Longitud Camisa	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
H Proxima Obstrucción	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
I Ubicación del Orificio	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										
J Diametro de la Toma	<input style="width: 100%;" type="text"/>																										

DATOS BOMBA

Marca: _____ Tipo: _____ Numero de serie: _____ Modelo: _____ Tamaño: _____ Velocidad del eje: _____ El equipo se encuentra : Presión de succión: _____ Presión de descarga: _____ Caja del sello mecánico: _____	Material de las Partes Metálicas <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal <input type="checkbox"/>
--	--

CARACTERISTICAS DEL FLUIDO

Concentración: _____ Temperatura: _____ °C Ph: _____ Gravedad específica: _____ Presenta sólidos: si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	Viscosidad: _____ CST Tóxico: si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
---	--

Para el control del mantenimiento de las bombas se utilizará el formato de la Fig. 25.

Figura 25. **Formato de control de mantenimiento**

CONTROL DE MANTENIMIENTO PARA BOMBAS			
Nombre encargado de mantenimiento: _____			Fecha: / /
Descripción equipo: _____			
Tipo:	_____		
No. Serie	_____		
Tipo de fluido que transporta el equipo:			
Bunker	<input type="checkbox"/>	Aceite Térmico	<input type="checkbox"/>
Agua de Refrigeración	<input type="checkbox"/>	Aceite Lubricante	<input type="checkbox"/>
Diesel	<input type="checkbox"/>		
Impulsor	<input type="checkbox"/>	Eje	<input type="checkbox"/>
Cojinetes	<input type="checkbox"/>	Sello Mecánico	<input type="checkbox"/>
Retenedores	<input type="checkbox"/>	Motor Electrico	<input type="checkbox"/>
A. Buen estado		B. Reparación	
C. Cambio			
Condiciones de Eje:			
Desviacion Radial	<input type="checkbox"/>		
Desviacion Axial	<input type="checkbox"/>		
OBSERVACIONES			
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; min-height: 100px;"></div>			

3.3. Propuesta de selección del sello mecánico

El objeto de la identificación es realizar un diagnóstico de los factores que afectan su trabajo, hoy en día el costo de obtención de sellos suele ser elevado, esto ha llevado a los ingenieros a estudiar las posibles formas de identificar las características de trabajo de los sellos para evitar que estos fallen periódicamente.

Cada bomba está diseñada para realizar trabajos dentro de los rangos especificados por el fabricante, de igual forma el sello que utilizan está adaptado para las mismas condiciones.

3.3.1. Bombas diesel

Si dentro de la planta no se contara con las especificaciones del fabricante y se tuviera que realizar la selección del sello, se pueden seguir los siguientes pasos:

- Establecer las condiciones de operación:
 1. Obtener el diámetro del eje que determinará el tamaño del sello a seleccionar.
 2. Identificar velocidad de rotación del eje, compararla con el sello a seleccionar. En los catálogos de los sellos se da la velocidad lineal a la que trabaja, para convertirla a revoluciones por minuto se utiliza la fórmula:

$$N = (V * 229) / D$$

Donde: N = velocidad en rpm
V = velocidad lineal del sello en pies/s
D = diámetro del sello mecánico en plg.

3. Se debe determinar la presión de succión de la bomba y la presión de descarga, esto con el fin de obtener la presión en la caja del sello que suele ser ligeramente superior a la presión de succión. La presión de la caja se obtendrá de la siguiente forma:

$$P(c) = P(suc) + 0.30 * P(des)$$

Donde :

P(c) = Presión en la caja del sello (lb/plg²)

P(suc) = Presión de Succión (lb/plg²)

P(des) = Presión de Descarga (lb/plg²)

- Identificar las propiedades del fluido: los fluidos con que se trabajan en la planta son abrasivos y de un alto grado de viscosidad. Esto al igual que la temperatura debe servir como referencia al escoger el sello para la bomba que se desee.

Con los datos obtenidos de las características del fluido, las condiciones de operación, la velocidad del eje y su diámetro, podemos recurrir a cualquier manual de fabricante de sellos y escoger el sello que mejor se adapte a las condiciones de trabajo y que cumpla con los límites obtenidos.

3.3.2. Bombas de *heavy fuel oil*

La selección del sello para éste tipo de bombas se realizará de acuerdo a lo establecido en la sección 3.3.1, por medio del formato anteriormente realizado.

3.3.3. Bombas de aceite lubricante

Ya que las bombas utilizadas para el aceite lubricante, son de tipo tornillo y básicamente la selección del sello es similar al de las bombas de diesel, no se explicará en esta sección.

3.3.4. Bombas de agua de refrigeración

Estas son bombas son centrífugas, utilizan un sello de diferentes condiciones a los utilizados en las demás bombas de la planta. Pero la selección del mismo representa el procedimiento que cualquier otro tipo de bomba.

3.3.5. Bombas de aceite térmico

La selección del sello para éste tipo de bombas se realizará de acuerdo a lo establecido en la sección 3.3.1 conforme a los pasos y formatos establecidos.

3.4. Costos

La implementación del manual de selección y mantenimiento de sellos mecánicos no representará ningún costo para la empresa ya que esta basado en un control e inspección que tendrá como objetivo anticiparse a cualquier tipo de falla, logrando de esta forma evitar cualquier tipo de costo por reparación.

4. PROGRAMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

La seguridad e higiene en el trabajo corresponde uno de los factores más importantes en el trabajo de la planta. Ya que permiten realizar un trabajo seguro y garantizar el adecuado desempeño del factor humano como el equipo de trabajo. En el presente capítulo se describen los puntos a los cuales se le debe de dar un enfoque mas importante dentro de la planta con el fin de reducir al mínimo el riesgo en el trabajo.

4.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

El diagnóstico se obtuvo mediante información escrita proporcionada por los encargados de la planta, encuestas al personal de trabajo y en base a observaciones en el área de trabajo.

Para un mejor estudio la planta se dividirá en dos sectores. El primero identificado como Generadora 1 ó Bluref 1, que tiene a su disposición dos unidades de generación de energía. El segundo se identificará como Generadora 2, subdividido en dos áreas GCA y Bluref 2 que trabaja con diez unidades activas de generación eléctrica.

En conjunto la planta presenta varios problemas que le impiden un desarrollo laboral adecuado y mantiene en constante riesgo a los trabajadores. No se cuenta con un programa de seguridad e higiene que contemple las normas necesarias para un correcto desempeño del trabajo; determinadas áreas de la planta presentan riesgos por falta de orden y limpieza; además no cuentan con la señalización debida que permita identificar y prevenir los riesgos latentes; no poseen el equipo suficiente ni la distribución correcta del equipo contra incendios; los procesos de manejo de materiales tóxicos y la exposición a sustancias tóxicas no están reguladas dentro de los planes de la planta.

Figura 26. Diagrama de la planta Bluref 1

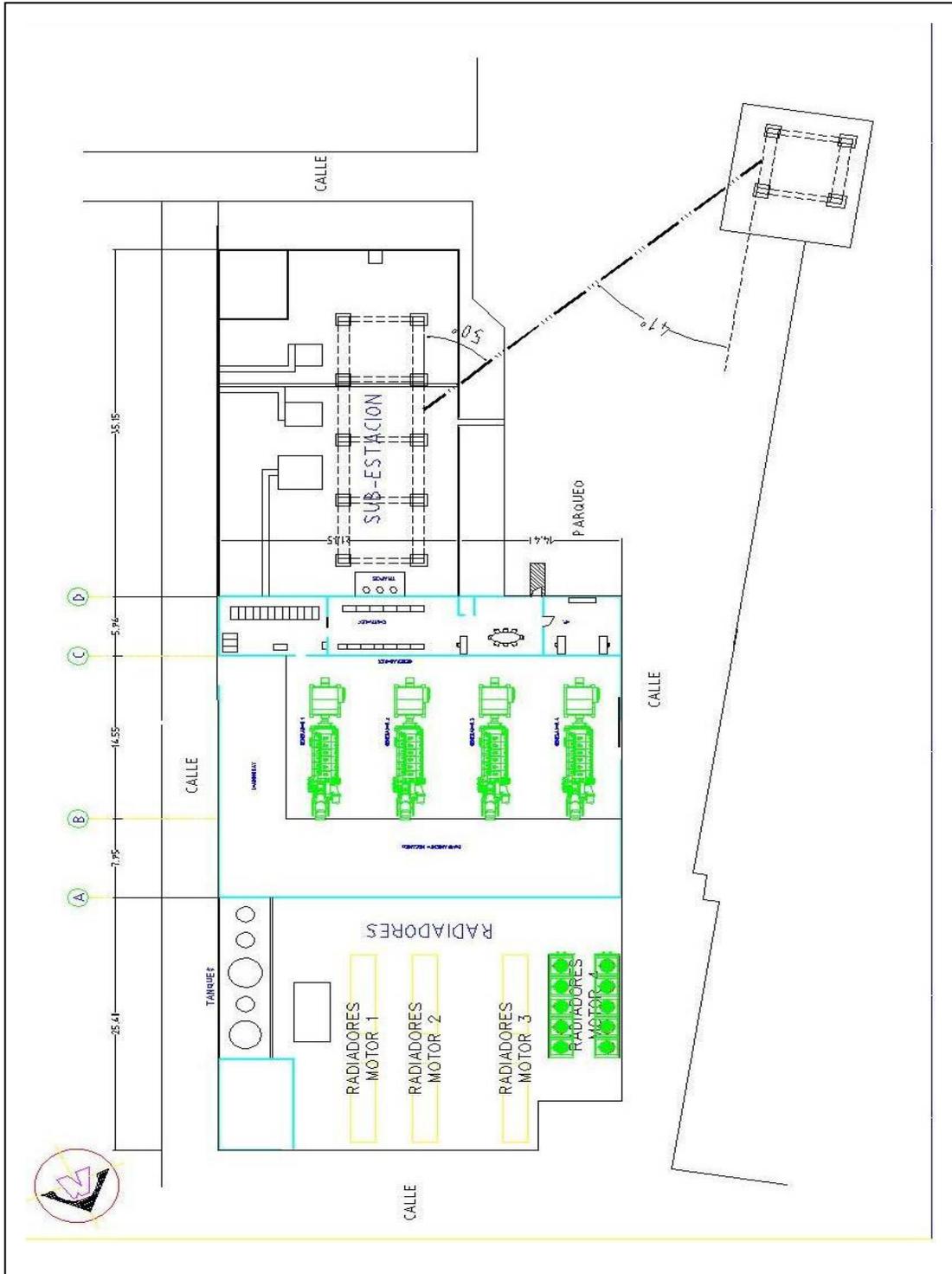
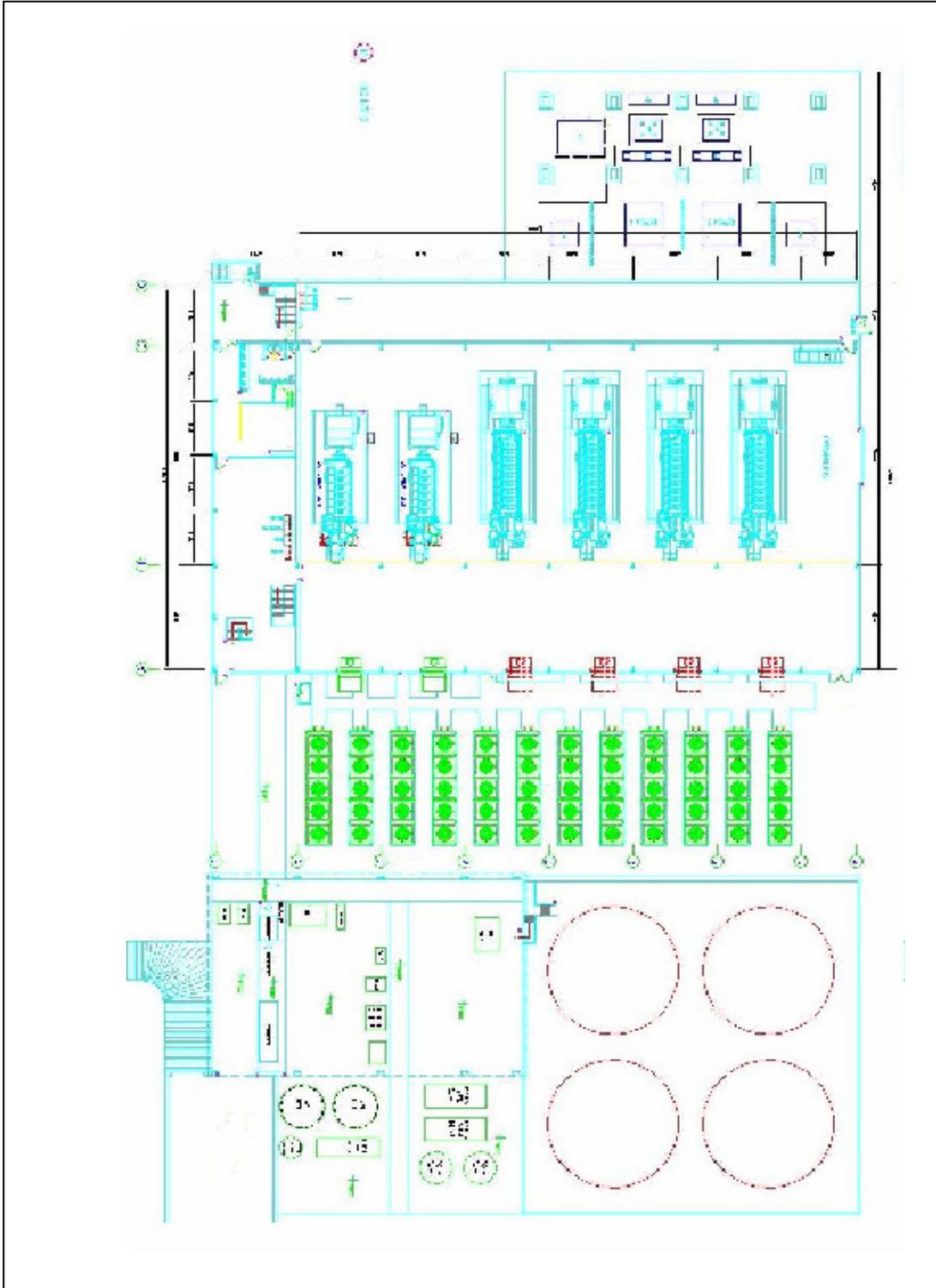


Figura 27. Diagrama de la planta Bluref 2



4.1.1. Identificación del problema

Después de haber realizado el diagnóstico de la planta en base a encuestas a los trabajadores se encontraron varios problemas, eso a consecuencia de que no existen normas ni un programa de seguridad e higiene adecuado, pues las actividades que dentro de ella se desempeñan y las condiciones de trabajo y almacenamiento de productos químicos (Fig.29) ponen en riesgo a los trabajadores y a las propias instalaciones.

Figura 29. **Almacenamiento inadecuado de químicos**



4.1.2. Riesgos industriales

A continuación se presenta un resumen de los riesgos encontrados en el la planta:

- **Actividades inseguras en el trabajo**

Eventualmente se realizan trabajos pesados que necesitan de equipo adecuado, no obstante, los trabajadores no tienen el conocimiento del peligro que representa realizar el trabajo sin equipo de protección.

- **Planes y estrategias de emergencia**

Dentro de la planta se tienen contemplados los riesgos presentes, a pesar de ello no se han realizado los procedimientos necesarios para eliminar o prevenir cualquier riesgo de accidente.

- **Participación de la administración**

Se está consciente de la importancia de la creación e implementación de un programa de seguridad e higiene industrial y de los beneficios que representa para los trabajadores y para la empresa.

- **Equipo de protección personal**

Se cuenta con el equipo de protección personal necesario dentro de la planta, pero los trabajadores no tienen la capacitación adecuada, por consiguiente, no poseen el conocimiento del daño que puede ocasionar el no contar con la protección necesaria en el lugar de trabajo.

- **Capacitación y motivación**

Después de realizada una investigación, se determinó que no se han efectuado las capacitaciones necesarias para lograr un mejor desempeño de los trabajadores, no poseen el adiestramiento para realizar un trabajo seguro, de igual manera no han recibido la información necesaria para la utilización del equipo indispensable ante riesgos presentes que suelen dañar a corto y largo plazo la salud.

- **Programa actual contra incendios**

Actualmente el equipo contra incendios con que cuenta la planta no cubre por completo las áreas de riesgo de incendio.

En ciertas áreas los extintores son obstruidos por equipo de trabajo por lo que no se puede acceder a ellos.

Los extintores de polvo químico son revisados cada semana, verificando si están cargados, los extintores de CO₂ son pesados cada mes para garantizar su buen funcionamiento, las mangueras de los hidrantes también son revisadas para comprobar su buen estado.

- **Equipo contra incendios**

El equipo de protección contra incendios no es suficiente para cubrir el área de trabajo y no se encuentra correctamente distribuido.

A continuación se presenta el detalle del equipo contra incendio de cada área de la planta

Tabla V . **Equipo contra incendios de la generadora 1**

Equipo	Cantidad
Extintor de PQS	22
Extintor de CO ₂	9
Extintores tipo Robots extintores CO ₂ y PQS	5
Hidrantes	4
Mangueras con conexiones	9
Equipo protector bomberil para la sofocación de incendio.	1

Tabla VI. **Equipo contra incendios de Bluref 2**

Equipo	Cantidad
Extintor de PQS	31
Extintor de CO ₂	18
Extintores tipo Robots extintores CO ₂ y PQS	8
Hidrantes	5
Mangueras con conexiones	11
Equipo protector bomberil para la sofocación de incendio.	1

Tabla VII. **Equipo contra incendios de GCA**

Equipo	Cantidad
Extintor de PQS	22
Extintor de CO ₂	11
Extintores tipo Robots extintores CO ₂ y PQS	6
Hidrantes	2
Mangueras con conexiones	5
Equipo protector bomberil para la sofocación de incendio.	0

4.1.3. Programa actual de seguridad e higiene

La planta no posee un programa de seguridad e higiene industrial adecuado, con normas que regulen las acciones de los trabajadores y las condiciones de trabajo.

Se necesita de un programa que contemple y evalúe detenidamente los problemas encontrados en la planta con el propósito de encontrar las vías para una pronta supresión de los riesgos.

4.1.4. Riesgos industriales

Un riesgo industrial es toda aquella condición insegura que puede llegar a afectar el curso del trabajo dentro de la planta.

En la planta no se cuenta con programas de seguridad e higiene industrial que indiquen las acciones a seguir para desempeñar un buen trabajo y en base a esto reducir al mínimo los riesgos industriales.

A fin de establecer prioridades para la eliminación y control de los riesgos, se obtuvo información a través de cuestionarios hechos a los trabajadores, información archivada y por medio de observación de las condiciones de trabajo de la planta.

Aunque todos los riesgos pueden ser evaluados y reducidos si se emplean los suficientes recursos, éstos son siempre limitados. Por ello, en función del rigor científico y del nivel de profundización del análisis realizado, los riesgos que mas afectan el ambiente laboral son: los gases tóxicos emanados de los tanques de almacenaje de aceite térmico, el ruido producido por los motores, la temperatura de trabajo y los químicos utilizados en la planta.

4.1.4.1. Gases tóxicos

Se ha considerado como principal factor de daños a la salud la exposición al vapor del aceite térmico utilizado dentro de la planta para transferencia de calor, este fluido tiene características tóxicas y una exposición prolongada puede ocasionar daños a largo plazo a los mecánicos.

Normalmente la exposición al vapor del fluido se da cuando el mecánico realiza la limpieza de los filtros de las bombas de circulación del sistema y cuando se ventea la tubería, que es cada mes por un tiempo aproximado de una hora, cuando realizan estos trabajos el mecánico no utiliza ningún tipo de protección aumentando la probabilidad de enfermedades.

4.1.4.2. Ruido

Otro factor que representa riesgo dentro de la empresa es el ruido producido por los motores. Es de suma importancia el estudio de este punto debido a las consecuencias que tiene sobre el factor humano.

Normalmente una exposición prolongada como la que tienen los mecánicos que es aproximadamente de 10 hrs. ante un nivel sonoro de 110 Db aproximadamente ocasiona un elevado estrés y cansancio.

Se utilizan protectores auditivos pero por falta de capacitación y conocimiento de las consecuencias a la exposición al ruido, los trabajadores no los usan con frecuencia.

4.1.4.3. Temperatura

La temperatura es un riesgo industrial por el efecto que puede causar en el cuerpo humano, en el cuarto de motores se ha llegado a registrar temperaturas de hasta 40 °C en todo el día. Tomando en cuenta que los mecánicos deben de estar en el cuarto de motores por lo menos 8 hrs. supervisando el motor, pueden llegar a sufrir enfermedades por las altas temperaturas.

Dentro de la planta se tienen ventiladores encargados de extraer el calor, pero debido a las altas temperaturas no es posible ventilar por completo el área de trabajo.

4.1.4.4. Químicos

El tema que siempre ha sido un punto muy influyente y considerado como peligroso en el estudio de riesgos industriales, es la utilización de químicos.

En el área de almacenaje de la bodega, no se tiene una correcta señalización y además no está aislada el área de químicos, el personal de trabajo, tanto bodegueros como mecánicos, no tienen el conocimiento del daño que puede ocasionar la manipulación de determinado químico y no utilizan el equipo necesario de protección.

4.1.4.5. Señalización

En la planta no existe la cantidad de rótulos necesarios que indiquen los riesgos latentes tanto para los trabajadores como para los visitantes.

4.2. Plan de seguridad e higiene

Una buena regulación y administración de la seguridad e higiene industrial le permitirá a la empresa la reducción de costos no percibidos a causa de incidentes. Esto implica que se debe capacitar a los trabajadores y al mismo tiempo informar a los gerentes sobre los procedimientos necesarios para el desarrollo del programa, con el fin de plasmar en papel los procedimientos necesarios para crear un ambiente laboral seguro y agradable.

4.2.1. Políticas

Las políticas en materia de prevención tendrá por objeto la promoción de la mejora de las condiciones de trabajo dirigida a elevar el nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.

- La Administración prestará cooperación y asistencia para el eficaz ejercicio del programa de seguridad e higiene industrial.
- La elaboración de la política preventiva se llevará a cabo con la participación de los gerentes y de los trabajadores en mutuo acuerdo, con el fin de que ambas partes sean beneficiadas.
- La Administración promoverá la mejora de la educación en materia preventiva así como la adecuación de la formación de los recursos humanos necesarios para la prevención de los riesgos laborales.
- Se mejorarán las condiciones de seguridad, salud en el trabajo y la reducción de los riesgos laborales, la investigación y fomento de nuevas formas de protección y promoción de estructuras eficaces de prevención.
- La Administración competente en materia laboral desarrollará funciones de promoción de la prevención, asesoramiento técnico, vigilancia y control del cumplimiento por los sujetos comprendidos en su ámbito de aplicación de la normativa de prevención de riesgos laborales y sancionarán las infracciones a dicha normativa.
- Velar por el cumplimiento de la normativa sobre prevención de riesgos laborales mediante las actuaciones de vigilancia y control. Para el efecto, prestarán el asesoramiento y la asistencia técnica necesarios para el mejor cumplimiento de dicha normativa y

desarrollarán programas específicos dirigidos a lograr una mayor eficacia en el control.

- Corresponde a cada trabajador velar según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.
- Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:
 - Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
 - Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.
 - No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.
 - Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

4.2.1.1. Normas de seguridad

1. El jefe de área aplicará las medidas que integran el deber general de prevención con arreglo a los siguientes principios:
 - a. Evitar los riesgos
 - b. Evaluar los riesgos que no se puedan evitar
 - c. Combatir los riesgos en su origen
 - d. Adaptar a la persona al trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud
 - e. Tener en cuenta la evolución de la técnica
 - f. Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro
 - g. Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo
 - h. Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual
 - i. Dar las debidas instrucciones a los trabajadores

2. El jefe de área tomará en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y de salud en el momento de encomendarles las tareas.
3. El jefe de área adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
4. El trabajador deberá cumplir con lo establecido en el programa de seguridad asistiendo a las capacitaciones y utilizando el equipo de protección indicado.
5. El trabajador velará por que el lugar de trabajo se mantenga en condiciones de higiene aceptable y se encargará de realizar revisiones periódicas para diagnosticar el estado del equipo de trabajo.
6. La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su adopción se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas, las cuales sólo podrán adoptarse cuando la magnitud de dichos riesgos sea substancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras.
7. Podrán concertar operaciones de seguro que tengan como fin garantizar como ámbito de cobertura la previsión de riesgos derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto a ellos mismos.

4.2.1.2. Aspectos de seguridad

Los riesgos más importantes a tomar en cuenta en el programa de seguridad e higiene, son los generados por gases tóxicos, el almacenamiento de químicos y el control de riesgo de incendios.

Las áreas mas afectadas por estos factores son la bodega de almacenamiento y el área de calderas por ser el sistema de distribución de aceite térmico.

- **Asignación de responsabilidades**

Para la administración y dirección del programa de seguridad, es necesario contar con todo el equipo de trabajo, es indispensable que desde la gerencia el área operativa se involucre en la implantación del programa.

El programa estará a cargo del ingeniero de seguridad e higiene dentro de la planta, será el encargado de informar a la administración las condiciones y los resultados del programa, este será revisado anualmente por lo que es indispensable mantener una constante inspección y control de las áreas críticas.

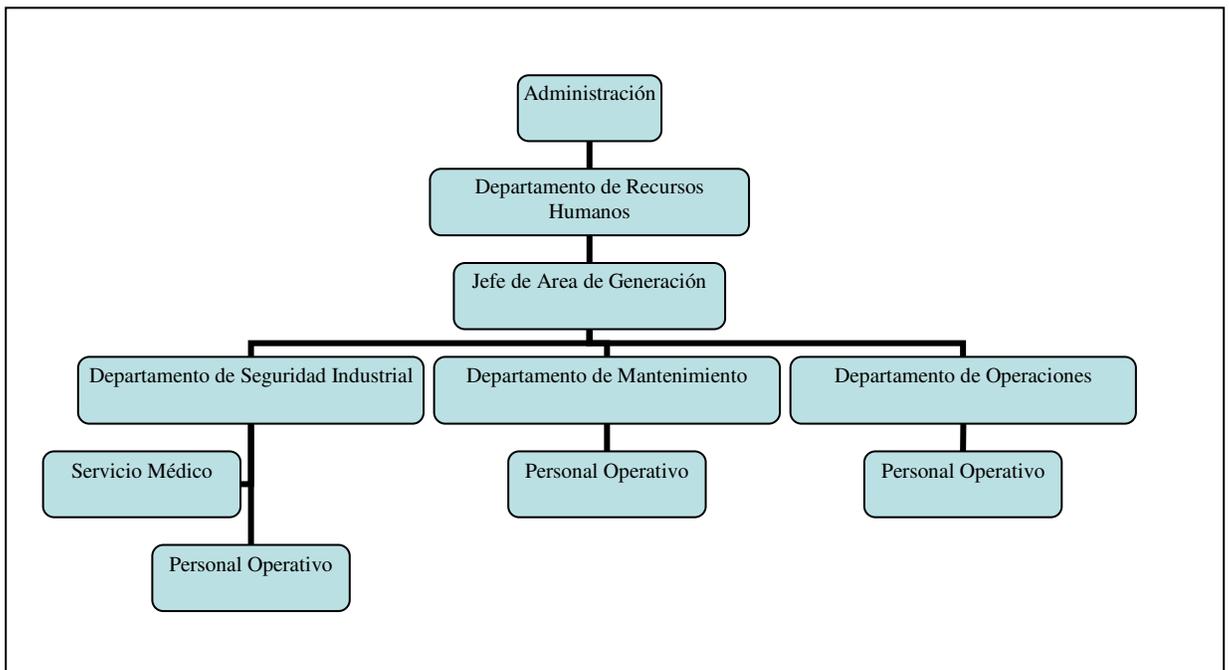
Las normas y aspectos del programa serán evaluados cada año para establecer el progreso y los logros del mismo.

El personal operativo, los mecánicos, serán los encargados de mantener las condiciones de trabajo libres de riesgos, esto quiere decir que mantendrán un área limpia, en base a las capacitaciones utilizaran el equipo adecuado de trabajo.

- **Organigrama propuesto**

En la sección 1.7 (Pag. 6) se detalla el organigrama actual de la planta, debido a que en él no se especifican detalladamente los departamentos que intervendrán en la dirección del programa de Seguridad e Higiene se presenta a continuación el organigrama propuesto para la planta:

Figura 30. **Organigrama propuesto**



4.2.1.3. Capacitaciones

Se garantizará dentro de la planta que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.

La formación deberá estar centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador, adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, si fuera necesario.

La formación a que se refiere el apartado anterior deberá impartirse, siempre que sea posible, dentro de la jornada de trabajo o, en su defecto, en otras horas pero con el descuento en aquélla del tiempo invertido en la misma. La formación se podrá impartir por la empresa mediante medios propios o concertándola con servicios ajenos y su coste no recaerá en ningún caso sobre los trabajadores.

4.2.1.4. Medios de control

La implementación de un programa de seguridad no comprende solamente del conocimiento de las normas y de las acciones a seguir, también se deben evaluar los resultados para determinar si el programa es el adecuado. Los informes ayudarán a realizar un diagnóstico sobre la situación de la planta.

El detalle de la frecuencia de revisión de los informes se presenta a continuación

Tabla VIII . **Frecuencia de inspecciones**

Informe	Frecuencia
Estado y manejo de herramientas	<ul style="list-style-type: none"> - Supervisión semanal - Inspección general al finalizar el año.
Riesgo de Incendio	<ul style="list-style-type: none"> - Supervisión mensual - Inspección general al finalizar el año
Ambiente de Trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección Semestral
Riesgo Químico	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección Semestral

Para tener el control sobre el correcto manejo de herramientas y adecuada disposición del programa contra incendios, se realizaron los formatos de control del estado y manejo de herramientas, riesgo contra incendios, ambiente de trabajo y riesgos químicos.

Figura 31. Informe del estado y manejo de herramientas

HOJA DE INSPECCION DE MANEJO, ESTADO Y ALMACENAJE DE HERRAMIENTAS			
Area de trabajo:	<input type="text"/>		
Realizada por:	<input type="text"/>		
1. El mecanico manipula adecuadamente la herraminta de trabajo	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
2. La herramientas se encuentran en buen estado	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
3. La forma y dimension de la herramienta utilizada facilita la manipulaci3n	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
4. Se utiliza calzado de seguridad	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
5. El personal utiliza guantes en trabajos en que existe el riesgo de corte	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
6. Se efectúa de manera segura la eliminaci3n de residuos o elementos cortantes o punzantes procedentes del trabajo con objetos	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
7. El personal est3 adiestrado en la manipulaci3n correcta de objetos.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
8. El nivel de iluminaci3n es el adecuado en la manipulaci3n y almacenamiento.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
9. Existen lugares y/o medios id3neos para la ubicaci3n ordenada de las herramientas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
10. Los materiales se depositan en contenedores de caracteristicas y demandas adecuadas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
11. Los materiales se depositan en contenedores de caracteristicas y demandas adecuadas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
12. Los espacios previstos para almacenamiento tienen amplitud suficiente y est3n delimitados y se3nalizados.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
13. Existe almacenamiento de elementos lineales (barras, botellas de gases, etc.) apoyados en el suelo.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
14. Las herramientas se almacenan en estanterias adecuadas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
15. Se les da mantenimiento a las herramientas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
16. Las herramientas que se usan est3n concebidas y son especificas para el trabajo que hay que realizar.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
17. Las herramientas son de buena calidad.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
18. Las herramientas que se utilizan son de dise3no ergon3mico.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
19. Es suficiente la cantidad de herramientas disponibles, en funci3n del proceso productivo y del n3mero de operarios.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
20. Las herramientas cortantes o punzantes se protegen con los protectores adecuados cuando no se utilizan.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
21. Se observan h3bitos correctos de trabajo.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
22. Los trabajos se realizan de manera segura, sin sobreesfuerzos o movimientos bruscos.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
23. Los trabajadores est3n adiestrados en el manejo de las herramientas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>	
Resultados de la Inspecci3n			
	Muy deficiente	Deficiente	Mejorable Correcta
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
ACCIONES PERTINENTES			
<input type="text"/>			

Figura 32. Informe de riesgo de incendio

HOJA DE INSPECCION DE RIESGO DE INCENDIO		
		Fecha de revisión: / /
Area de trabajo:		
Realizada por:		
1. Se conocen las cantidades de materiales y productos inflamables presentes actualmente en la empresa.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
2. El almacenamiento de materias y productos inflamables se realiza en tanques o en locales protegidos.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
3. Los residuos combustibles (retales, trapos de limpieza, virutas, serrín, etc.) se limpian periódicamente y se depositan en lugares seguros.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
4. Están identificados los posibles focos de ignición.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
5. Las operaciones de trasiego y manipulación de líquidos inflamables se realizan en condiciones de seguridad.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
6. Las tareas de encolado o limpieza con disolventes se realizan de forma segura.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
7. Está prohibido fumar en zonas donde se almacenan o manejan productos combustibles e inflamables.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
8. Las materias y productos inflamables están separados de equipos con llama o al rojo vivo (calderas).	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
9. Está garantizado que un incendio producido en cualquier zona del local no se propagará libremente al resto de la planta o edificio.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
10. Un incendio producido en cualquier zona del local se detectaría con prontitud a cualquier hora y se transmitiría a los equipos de intervención.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
11. Existen extintores en número suficiente y distribución correcta, y de la eficacia requerida.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
12. Existen (Bocas de Incendio Equipadas) en número y distribución suficientes para garantizar la cobertura de toda el área del local.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
13. Hay trabajadores formados y adiestrados en el manejo de los medios de lucha contra incendios.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
14. Los centros de trabajo con riesgo de incendio disponen al menos de dos salidas al exterior de anchura suficiente.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
15. Existen cuando se precisa rótulos de señalización y alumbrado de emergencia para facilitar el acceso al exterior.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
16. La empresa tiene un Plan de Emergencia contra Incendios y de Evacuación.	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
17. Existen combustibles sólidos próximos a posibles focos de ignición (calderas) o depositados sobre los mismos (polvo o virutas sobre motores, cuadros eléctricos, ...)	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
Resultados de la Inspección		
	Muy deficiente <input type="checkbox"/>	Deficiente <input type="checkbox"/>
	Mejorable <input type="checkbox"/>	Correcta <input type="checkbox"/>
ACCIONES PERTINENTES		
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px; margin: 5px 0;"></div>		

Figura 33 Informe del ambiente de trabajo

HOJA DE INSPECCION DEL AREA DE TRABAJO		
	Fecha de revisión: / /	
Area de trabajo:	<input type="text"/>	
Realizada por:	<input type="text"/>	
1. Son correctas las condiciones del suelo y se mantiene limpio	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
2. Están delimitadas y libres de obstáculos las zonas de paso.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
3. Se garantiza totalmente la visibilidad de los vehículos en las zonas de paso.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
4. El espacio de transito peatonal es suficiente	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
5. Los pasillos por los que circulan vehículos permiten el paso de personas sin interferencias.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
6. Están protegidas las aberturas en el suelo, los pasos y las plataformas de trabajo elevadas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
7. Están protegidas las zonas de paso junto a instalaciones peligrosas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
8. El espacio de trabajo está limpio y ordenado, libre de obstáculos y con el equipamiento necesario.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
9. Los espacios de trabajo están suficientemente protegidos de posibles riesgos externos a cada puesto (caídas, salpicaduras, etc.).	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
10. Las escaleras están correctamente señalizadas	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
11. Existen salidas de emergencia	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
12. Las escaleras de mano de madera tienen los peldaños bien ensamblados y los largueros de una sola pieza.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
13. Están bien calzadas en su base o llevan ganchos de sujeción en el extremo superior de apoyo.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
14. Se observan hábitos correctos de trabajo en el uso de escaleras manuales.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
15. Las cargas trasladadas por las escaleras son de pequeño peso y permiten las manos libres.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
16. Es adecuada la iluminación de cada zona (pasillos, espacios de trabajo, escaleras), a su cometido específico.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
Resultados de la Inspección		
Muy deficiente Deficiente Mejorable Correcta		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
ACCIONES PERTINENTES		
<input type="text"/>		

Figura 34 Informe de riesgo químico

HOJA DE INSPECCION DE RIESGO QUIMICO		
	Fecha de revisión: / /	
Area de trabajo:		
Realizada por:		
1. Se utilizan sustancias químicas en su empresa.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
2. Se generan sustancias químicas en forma de polvo, humos, gases o vapores.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
3. alguna de ellas es tóxica o nociva por inhalación.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
4. Están físicamente encerrados los focos de generación de esos contaminantes.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
5. Están suficientemente alejados los trabajadores de los focos de generación de esos contaminantes y existe un sistema de ventilación forzada eficaz.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
6. Se utiliza protección individual respiratoria cuando la exposición es ocasional y no existe ventilación localizada o en operaciones de corta duración.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
7. alguna de las sustancias es tóxica o nociva por contacto con la piel.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
8. Se sustituye la ropa de trabajo y se procede a la limpieza de la piel afectada cuando se impregna de este tipo de sustancias contaminantes.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
9. Se almacenan, usan o manipulan en la empresa sustancias o preparados que pueden generar accidentes o afectar a la salud.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
10. Están suficientemente identificados y correctamente señalizados todos los productos peligrosos.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
11. Se dispone de las fichas de seguridad de todos los productos peligrosos que se utilizan.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
12. Conocen las personas expuestas los riesgos de esas sustancias y están formadas en la aplicación de métodos de trabajos seguros.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
13. Se almacenan los productos químicos peligrosos agrupando los que tienen riesgos comunes y evitando la proximidad de los incompatibles.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
14. Está correctamente ventilada el área de almacenamiento, sea por tiro natural o forzado.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
15. Ofrecen suficiente resistencia física o química los envases de almacenamiento de sustancias peligrosas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
16. Son totalmente seguros los envases de sustancias peligrosas que se usan.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
17. Está asegurada la retención en la zona de almacenamiento, en caso de fugas o derrames masivos de líquidos corrosivos o inflamables.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
18. Se dispone y se usan equipos de protección individual en la realización de operaciones con productos peligrosos.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
19. Se precisa de autorización para la realización de operaciones con riesgo en recipientes que contienen o han contenido productos peligrosos.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
20. Se dispone de procedimientos escritos para la realización de actividades que pueden ocasionar accidentes graves.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
21. Se dispone de medios específicos para la neutralización y limpieza de derrames y/o control de fugas.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
22. Se sigue la legislación vigente en la eliminación de residuos peligrosos y sus envases.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
23. Se realizan de forma segura las operaciones de limpieza.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
24. Existen duchas descontaminadoras y fuentes lavajos próximas a los lugares donde es factible la proyección de líquidos peligrosos.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
25. Están suficientemente controlados los procesos químicos peligrosos.	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
Resultados de la Inspección		
Muy deficiente	Deficiente	Mejorable
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ACCIONES PERTINENTES		
<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>		

4.2.2. Procedimientos para la reducción de riesgos

Con el fin de identificar y reducir los riesgos que afecta a los trabajadores en la planta se han establecido diferentes procedimientos con lo que se pretende mejorar la condición de trabajo.

4.2.2.1. Condiciones de higiene en el trabajo

➤ Objetivo

Concientizar al trabajador sobre la necesidad de desenvolverse en un ambiente de trabajo libre de obstáculos, limpio, ordenado, que mantenga y manipule las herramientas de trabajo correctamente.

➤ Medios de aplicación

Se llevará el control de la utilización correcta de las herramientas y la supervisión del área de trabajo, por medio de formatos de inspección, estos se realizarán cada semana. Si los resultados se obtienen tempranamente las inspecciones se pueden espaciar utilizando los resultados como medio de motivación para el trabajador, aclarándole que donde se mantenga un ambiente seguro, ordenado y donde se trabaje adecuadamente no es necesario inspeccionar frecuentemente.

Para el conocimiento de las normas de limpieza y utilización de herramientas se darán capacitaciones a todos los mecánicos, estas capacitaciones las llevará a cabo el ingeniero encargado de la seguridad industrial de la planta.

➤ **Procedimientos**

- La organización de flujos de personas, vehículos y materias puede ser el origen de riesgos, por lo que es preciso asegurar que el diseño de los pasillos y superficies de tránsito sea el adecuado y que tenga las dimensiones correctas.
- La organización y diseño de los espacios de trabajo deberá tener en cuenta las características y exigencias del propio puesto de trabajo y la interrelación necesaria entre los diversos puestos.
- La colocación de las máquinas debe permitir a los trabajadores realizar su labor cómodamente, con accesibilidad fácil a las diferentes partes de la maquinaria y equipos, evitando movimientos forzosos o innecesarios, de acuerdo con criterios ergonómicos.
- Con el objeto de eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados de la utilización de herramientas manuales, debe realizarse un programa de prevención que contemple los diversos aspectos que inciden en el proceso.
 1. Al iniciar cualquier tarea, se debe escoger siempre la herramienta apropiada y revisar que esté en buen estado.
 2. El adiestramiento de los trabajadores por parte de los mandos intermedios en el uso correcto de las herramientas es fundamental.
- Además, entre otras cosas, deberían tomarse las siguientes precauciones:
 3. Elegir la herramienta idónea al trabajo que se vaya a realizar, considerando la forma, el peso y las dimensiones adecuadas desde el punto de vista ergonómico.

4. Las herramientas no deben utilizarse para fines distintos de los previstos, ni deben sobrepasarse las prestaciones para las que están diseñadas.
 5. Comprobar que los mangos no estén astillados o rajados y que estén perfectamente acoplados y sólidamente fijados a la herramienta (martillos, destornilladores, sierras, limas, etc.).
 6. Verificar que las mordazas, bocas y brazos de las herramientas de apriete estén sin deformar (llaves, alicates, tenazas, destornilladores, etc.).
 7. Cuidar que las herramientas de corte y de bordes filosos estén perfectamente afiladas (cuchillos, tijeras, cinceles, etc.).
 8. Tener en cuenta que las cabezas metálicas no deben tener rebabas.
 9. Vigilar el estado del dentado en limas, sierras, etc.
 10. Cuando deban emplearse equipos de protección individual, velar que sean certificados.
 11. Cuando sea necesario se utilizarán herramientas con protecciones aislantes si existe el riesgo de contactos eléctricos y herramientas antichispa en ambientes inflamables.
 12. Todos los equipos de protección individual deben tener certificado de homologación y ser de uso personal.
- Almacenamiento:
13. Guardar las herramientas perfectamente ordenadas, en cajas, paneles o estantes adecuados, donde cada herramienta tenga su lugar.

14. No deben colocarse en pasillos, escaleras u otros lugares elevados desde los que puedan caer y lastimar a los trabajadores.
 15. La mejor solución es llevar el control centralizado en un solo almacén, pero de no ser posible, se deben realizar inspecciones periódicas sobre su localización y estado, si las herramientas son personales, se facilitará una mejor conservación de las mismas.
- Mantenimiento y reparación:
 16. Revisar periódicamente el estado de las herramientas (mangos, recubrimientos aislantes, afilado, etc.).
 17. Reparar las que estén defectuosas, si es posible, o desecharlas.
 18. Nunca deben hacerse reparaciones provisionales que puedan representar riesgos en el trabajo.
 19. Las reparaciones deben hacerse, siempre que sea preciso, por personal especializado.
 - Transporte:

Para el transporte de las herramientas se observarán diversas precauciones, como son:

 20. Utilizar cajas, bolsas y cinturones especialmente diseñados.
 21. Para las herramientas cortantes o punzantes utilizar fundas adecuadas.
 22. No llevarlas nunca en el bolsillo.
 23. Al subir o bajar por una escalera manual deben transportarse en bolsas colgadas de manera que ambas manos queden libres.

4.2.2.2. Riesgos químicos

➤ Objetivos

Conservar al recurso humano dentro de un ambiente libre de contaminación, utilizando como instrumentos, el equipo protector idóneo, de esta forma se podrán prevenir tanto a corto como a largo plazo las enfermedades por contaminación.

➤ Medios de aplicación

La inspección se utilizará como instrumento para establecer las medidas adecuadas para prevenir la contaminación por químicos, las fechas de realización se programarán de acuerdo a las inspecciones de los otros factores de riesgo analizado en la planta.

El periodo de realización de la inspección quedará a cargo del personal de seguridad e higiene industrial, tomando como base que debe realizar una inspección general cada año, si el resultado fuera insatisfactorio, el personal de trabajo y la gerencia deben estar concientes de los resultados negativos del mal manejo de las sustancias tóxicas, tomándolo a consideración y evaluando las posibles soluciones a tomar.

➤ Procedimientos

- Se deben programar capacitaciones para que los mecánicos estén enterados de las consecuencias de una incorrecta manipulación y protección ante materiales tóxicos.

- La mayoría de contaminantes químicos producen efectos perjudiciales a partir de cierta dosis (“cantidad”), por lo que se puede trabajar en contacto con ellos por debajo de esa dosis sin que aparezcan efectos irreversibles en la mayor parte de los casos, pero ciertos contaminantes de reconocido potencial cancerígeno pueden provocar la aparición de la enfermedad a muy bajas concentraciones, es por ello que el contacto con estos agentes debe evitarse y las medidas preventivas exigibles son más estrictas.

La prevención de posibles riesgos originados por la exposición a contaminantes químicos se basa en la actuación, según un esquema clásico de actuación, sobre el foco de contaminación, sobre el medio y sobre el receptor (individuos expuestos).

- Como medidas generales de actuación en el foco destaca la selección de equipos adecuados.

- Etiquetado y fichas de seguridad

Los envases contenedores de sustancias peligrosas deben ir etiquetados por el fabricante o proveedor. Las etiquetas deben indicar el nombre, la concentración y las propiedades de las sustancias, así como información correspondiente al fabricante o entidad comercializadora, y pictogramas con indicación del tipo de peligro, además de los riesgos específicos y consejos de prudencia, estas sustancias deben ir acompañadas de fichas informativas de seguridad.

- Almacenamiento

Un principio básico de seguridad es limitar las cantidades de sustancias peligrosas en los lugares de trabajo a las estrictamente necesarias, las sustancias deberán ser almacenadas agrupándolas por comunidades de riesgo,

depositándolas en recipientes seguros y herméticamente cerrados; los recipientes metálicos son los más seguros, los de vidrio son frágiles y por ello deben protegerse, los de plástico, por otra parte, se deterioran por envejecimiento, las áreas de almacenamiento deben estar protegidas, ventiladas y con control de derrames, aparte de las exigencias propias en función de su peligrosidad y de acuerdo con las prescripciones legales.

- Manipulación

Algunos accidentes con sustancias químicas se presentan en su manipulación, especialmente en las operaciones de trasiego, esta operación debería efectuarse en instalaciones fijas, en lugares bien ventilados, preferentemente con extracción localizada y bajo control de derrames, evitando el vertido libre.

- Procedimientos escritos de trabajo

En todas las operaciones en las que intervengan sustancias peligrosas deberían establecerse procedimientos escritos de trabajo en los que se indiquen junto a la secuencia de operaciones que se han de realizar, las debidas medidas preventivas.

- La actuación preventiva en el medio supone casi siempre una serie de medidas correctoras de apoyo que por sí solas no suelen solucionar los problemas de contaminación, pero que unidas a aquéllas aplicadas en el foco o receptor reducen el riesgo; como ejemplo pueden citarse los siguientes:
 - Limpieza de los locales y puestos de trabajo de forma periódica, puesto que la existencia de vertidos o derrames

- genera nuevos focos de contaminación adicionales y dispersos.
- Señalización de riesgos que advierte de los peligros y las precauciones a adoptar.
 - Las medidas preventivas sobre las personas expuestas son fundamentalmente:
 - Formación e información acerca de los riesgos posibles que genera la manipulación de ciertas sustancias químicas. Implica organizar las actuaciones necesarias para que los operarios reciban una formación previa a la incorporación al puesto de trabajo, así como la temática de la información toxicológica básica acerca de las sustancias que se manipulan, mediante el etiquetado y señalización de las mismas.
 - Equipos de protección individual, con la salvedad de que deben ser certificados y de uso solo complementario.

4.2.2.3. Riesgos de accidentes

➤ Objetivos

Establecer criterios de reestructuración de los medios y formas de trabajo que le permitan a la planta reducir costos imprevistos y protejan al mecánico en el área de trabajo.

➤ **Medios de aplicación**

Se harán evaluaciones que ayudarán a determinar las condiciones de trabajo de la planta y el desempeño adecuado del mecánico, las capacitaciones serán una herramienta muy importante ante el combate de accidentes dentro de la planta; se creará un archivo que almacenará la documentación relativa a este punto, como lo es: inspecciones e informes de accidentes para poder determinar las causas que lo provocaron.

➤ **Procedimientos**

De conformidad con lo establecido en los apartados de riesgos químicos y condiciones de trabajo, se llevará el registro de los accidentes y enfermedades de los trabajadores con el propósito de llevar el control de los accidentes y las causas de los mismos.

Cada vez que ocurra un accidente o se acuda a enfermería deberán de ser llenadas y archivadas las hojas de control de accidentes.

4.2.2.4. Programa contra incendio

Establecer las pautas y principios básicos que se deben de seguir ante una situación de riesgo de incendio, minimizando condiciones inseguras y aumentando la rapidez de respuesta del equipo de trabajo.

➤ **Medios de aplicación**

Mediante la aplicación de medidas de prevención que actúan sobre uno o más de los componentes del triángulo del fuego se evita el inicio del incendio o explosión.

- La actuación sobre el combustible se podrá hacer por:
 - a. Sustitución o dilución del combustible para reducir su peligrosidad, siempre que pueda cumplir la misma función.
 - b. Limpieza de derrames y restos de combustibles, almacenamiento en lugar aislado y protegido, utilización de recipientes seguros y herméticamente cerrados, realización de trasiego en condiciones de seguridad, empleo de permisos para trabajos especiales en instalaciones o equipos que han contenido productos inflamables, extracción localizada y ventilación general ante focos generadores de atmósferas peligrosas, tratamiento o recubrimiento ignífugo de elementos estructurales o decorativos para evitar la propagación, señalización adecuada de recipientes y conducciones, etc.

- La actuación sobre los focos de ignición se puede conseguir mediante la prohibición de fumar, el emplazamiento externo de instalaciones generadoras de calor, la instalación eléctrica protegida y particularmente en atmósferas explosivas, el uso de herramientas antichispa, el control automático de la temperatura en procesos exotérmicos, etc.

- La protección estructural se debe prever en la fase de proyecto y está destinada a aislar un posible incendio en un sector, dentro de esta protección se contempla la división de sectores de incendio, por ejemplo, las escaleras y vías de evacuación, los muros y puertas cortafuego, los drenajes para contener derrames de líquidos inflamables, etc.
- La detección y alarma consiste en descubrir lo antes posible la existencia de un incendio y avisar para iniciar su extinción así como la evacuación del personal en caso necesario, mediante un sistema de alarma, se dan las señales de actuación al personal, fundamentalmente, para evacuar el edificio o centro de trabajo. Los pulsadores manuales para ser accionados por la persona que descubra un incendio deben de estar en lugares visibles y de fácil acceso.
- La evacuación es una forma de protección para las personas y consiste en desalojar un local o edificio en que se ha declarado un incendio u otro tipo de emergencia, debe estar prevista en un Plan de Emergencia, divulgado a los trabajadores, realizándose simulacros de forma periódica.
- Las vías de evacuación y las puertas de salida deben ser amplias, estar señalizadas y libres de obstáculos.
- La extinción es el conjunto de operaciones encaminadas a apagar un incendio mediante la utilización de unas instalaciones y equipos de extinción, entre las que se incluyen los extintores portátiles, las bocas de incendio equipadas, los hidrantes, los equipos de espuma, etc.
- Los extintores de incendios estarán ubicados en lugares accesibles y bien señalizados pudiendo ser utilizados por

cualquier persona del centro de trabajo para apagar el conato de incendio.

- El agua es ideal para la extinción de sólidos con brasa, el polvo polivalente (ABC) también lo es para sólidos. El anhídrido carbónico es ideal para fuegos de tipo eléctrico.
- Un aspecto complementario a la evacuación y extinción es la señalización e iluminación normal de emergencia para que estas operaciones se puedan hacer en condiciones adecuadas en el menor tiempo posible.

➤ **Posibles acciones de seguridad**

Ante la presencia de un siniestro se deben de seguir los siguientes pasos:

- a. Determinar la gravedad de la emergencia
- b. Identificar el personal con el que se dispone para combatir el siniestro
- c. Examinar el área del siniestro y aislar el equipo propenso al daño
- d. Utilizar los medios técnicos que se disponen: Extintores, hidrantes, rociadores.
- e. Si el encargado de combatir el siniestro considera que es de alta gravedad, avisar al cuerpo de bomberos.
- f. Evacuar el área afectada y las circundantes a ésta.
- g. Asistir a los heridos
- h. Reaprovisionar el material contra incendio

- **Diagrama propuesto de distribución de Equipo contra Incendio**

La visualización del área (Fig. 35, 36, 37) a proteger es de vital importancia ya que permitirá identificar rápidamente la distribución del equipo contra incendio y la capacidad de extinción del siniestro.

Figura 35. Diagrama contra incendios Bluref 1

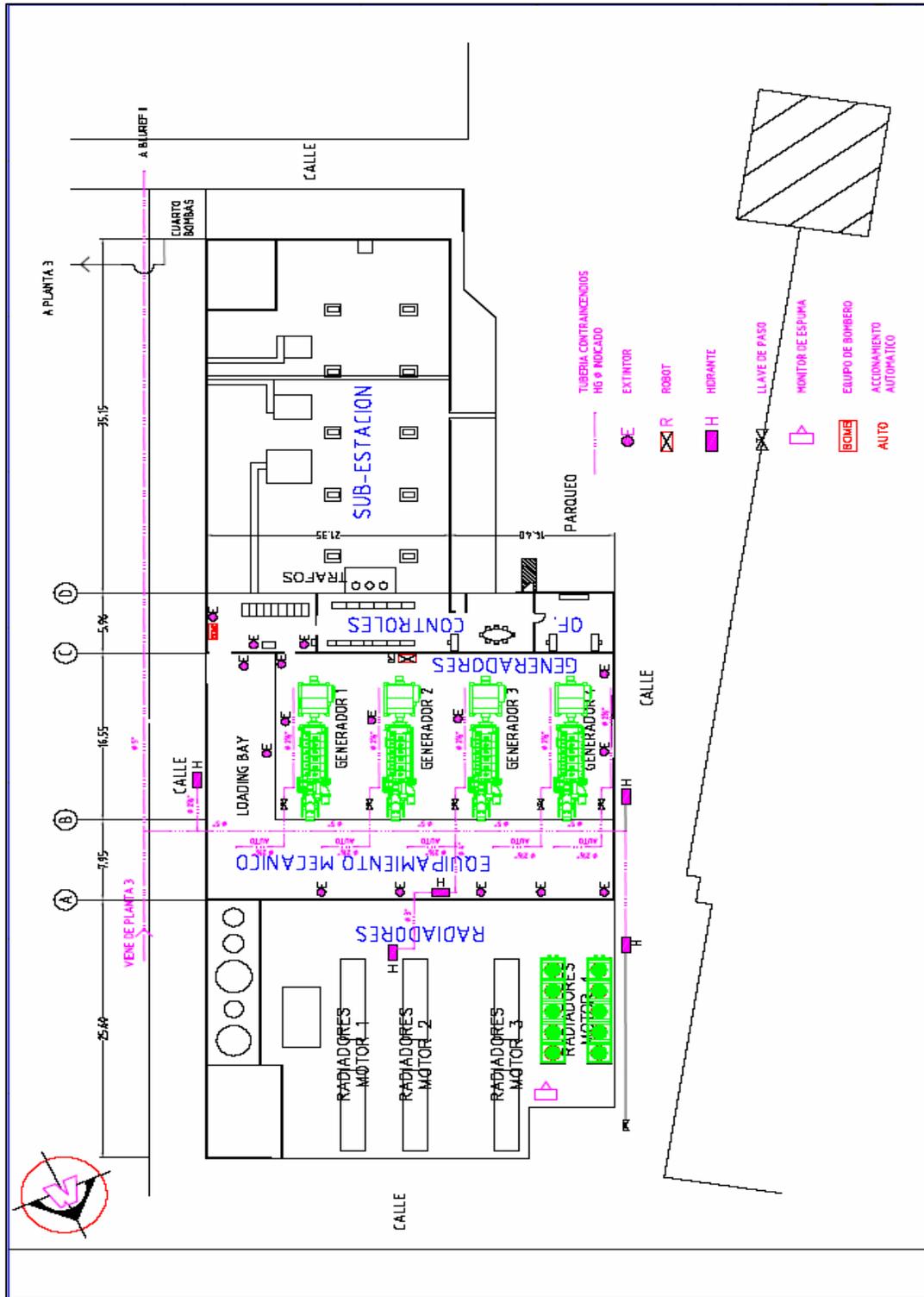


Figura 36. Diagrama contra incendios Bluref 2

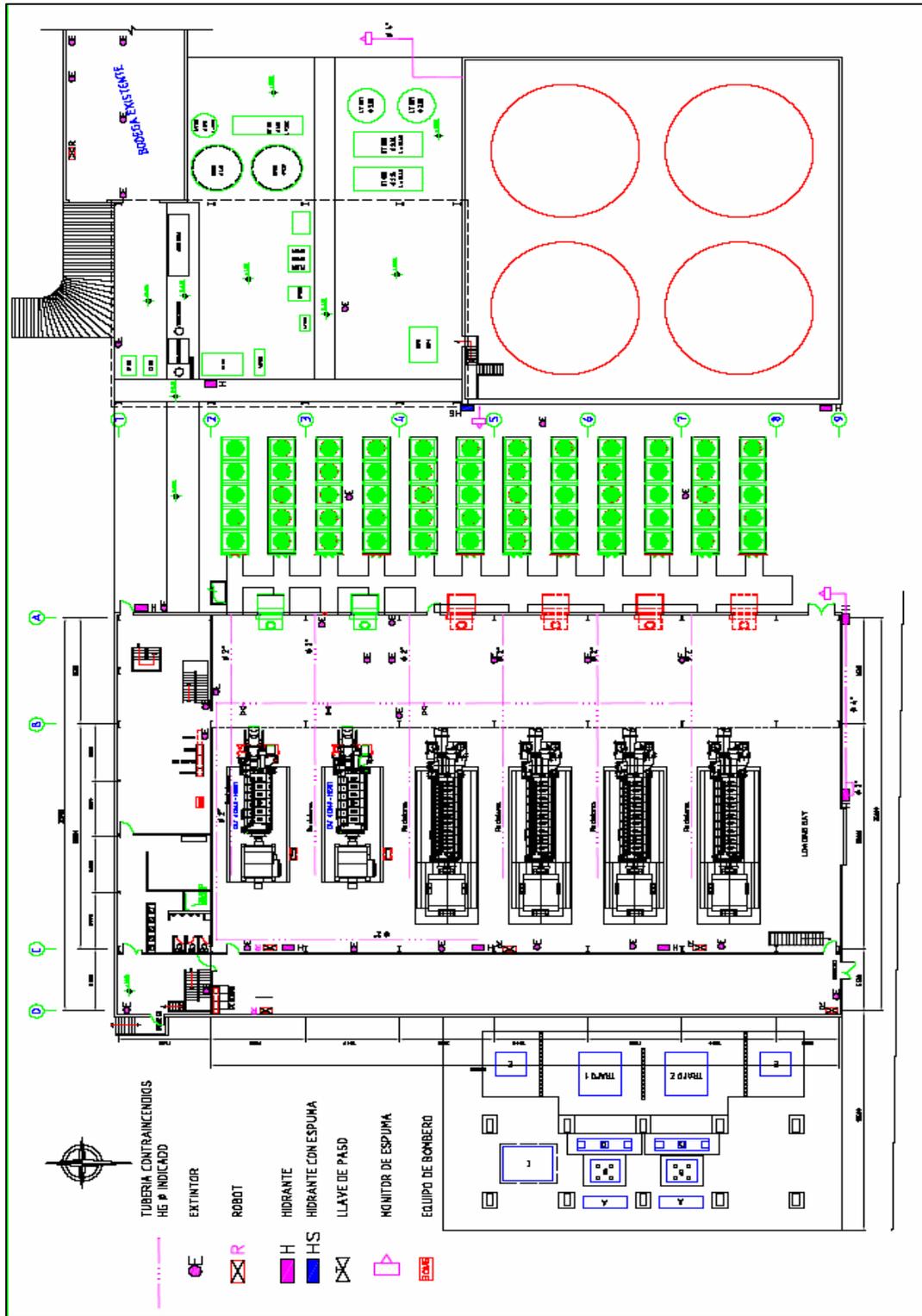
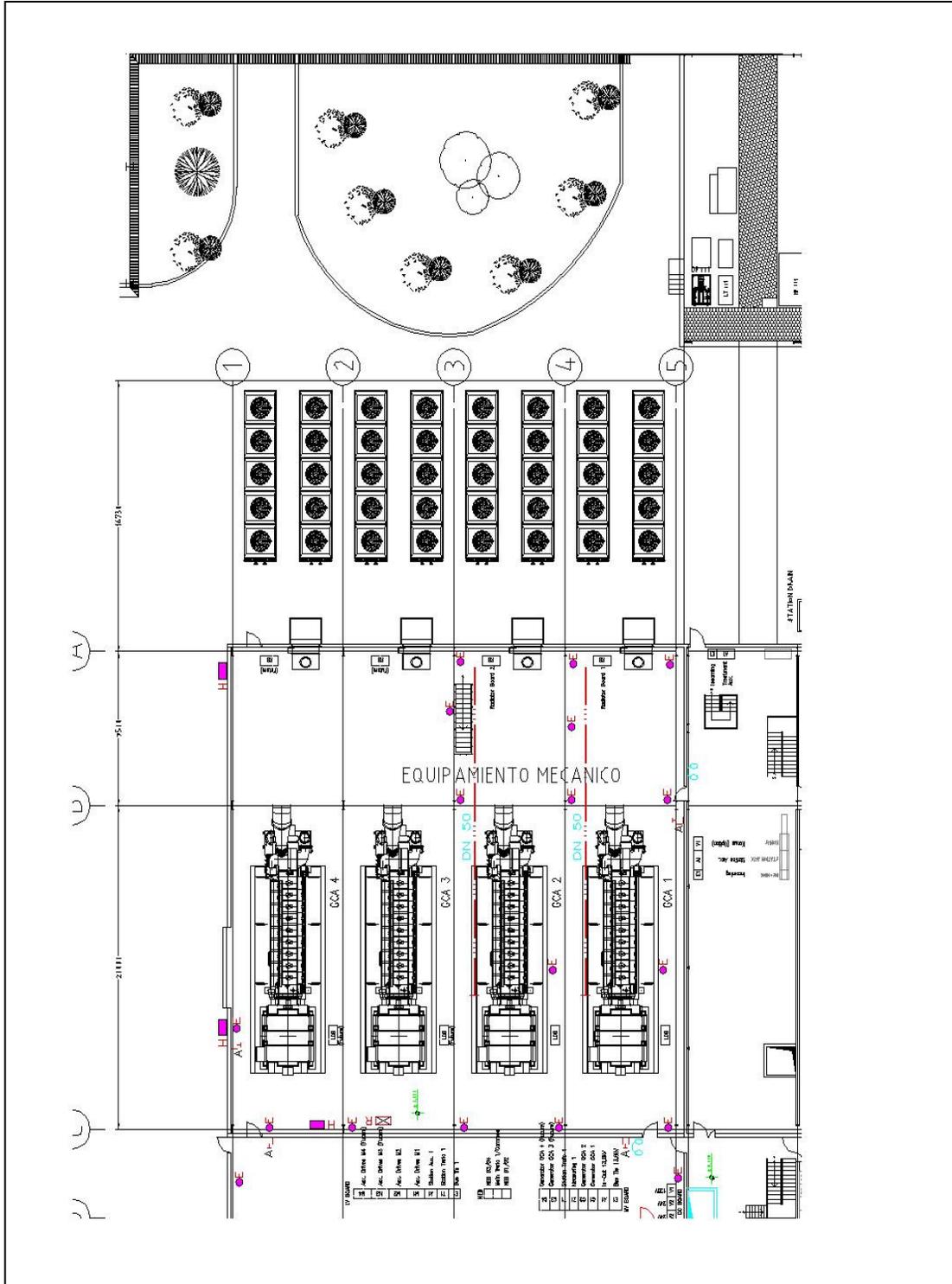


Figura 37 Diagrama contra incendios GCA



4.2.2.5. Señalización

➤ Objetivos

Alertar al personal de trabajo sobre las condiciones y actos inseguros que pueden amenazar la salud, por medio de rótulos en lugares estratégicos, de forma que sean de fácil identificación y comprensión

➤ Acciones

- Determinadas las áreas de mayor riesgo, se distribuirán los rótulos de prevención de accidentes y de uso de equipo de protección acorde al tamaño del área.
- Se darán capacitaciones a los mecánicos con el fin de instruirlos para reconocer de inmediato las señales e interpretarlas adecuadamente.

4.2.3. Equipo de prevención de accidentes

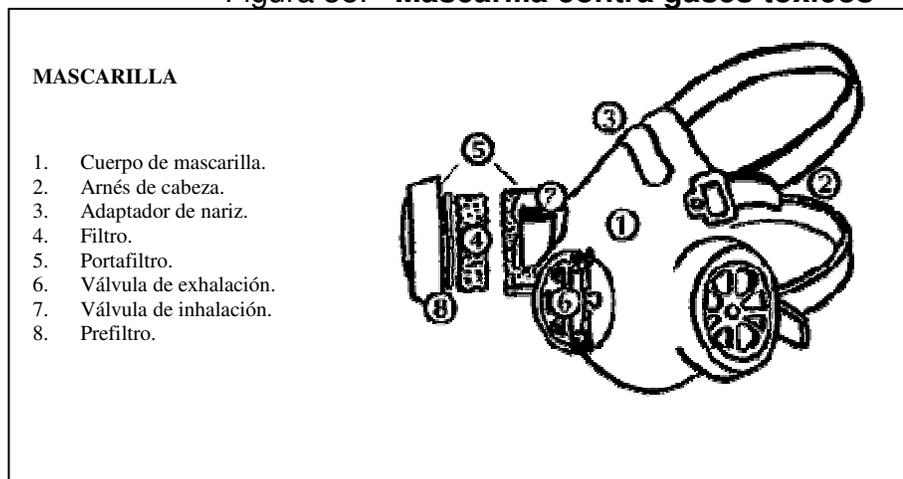
El equipo que se empleará para evitar cualquier accidente dentro de la empresa se clasificara según los riesgos anteriormente estudiados y que afectan el ambiente de trabajo dentro de la empresa.

4.2.3.1. Gases tóxicos

Para evitar intoxicaciones y que se produzcan en los trabajadores enfermedades a corto o largo plazo se emplearan equipos filtrantes contra vapores, esto permitirá que los gases liberados por el aceite térmico al ventear la tubería de las calderas no afecte al trabajador.

Estos equipos aumentan la protección contra los contaminantes aerotransportados reduciendo la concentración de éstos en la zona de inhalación por debajo de los niveles de exposición recomendados. (Fig. 38)

Figura 38. **Mascarilla contra gases tóxicos**



4.2.3.2. Riesgo de accidente

Golpes de cabeza

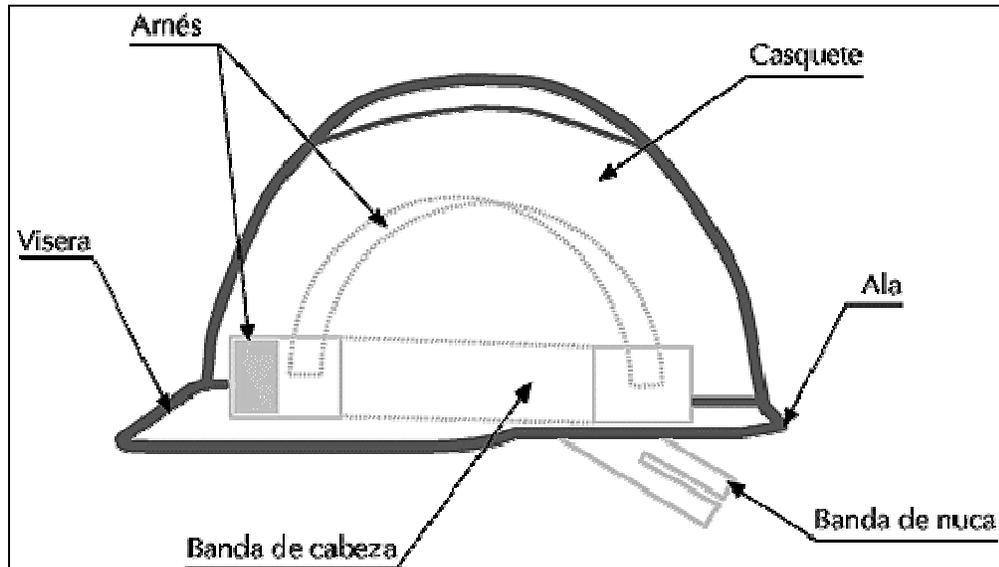
Para combatir los riesgos de accidente y de perjuicios para la salud, resulta prioritaria la aplicación de medidas técnicas y organizativas destinadas a eliminar los riesgos en su origen o a proteger a los trabajadores mediante disposiciones de protección colectiva.

En el lugar de trabajo, la cabeza del trabajador, puede hallarse expuesta a riesgos de naturaleza diversa las cuales pueden clasificarse en tres grupos según su forma de actuación:

- a. Lesiones craneales debidas a acciones externas
- b. Riesgos para las personas por acciones realizadas sobre la cabeza
- c. Riesgos para la salud o molestias vinculados al uso del casco de seguridad

Por las condiciones de calor y comodidad los mecánicos no utilizan el equipo adecuado para el trabajo. El casco de protección para la industria es una prenda para cubrir la cabeza del usuario, que está destinada esencialmente a proteger la parte superior de la cabeza contra heridas producidas por objetos que caigan sobre el mismo. (Fig.39)

Figura 39. Casco protector



4.2.3.3. Equipo contra incendio

Dentro de la planta se cuenta con equipo adecuado de combate de incendios, pero se tiene el inconveniente que este no cubre por completo las áreas de riesgo por una mala distribución.

- **Distribución por área de equipo contra incendio**

Tabla IX **Inventario de equipo contra incendio generadora 1**

Cuarto de control y tableros			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
3	-	Extintor	CO ₂
1	-	Extinto tipo robot	CO ₂
1	1	Equipo protector bomberil	Completo
Cuarto de motores			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
11	-	Extintor	ABC
4	-	Extintor	CO ₂
2	-	Extintor tipo robot	ABC, CO ₂
Área de Calderas			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
1	1	Extintor	ABC
2	-	Extintor tipo robot	ABC
Área de Radiadores			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
5	1	Extintor	ABC
Taller Mecánico			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
2	-	Extintor	CO ₂
2	-	Extintor	ABC
Sótano			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
4	-	Extintor	ABC

Tabla X Inventario equipo contra incendio Bluref 2

Cuarto de control y tableros			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
2	2	Extintor	ABC
5	-	Extintor	CO ₂
1	1	Equipo protector bomberil	Completo
1	-	Extintor tipo robot	CO ₂
Cuarto de Motores			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
5	4	Extintor	ABC
7	-	Extintor	CO ₂
3	-	Extintor tipo robot	ABC,CO ₂
Taller Mecánico			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
2	2	Extintor	CO ₂
1	-	Extintor	ABC
Bodega			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
1	-	Extintor tipo robot	CO ₂
4	-	Extintor	ABC
Área de carga y descarga de combustible			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
3	3	Extintor	ABC
2	-	Extintor	CO ₂
Área de Calderas			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
4	5	Extintor	ABC
2	-	Extintor	CO ₂
2	-	Extintor tipo robot	ABC, CO ₂
Sótano			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
10	-	Extintor	ABC
2	-	Extintor	CO ₂

Tabla XI **Inventario de equipo contra incendio GCA**

Cuarto de control y tableros			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
2	1	Extintor	CO ₂
1	-	Extintor tipo robot	CO ₂
Cuarto de Motores			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
7	4	Extintor	ABC
8	-	Extintor	CO ₂
2	-	Extintor tipo robot	ABC,CO ₂
Área de carga y descarga de combustible			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
3	-	Extintor	ABC
Área de Calderas			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
-	4	Extintor	ABC
2	-	Extintor tipo robot	ABC
Sótano			
Núm. Actual	Núm. Agregado	Descripción	Agente Ext.
8	-	Extintor	ABC
1	-	Extintor	CO ₂
1	-	Extintor tipo robot	CO ₂

4.2.3.4. Señalización

Distribución de los rótulos en la planta GESUR:

Tabla XII **Distribución de rótulos generadora 1**

Núm.	Descripción	Área
6	La seguridad es primero	- Cuarto de Control - Cuarto de Motores - Taller Mecánico
1	Salida de emergencia	- Cuarto de control
1	Protección obligatoria para oídos	- Cuarto de Control
5	Depositar la basura en su lugar	- Cuarto de Control - Cuarto de Motores - Taller Mecánico
4	Protección obligatoria de la cabeza	- Cuarto de Control - Cuarto de Motores
5	Riesgo de tropezar	- Cuarto de Motores - Área de Radiadores
1	Escaleras	- Cuarto de Motores
4	Utilizar el equipo de trabajo	- Cuarto de Motores - Taller Mecánico
5	Gases Tóxicos	- Área Radiadores - Área Calderas
3	Hidrante	- Área Radiadores
1	Material tóxico	- Área Radiadores
2	Material Inflamable	- Tanques de Almacén
2	Utilizar Equipo Respiratorio	- Área Calderas
1	Riesgo eléctrico	- Sótano

Tabla XIII **Distribución de rótulos Bluref 2**

Núm.	Descripción	Área
4	La seguridad es primero	- Cuarto de Control - Cuarto de Motores - Taller Mecánico - Bodega
5	Salida de emergencia	- Cuarto de Control - Cuarto de Motores - Bodega
8	Depositar la basura en su lugar	- Cuarto de Control - Cuarto de Motores - Taller Mecánico - Bodega
4	Protección obligatoria de la cabeza	- Cuarto de Control - Cuarto de Motores
3	Riesgo de Tropezar	- Cuarto de Motores
2	Utilizar equipo de trabajo	- Taller Mecánico
5	Mantener Ordenada el área de trabajo	- Taller Mecánico - Bodega
1	Vehículos de manipulación	- Área Radiadores
2	Hidrante	- Área Radiadores
3	Material Tóxico	- Área Radiadores - Bodega
1	Material Corrosivo	- Bodega
1	Riesgo eléctrico	- Sótano
1	Gases tóxicos	- Area Calderas

Tabla XIV **Distribución de rótulos GCA**

Núm.	Descripción	Área
1	La seguridad es primero	- Cuarto de Motores
3	Salida de emergencia	- Cuarto de Motores
2	Depositar la basura en su lugar	- Cuarto de Motores
3	Protección obligatoria de la cabeza	- Cuarto de Motores
2	Hidrante	- Área Radiadores
1	Gases tóxicos	- Área Calderas

- Diagrama propuesto de señalización

La distribución de los rótulos en las diferentes áreas de la planta será la siguiente:

Figura 40. Diagrama propuesto de señalización Bluref 1

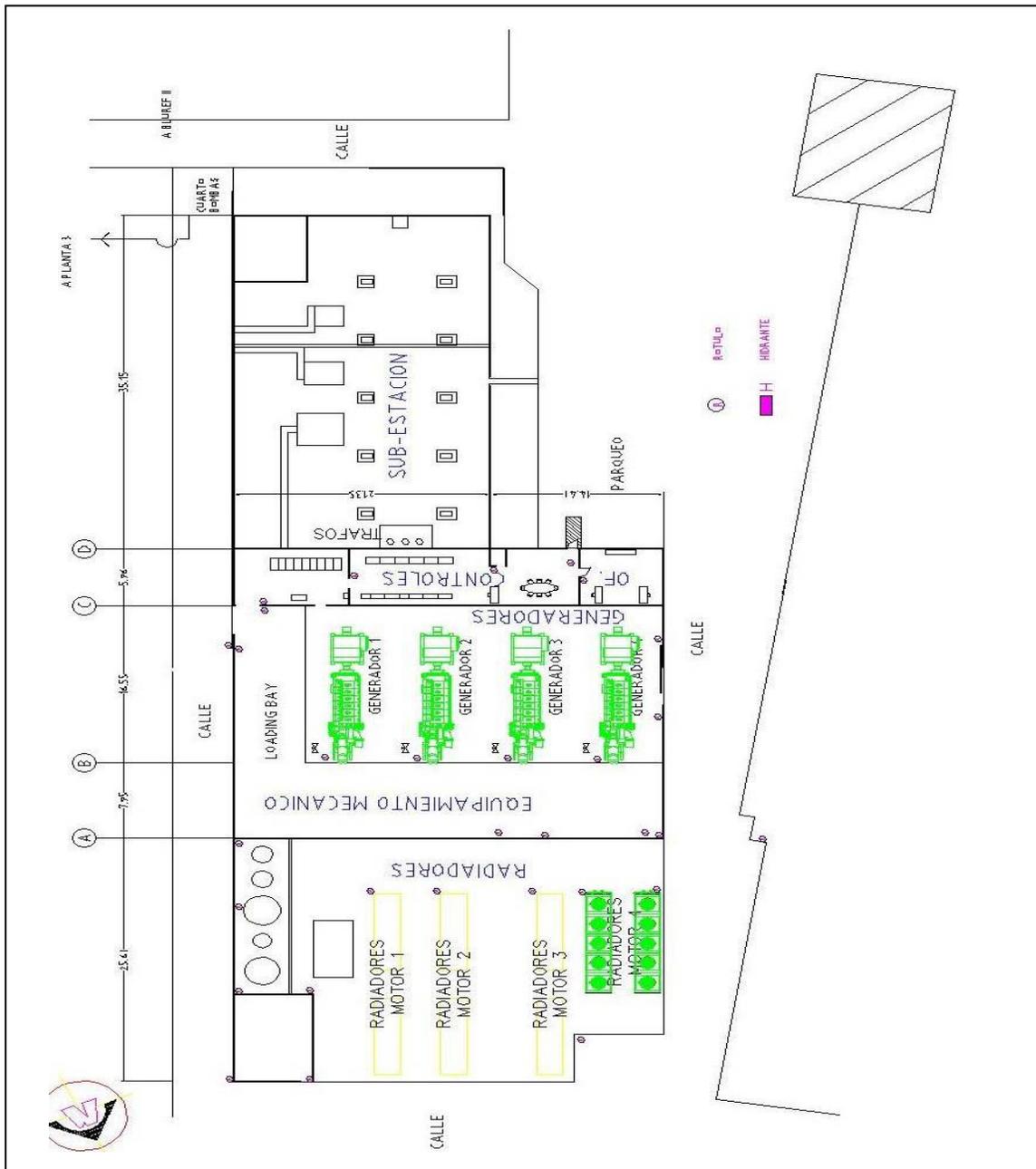


Figura 41. Diagrama propuesto de señalización Bluref 2

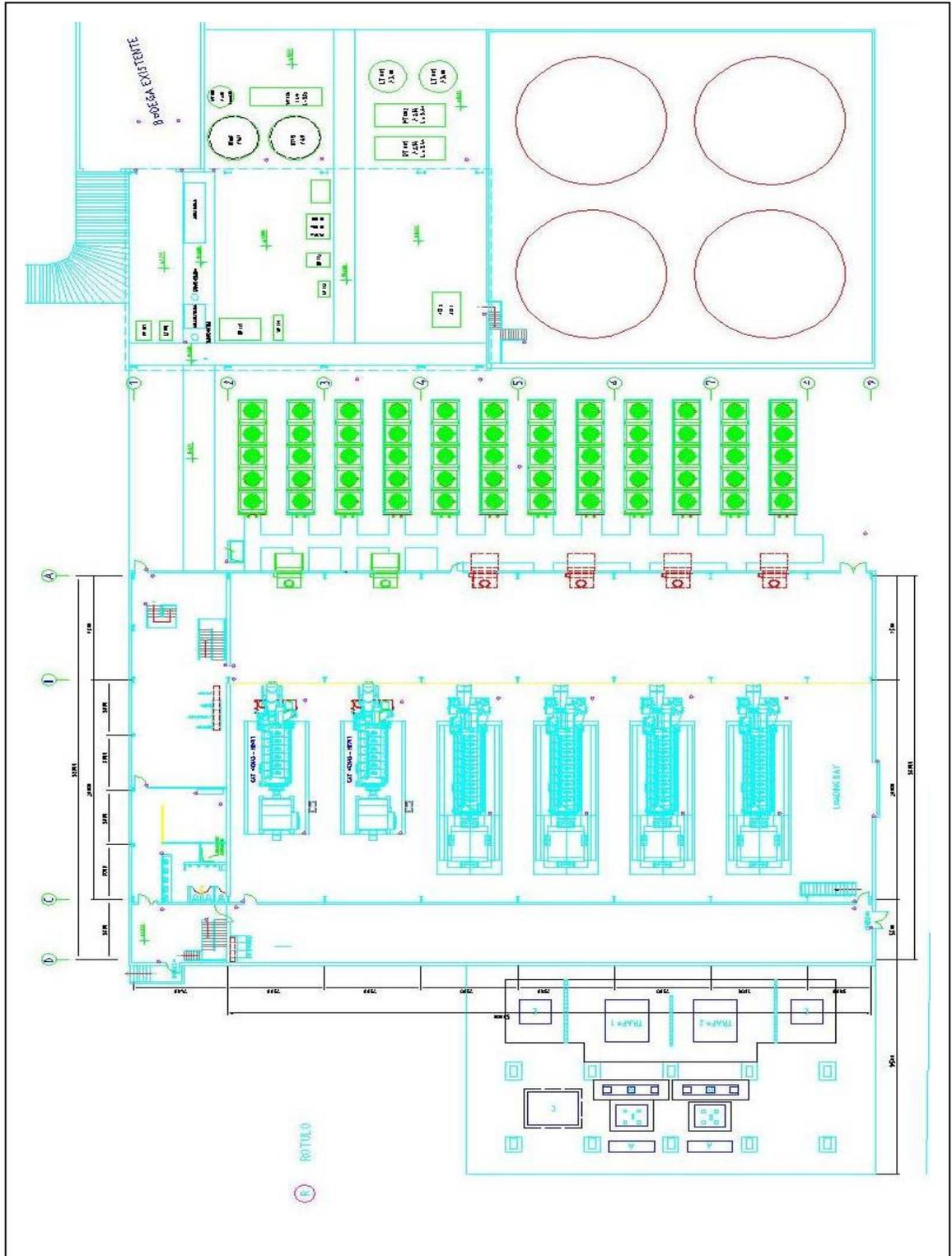
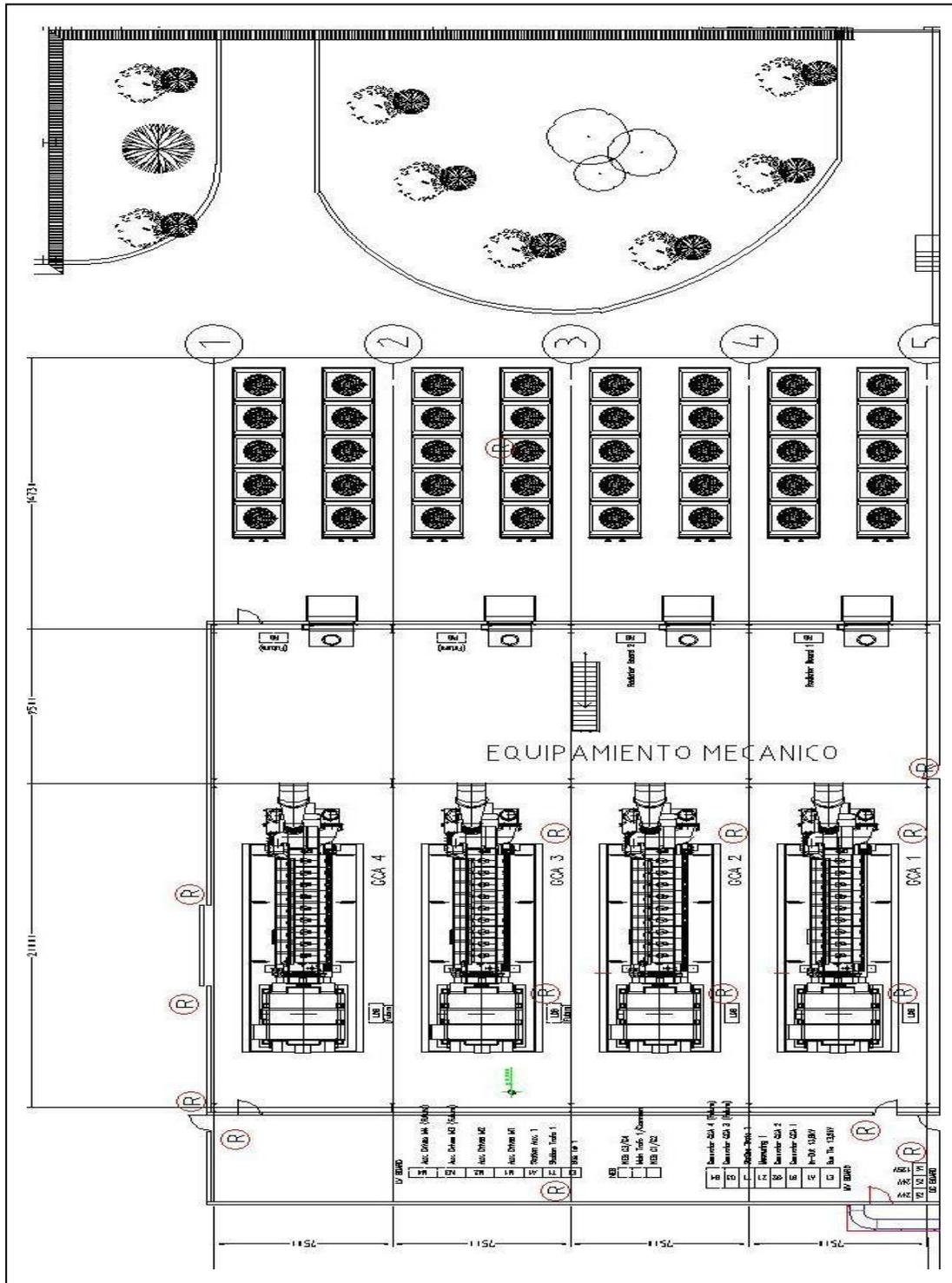


Figura 42. Diagrama propuesto de señalización GCA



4.3. Costos del programa

La aplicación del programa necesitará de una inversión considerable pero se compensará con la eliminación de los costos que se crean por daños al factor humano y daños materiales.

El equipo respiratorio utilizado para el trabajo con gases tóxicos y los cascos de protección, no representarán ningún costo en el programa de seguridad e higiene industrial debido a que la empresa cuenta con el equipo suficiente.

El programa de seguridad se contempla con capacitaciones al personal de trabajo, estas no representarán ningún costo para la planta ya que serán impartidas por los ingenieros de Seguridad e Higiene del área y por los bomberos.

Costos totales

Tabla XV Deducción de costos

Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Total
Extintores ABC	29	Q. 405.00	Q. 11,745.00
Equipo de protección bomberil	2	Q. 20,000.00	Q. 40,000.00
Rótulos	93	Q. 90.00	Q. 8,370.00
Total			Q. 60,115.00

4.4. Seguimiento del programa de seguridad e higiene industrial

Con la finalidad de darle seguimiento al programa se deben de cumplir con las inspecciones establecidas y con el chequeo de los informes.

Se recopilará la información que interesa sobre los resultados de los análisis, de forma que los riesgos se minimicen, es necesario un pronto reconocimiento de los peligros que pueden llegar a afectar las condiciones de trabajo.

La programación de las inspecciones será determinada según las condiciones observadas por el ingeniero de Seguridad e Higiene Industrial, siendo necesaria una rigurosa inspección si se presentan riesgos de alto grado.

CONCLUSIONES

1. Las bombas utilizadas en la planta GESUR presentan fugas, debido a las condiciones en que se encuentran trabajando, éstas utilizan diferentes tipos de sellos. Las áreas donde se utilicen los sellos dependen del tipo de fluido que manejan, al eje de la bomba, la condición del medio ambiente en que se encuentran, la temperatura de trabajo, etc. Estos factores son determinantes en una buena selección, es por eso que para cada bomba se utiliza un sello que cumpla con los requerimientos de la misma
2. Es importante tener el conocimiento de las características del fluido con el que se trabaja, esto ayudará al ingeniero a seleccionar un adecuado sello y al mismo tiempo, aumentar el tiempo de vida del mismo. Características como viscosidad, presencia de sólidos en suspensión, grado de acidez, temperatura de trabajo, gravedad específica, pueden afectar las partes del sello provocando fallas prematuras. Saber las características del fluido ayudarán a una correcta selección y mantenimiento del sello, ya que, se utilizará el que mejor se adapte a las condiciones de trabajo.

3. En general las bombas utilizadas en la planta GESUR se encuentran en condiciones adecuadas de trabajo, excepto las bombas de circulación de bunker y las de aceite térmico que presentan constantemente fugas. Estas bombas están exentas de mantenimiento según especifica el fabricante, pero debido a las condiciones de trabajo en las que se someten suelen fallar, principalmente el sello es el que se daña y permite fugas. Se recomienda que a estas bombas se les dé especial cuidado y se inspeccionen con mas frecuencia para identificar y prevenir cualquier daño en el sistema de bombeo.
4. Como resultado del estudio, se establecieron las posibles causas de las fallas de los sellos, siendo estas: fallas mecánicas unas de las mas frecuentes en los sellos de las bombas de circulación, caracterizándose por presentar desgaste, astillamiento, abrasión, erosión; fallas por efectos térmicos, presentes en las bombas de aceite térmico causándoles deformación en los elastómeros del sello y agrietamiento en las caras de contacto.
5. La capacitación es indispensable para la instalación de sellos mecánicos. Primero, la persona encargada de la instalación debe tener conocimiento de la función del sello mecánico dentro del equipo de bombeo. Segundo, es indispensable saber la forma correcta de instalación del sello, tomar en cuenta tanto la higiene en el área de trabajo como las herramientas a utilizar en la instalación. Las fallas mecánicas en la mayoría de los casos se dan por no tener el conocimiento de lo que es el sello mecánico ni la forma adecuada de instalarlo.

6. El adecuado mantenimiento de las bombas, reduce los problemas en los sellos y permite conocer de antemano los parámetros permisibles de trabajo. Las condiciones son determinadas mediante las fichas técnicas que permiten realizar la selección del sello ayudando al mecánico a determinar el apropiado sello para la bomba, así como permitirá al proveedor dar a conocer las características del sello y poder de esta forma ofrecer el sello que mejor se adapte a las condiciones de trabajo de la planta.

7. Debido a que las condiciones en que se realizan los trabajos repercuten en la eficiencia y rapidez de las actividades, se consideró la implementación de un programa de seguridad e higiene dentro de la planta basado en condiciones como señalización, capacitaciones, riesgos contra incendios. La implementación se hará en consentimiento de la gerencia y participación de los trabajadores, con la intención de realizar las correcciones necesarias para crear un ambiente sano y confiable. El programa incluye una sección de prevención contra incendios ante la necesidad de la planta de mejorar el ya existente, puesto que, no se cubren por completo las áreas de riesgo y no se posee la capacitación necesaria para responder ante cualquier siniestro. Se contemplan capacitaciones a los trabajadores por ser la principal fuente de prevención, también, se plantea la cantidad necesaria de equipo contra incendios y su correcta distribución.

RECOMENDACIONES

- Al equipo de mecánicos.
 1. Al instalar un sello mecánico se debe poner principal atención a la higiene del lugar de trabajo, así como de la persona que realiza el trabajo. Revisar que tanto el personal y el equipo de instalación sea el adecuado.

- Al equipo de ingenieros de mantenimiento de la planta.
 2. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento y evaluar los resultados tanto a corto como a largo plazo. El ingeniero de mantenimiento debe de documentar todo tipo de trabajo realizado a las bombas y, especialmente, a los sellos, con el fin de identificar cualquier problema que persista y dañe las partes sensibles de las bombas.
 3. Emplear sistemas de capacitación fácil y rápida comprensión sobre la instalación de los sellos mecánicos.

- A la gerencia.
 4. Es necesario que la gerencia aplique de forma inmediata el programa de seguridad e higiene industrial y se mejoren las condiciones de trabajo previniendo de esta forma cualquier tipo de accidente.

- Al ingeniero de seguridad e higiene de la planta.
5. Poner especial atención en la distribución del equipo contra incendios, debido a que de esto depende la rapidez de extinción de cualquier siniestro. Una adecuada distribución ayudará a que el personal cercano al incendio tenga a su alcance el equipo necesario en un menor tiempo.
 6. Efectuar constantes inspecciones para verificar si se está cumpliendo con el programa de seguridad e higiene de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baumeister Theodore, Eugene A. Avallone. Manual del Ingeniero Mecánico. Segunda edición en español México. McGRAW-HILL. 1998. Volumen 2
2. CAT, Power Plant. Final Documentation. Diesel Engines. File: B, D, E, H.
3. Dubon Moraga, José Giovanni. Diseño de la unidad de impacto ambiental dentro de la implementación del programa de seguridad industrial e higiene en el trabajo para el INDE. Tesis Ing. Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002.
4. Morales Solis, Elder Armando. Criterios para la selección y mantenimiento de los sellos mecánicos instalados en las bombas para aceites combustibles, en la unidad 100 de área de proceso de la refinería Texaco, Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Mecánica, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 74 pp.
5. Soto Cobar, Martín Emilio. Implementación de un programa de seguridad e higiene industrial en la planta central térmica Escuintla del INDE. Tesis Ing. Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.

6. "Instalación y fallas en sellos mecánicos". The ABC of Mechanical Seals". <http://www.burgmann.com/>

7. Mechanical Seals. <http://www.mcnallyinstitute.com/index.html>

