



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

**SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y PLAN
DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR
DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA.
ACEROS DE GUATEMALA S.A.**

Carlos Francisco Figueroa Monzón.

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, septiembre 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y PLAN
DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR
DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA.
ACEROS DE GUATEMALA S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS FRANCISCO FIGUEROA MONZÓN
ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 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. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Ing. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
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:

**SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y PLAN
DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR
DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA.
ACEROS DE GUATEMALA S.A.,**

tema que se me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha abril de 2004.

Carlos Francisco Figueroa Monzón

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

REF.EPS.D.222.2007
Guatemala, 21 de marzo de 2007.

Ing. Ángel Roberto Sic Garcia
Director Unidad de Prácticas de
Ingeniería y E.P.S.
Facultad de Ingeniería, USAC
Presente.-

Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que como Asesor y Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **CARLOS FRANCISCO FIGUEROA MONZÓN**, procedí a revisar el Informe Final de la Práctica Supervisada, cuyo título es: **"SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA. ACEROS DE GUATEMALA S.A."**, el cual encuentro satisfactorio.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el país, principalmente en el apoyo técnico a entidades privadas, en la búsqueda de soluciones viables a los problemas que atraviesan y que al final, beneficiarán a la sociedad en general.

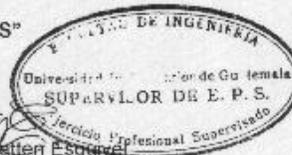
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy deferentemente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Jaime Humberto Batien Esquivel
Asesor-Supervisor de E.P.S.
Área de Ingeniería Mecánica-Industrial



JBES/jhbe
c.c.: Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA ACEROS DE GUATEMALA S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Francisco Figueroa Monzón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

MIRIAM PATRICIA RUBIO CONTRERAS
INGENIERA INDUSTRIAL
COL. No. 4.075

Guatemala, abril de 2007

/mgp

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERSI), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreres: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESSEM), Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

REF.EPS.D.221.2007

Guatemala, 21 de marzo de 2007.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica-Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente.-

Respetable Ingeniero Gómez:

Por medio de la presente, envío a usted el Informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), titulado: "SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA. ACEROS DE GUATEMALA, S.A.", quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de Ley del referido trabajo y existiendo la APROBACIÓN del mismo por parte del Asesor-Supervisor, esta DIRECCIÓN también APRUEBA su contenido, solicitándole darte el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA
DIRECTOR DE E.P.S.



JHBE/jbes
c.c.: Archivo

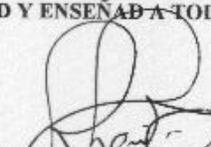
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA. ACEROS DE GUATEMALA S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Francisco Figueroa Monzón**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑAR A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR

Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2007.

/mgp

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.295.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA. ACEROS DE GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Francisco Figueroa Monzón**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
-DECANO

Guatemala, septiembre de 2007.



Jgdech

AGRADECIMIENTOS

Jorge Rodas, Max Ordóñez, Fredy Cisneros, Suriel Aballi, compañeros y amigos que juntos luchamos por salir adelante en la carrera de Ingeniería

Luis Román, Raúl Esteban, Melvin Rodas, Jorge Calderón, Carlos Lemus, por su amistad y apoyo durante la carrera de estudios universitarios

Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel, por su apoyo, orientación y tiempo invertido en mi Ejercicio Profesional Supervisado. E.P.S.

A todos mis amigos de San Felipe, Retalhuleu, que de alguna u otra forma fueron fuente de inspiración para la culminación de la carrera de Ingeniería

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS Por ser el guía de mi vida y darme la fuerza para seguir siempre hacia delante en todo momento

MIS PADRES Carlos Humberto Figueroa Laínez y Alba Rosario Monzón de Figueroa, por todo el amor, esfuerzos, y sabios consejos que me ayudaron a llegar a esta etapa de mi vida. Sin ustedes no lo habría logrado

MIS HERMANAS Alba y Biancka, por su apoyo moral en todo momento

MI FAMILIA Que siempre están en mi mente y corazón

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, por ser la casa de estudios en mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN	1
1.1. Antecedentes históricos de la empresa	1
1.2. Descripción de las actividades que se realizan en la empresa.	2
1.3. Estructura organizacional	3
1.4. Misión y Visión	5
1.5. Ubicación	5
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Técnica 5S	7
2.2. Seguridad e higiene industrial	14
2.2.1. Definición	14
2.2.2. Código de colores y señalización	17
2.2.3. Aplicación	18
2.2.4. Ventajas de su aplicación	19
2.3. Mantenimiento de equipo	20

2.3.1. Mantenimiento correctivo	22
2.3.1.1. Ventajas y desventajas	23
2.3.1.2. Aplicaciones	24
2.3.2. Mantenimiento preventivo	24
2.3.2.1. Ventajas y desventajas	25
2.3.2.2. Aplicaciones	26
2.4. Turbos de aire	28
2.4.1. Definición	28
2.4.2. Clasificación	29
2.4.3. Utilidades	31
2.5. Compresores	32
2.5.1. Definición	32
2.5.2. Clasificación	33
2.5.3. Utilidades	36
3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA DE ACEROS DE GUATEMALA.	39
3.1. Etapas del proceso de producción que generan mayores riesgos	39
3.2. Riesgos que corren el personal de producción según su puesto de trabajo	44
3.2.1. Descripción de puestos	45
3.3. Condiciones inseguras	49
3.4. Limpieza, orden e higiene industrial	52
3.5. Manejo actual de los materiales de producción	53
3.6. Agentes contaminantes	58
3.6.1. Consecuencias a la exposición de los vapores de los agentes contaminantes	59

3.6.2.	Riesgos de accidentes que se corren con el manejo de los agentes contaminantes	63
3.7.	Enfermedades ocupacionales	64
3.8.	Señalización y código de colores	66
3.8.1.	Rutas de evacuación	67
3.9.	Equipo de seguridad que se utiliza en el proceso de producción	67
3.10.	Turbos y compresor de aire	68
3.10.1	Características	69
3.10.1.1.	Diseño	69
3.10.1.2.	Utilidad	72
3.10.1.3.	Repuestos	74
3.10.2	Ubicación e importancia en el proceso de producción	75
3.10.3	Mantenimiento actual	79
3.11.	Equipo utilizado para el mantenimiento de turbos y compresor	80
4.	MEJORAS DE LAS CONDICIONES LABORALES Y SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL.	83
4.1.	Clasificación de materiales para el proceso de producción	83
4.2.	Mejoras de las condiciones laborales	84
4.2.1.	Aplicación de la técnica 5 S	85
4.2.1.1.	Seiri	85
4.2.1.2.	Seiton	87
4.2.1.3.	Seiso	89
4.2.1.4.	Seiketsu	90
4.2.1.5.	Shitsuke	91

4.3.	Mejoramiento de los agentes que provoquen riesgos de accidentes en el proceso de producción	92
4.4.	Programa de seguridad e higiene industrial	95
4.4.1.	Objetivos	95
4.4.2.	Normas y políticas	96
4.4.3.	Mejora del manejo de agentes contaminantes encontrados	98
4.4.4.	Equipo de seguridad para el trabajador, según su área y puesto de trabajo	100
4.4.5.	Señales de seguridad e higiene industrial	104
4.4.6.	Código de colores para toda la línea de producción	108
4.4.7.	Programa para el manejo de materiales que se utilizan en el proceso de producción	110
4.4.8.	Programa contra incendios	111
4.4.8.1.	Extintidores	112
4.4.8.2.	Agua	114
4.4.9.	Vías de evacuación	117
4.4.10	Formatos de control	119
4.4.10.1.	Accidentes	122
4.4.11	Botiquín de emergencias	122
4.4.13	Programa de actividades de limpieza en áreas de la línea de producción	126
5.	PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA.	129
5.1.	Mantenimiento preventivo para turbos y compresor	129
5.1.1.	Equipo que se utiliza	129

5.1.2. Procedimientos a utilizar para el mantenimiento	132
5.1.3. Programa de mantenimiento para los diferentes turbos y compresor	136
5.1.4. Personal encargado del mantenimiento	138
5.2. Implementación del plan de mantenimiento preventivo para turbos y compresor en la planta de lámina galvanizada	139
5.3. Documentos a utilizar	142
5.3.1. Formatos de control para mantenimiento preventivo y correctivo	142
5.4. Mantenimiento correctivo para turbos y compresor	146
5.4.1. Equipo que se debe utilizar	146
5.4.2. Procedimientos para el mantenimiento correctivo	147
5.4.3. Personal encargado de mantenimiento	153
5.5. Implementación del plan de mantenimiento correctivo para turbos y compresor en la planta de lámina galvanizada	153
5.6. Costos de la implementación del plan de mantenimiento para turbos y compresor	156
5.6.1. Mano de obra	156
5.6.2. Insumos	157
5.6.3. Repuestos	157
CONCLUSIONES	161
RECOMENDACIONES	163
BIBLIOGRAFÍA	165
ANEXO	167

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama de la empresa.	04
2. Gráfico del costo de mantenimiento	22
3. Elementos y terminología de un ventilador centrífugo y axial	28
4. Clasificación de los compresores	35
5. Tanques del proceso de limpieza	41
6. Tanque de ácido crómico en la etapa de sellado	44
7. Diagrama Causa y Efecto de accidentes laborales	51
8. Falta de orden y limpieza	52
9. Diagrama de recorrido de materiales de producción	56
10. Grúa aérea utilizada para el manejo de materiales	57
11. Enfermedades ocupacionales	66
12. Turbo de aire	70
13. Compresor tipo tornillo	72
14. Circuito neumático para el corte de lámina	73
15. Ubicación de los turbos de aire y compresor de aire	76
16. Materiales para el descarte	85
17. Áreas para materiales y accesorios de producción	88
18. Depósitos de chatarra	90
19. Encargado de limpieza general	91
20. Protección de piezas en movimiento	93
21. Guardas de protección	94

22. Normas y políticas para el uso de equipo de seguridad e higiene Industrial	96
23. Equipo de protección	100
24. Señales de prohibición	104
25. Señales de advertencia	105
26. Señales de obligación	106
27. Señales de vías de evacuación	107
28. Extinguidotes tipo ABC	113
29. Ubicación de extinguidotes y depósitos de arena	115
30. Vías de evacuación y recorrido	118
31. Ficha para el control de accidentes laborales	120
32. Formato para la inspección semanal de la planta	121
33. Medidor de vibraciones. Picolog. Marca SKF.	129
34. Estetoscopio para cojinetes	130
35. Censor de temperatura	131
36. Tacómetro (CMPS90)	132
37. Coordenadas para la medición de vibración	134
38. Rotor de turbo de aire	148
39. Coordenadas para la toma de vibración	149
40. Circulo de vibración inicial	149
41. Círculos de vibración radial, lateral, axial (Vb1, Vb2, Vb3)	150
42. Punto de coincidencia de vibración	151
44. Localización del punto para contrarrestar la vibración	152

TABLAS

I.	Código de colores (simbología).	18
II.	Presión y caudal de los diferentes tipos de compresores.	35
III.	Productos utilizados para la limpieza de la materia prima.	41
IV.	Concentraciones del ácido clorhídrico.	42
V.	Productos utilizados en la etapa de recubrimiento de zinc.	43
VI.	Riesgos según puestos de trabajo	48
VII.	Detección de causas de accidentes.	50
VIII.	Materiales utilización en el proceso de producción.	55
IX.	Enfermedades por exposiciones prolongadas.	64
X.	Enfermedades ocupacionales dentro de la planta.	65
XI.	Características de diseño de los turbos de aire.	70
XII.	Características del compresor utilizado para planta de lámina.	71
XIII.	Clasificación de materiales de producción.	84
XIV.	Clasificación y descarte.	86
XV.	Colores de identificación para tuberías.	108
XVI.	Ancho de la franja para identificación de tuberías.	109
XVII.	Formato para el control de extinguidores	113
XVIII.	Instructivo para el uso de medicamentos del botiquín.	123
XIX.	Registro del consumo de medicamentos .	125
XX.	Formato para el control de actividades de limpieza.	126
XXI.	Recomendaciones de la ISO 3945 sobre mediciones de vibración.	133
XXII.	Formato de vibraciones de maquinaria	135
XXIII.	Programa para el mantenimiento preventivo de los turbos de aire.	137
XXIV.	Cronograma de actividades de mantenimiento preventivo para el compresor de aire de la planta de lámina	138
XXV.	Formato de inspección semanal para el mantenimiento Preventivo de turbos de aire	143

XXVI. Formato de inspección semanal del compresor de aire.	144
XXVII. Formato para el control del mantenimiento correctivo de turbos y compresor de aire.	145

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
bar.	Unidad de presión
Q.	Caudal
m³/m	Metros cúbicos por minuto
cfm	Centímetros cúbicos por minuto
psig	Unidad de presión
kpa	Kilo pascales
MP	Materia prima
	Guías de recorrido
ppm	Partes por millón
	Cilindro neumático
	Unidad de mantenimiento
	Compresor de aire
	Regulador de caudal
	Electroválvula 5/2
MTBF	Tiempo medio entre fallos

GLOSARIO

Audiometría	Prueba de audición del sonido
Álabes	Parte del compresor comúnmente llamado aspas, sirven para crear el caudal de aire en turbos.
Carcasa	Parte exterior de un turbo de aire encargado de encerrar y guiar el aire
Epidemiología	Estudio y tratamiento de las enfermedades infecciosas
Galvanización	Proceso de producción de la adherencia de zinc sobre metales ferrosos
Guardas	Elementos estructurales que sirven para proteger al trabajador de cualquier pieza en movimiento que pueda ocasionar un accidente
Herrumbre	Mezcla variable de hidróxido férrico y óxido de hierro en forma de polvillo rojizo que se deposita en la superficie de piezas de hierro expuestas a oxígeno (aire) y agua
Horneros	Personas encargadas de la operación del horno de galvanización de lámina.

ISO 3945	Normas de seguridad referentes a vibración de equipo industrial
Rodete	Parte de un turbo de aire que comprende la estructura de las aspas o impeler y que dan la característica del flujo de aire
Tiro forzado	Nombre que se le da al flujo de aire creado por una corriente externa, normalmente utilizada en hornos industriales para el escape de gases
Tiro inducido	Nombre que se le da al flujo de aire creado por las fuerzas atmosféricas
Sub-mantenimiento	Nombre característico que se le da al deplorable mantenimiento de un equipo industrial
Sobre mantenimiento	Nombre característico que se le da al excesivo mantenimiento de un equipo industrial
Vibración	Movimiento oscilatorio de los puntos de un cuerpo elástico a uno u otro lado de la posición de equilibrio
Zaclon	Producto químico que ayuda a la adherencia del zinc en el proceso de galvanización

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado con el objeto de crear un sistema de seguridad e higiene industrial enfocado a las necesidades de la planta de lámina galvanizada y para volver más eficientes los programas de mantenimiento de equipos industriales como los turbos o ventiladores industriales y el compresor de aire, ya que éstos son indispensables en el proceso de producción de lámina galvanizada.

En el capítulo uno se hace referencia a las generalidades de la empresa Aceros de Guatemala S.A. (AGSA), en el capítulo dos se recopiló información necesaria para la realización del estudio de la situación actual de la planta de lámina galvanizada, que comprende el capítulo tres y que esta enfocado al sistema de seguridad e higiene industrial y al plan de mantenimiento de los turbos y compresor de aire.

En los capítulos cuatro y cinco se presenta la realización del trabajo de graduación comprendido en las mejoras de las condiciones laborales, la creación de un sistema de seguridad e higiene industrial y un plan de mantenimiento para los turbos de aire y compresor de aire Sullair y en los anexos se presentan algunas fotografías de las mejoras y logros alcanzados durante el ejercicio profesional supervisado EPS.

OBJETIVOS

General

Crear un sistema de seguridad e higiene industrial, según las necesidades de la planta de lámina galvanizada e implementar un plan de mantenimiento para turbos de aire y compresor de aire indispensables en el proceso de producción

Específicos

1. Eliminar riesgos de accidentes por equipo en mal estado
2. Reducir el porcentaje de enfermedades ocupacionales por medio de la utilización del equipo de seguridad industrial
3. Implementar el código de colores a toda la línea de producción
4. Proporcionar el equipo de seguridad adecuado a cada operador de la planta según su puesto de trabajo
5. Reducir el mantenimiento correctivo en turbos y compresor de aire
6. Reducir los costos por accidentes laborales y paros de equipo industrial indispensables dentro del proceso de producción

INTRODUCCIÓN

Debido a que el ser humano representa el factor más importante dentro de una industria, es de gran importancia velar porque éste cuente con las condiciones laborales idóneas, es por ello que un sistema de seguridad e higiene industrial es indispensable en la industria moderna.

Por las características del proceso de producción de lámina galvanizada es necesario que las instalaciones, equipo industrial y procedimientos de trabajo sean seguros para el trabajador, es por eso que conjuntamente con las normas y políticas de seguridad se logrará que las enfermedades ocupacionales y accidentes laborales dentro de la planta de lámina se reduzcan considerablemente. Un sistema de seguridad e higiene industrial debe ser realizado específicamente según las necesidades y posibilidades de la planta, para lo cual es necesario realizar un estudio previo de la situación en que se encuentra, conociendo cuáles son las causas de los problemas se podrán atacar para su solución.

Un sistema de seguridad e higiene industrial es de gran importancia en cualquier planta de producción, pero de qué sirve que los trabajadores estén seguros si no son constantes en el mantenimiento integral de la planta, para ello, se han establecido obligaciones que cada operador en su área de trabajo debe cumplir, es muy importante que todo el personal de la planta este involucrado en el sistema de seguridad e higiene industrial, únicamente así se podrá lograr un ambiente de trabajo agradable, saludable y seguro.

Existen equipos industriales en el proceso de producción de lámina galvanizada que son indispensables, tales como los ventiladores industriales (turbos) y el compresor de aire, es por eso que se ha creado un plan de mantenimiento que minimizará los riesgos de desperfectos y permitirá el control del equipo para evitar paros de producción.

Los ventiladores industriales y el compresor de aire forman parte de algunas de las etapas de producción de lámina galvanizada e aquí la importancia de su perfecto funcionamiento, para su efecto se han planteado procedimientos para un nivel de mantenimiento óptimo, que consistirá en inspecciones periódicas para verificar el estado del equipo, permitiendo programar el mantenimiento necesario en días que no afecte la producción.

1. EMPRESA.

1.1 Antecedentes históricos de ACEROS DE GUATEMALA S.A.

Aceros de Guatemala S.A., es parte de una corporación de empresas dedicada a la fabricación de productos derivados del hierro. Fue fundada en el año 1963 e inicio sus operaciones con maquinas para hacer clavo para madera.

A finales de los años sesenta adquirió una línea de producción para la realización de lámina galvanizada, maquinaria para la producción de varilla de acero para refuerzo de hormigón armado y maquinaria para la trefilación de alambre. A finales de los años setentas y a causa del terremoto del año 1976, los productos como varilla para la construcción, clavo y lámina galvanizada fueron de mucha demanda, con lo cual Aceros de Guatemala pudo establecer un punto de partida para el crecimiento organizacional; adquirieron una línea de producción para la varilla de la construcción y perfiles industriales, construyeron otra línea de producción de lámina galvanizada y adquirieron maquinaria para los productos de trefilado colocándola como una de las empresas más fuertes en productos derivados del hierro.

A la fecha Aceros de Guatemala S.A., ofrece productos como varilla para la construcción, perfiles industriales, lámina galvanizada y productos derivados de la trefilación de alambre como clavo para madera o para lámina, alambre de amarre y alambre espigado, los cuales son reconocidos en toda Guatemala y Centroamérica como productos de calidad, confianza y de durabilidad.

1.2. Descripción de las actividades que se realizan en la empresa.

ACEROS DE GUATEMALA tienen 4 plantas de producción:

Planta de barras: se encarga de la producción de varilla para la construcción; la cual se realiza por medio de lingotes de hierro de bajo carbono y laminación en caliente, el proceso empieza por medio de los hornos de calentamiento que se encargan de elevar el lingote a temperaturas de deformación, con el cual por medio de castillos de desbaste se logra alargar y darle forma a la varilla de construcción, dándole por último el acabado y longitud deseada.

Planta de perfiles: se encarga de la producción de perfiles industriales, al igual que la planta de barra el proceso es de laminación en caliente, teniendo únicamente variantes en los castillos de desbaste que le dan la forma de angulares, hembra y varillas para la construcción.

Planta de trefilado: Es la encargada de la producción de alambre trefilado para la elaboración de alambre de amarre, alambre espigado, clavo para madera y clavo para lámina, el trefilado es elaborado por trabajo en frío, la materia prima es deformada por esfuerzo mecánico por medio de máquinas trefiladoras con un alto torque, estirando el alambre hasta los diámetros y calibres deseados para la elaboración del producto.

Planta de lámina: Se encarga de la producción de lámina galvanizada, la materia prima de la lámina galvanizada es producto de un trabajo en frío, que luego de obtener rollos de lámina en frío, pasa por un proceso de galvanización líquida, por donde adquiere la adherencia del zinc.

Los productos son trasladados diariamente a las bodegas respectivas de cada planta, donde son distribuidas a los centros de ventas de la corporación, que están ubicadas estratégicamente en toda la región guatemalteca.

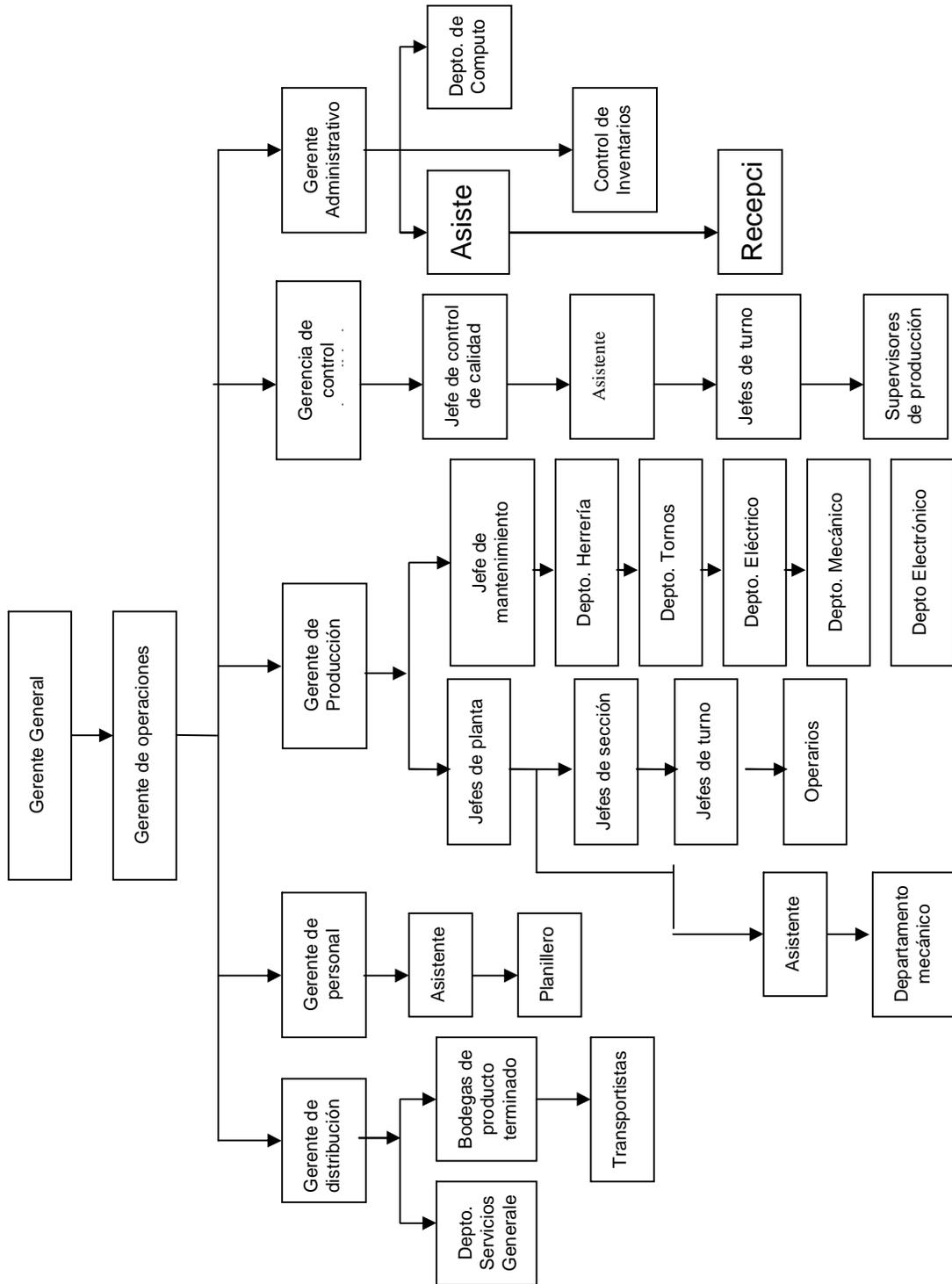
Actualmente AGSA, exporta productos como alambre para amarre, alambre espigado, lámina galvanizada y varilla para la construcción, únicamente por pedidos al mercado centroamericano a países como Honduras, Nicaragua y Salvador.

1.3. Estructura organizacional.

La estructura organizacional se encarga de distribuir y ordenar cada una de las partes de un todo, delimitando e indicando los responsables de realizar diversas actividades que conllevan al beneficio de una organización de una forma escalonada y ordenada. La coordinación de las actividades y necesidades de una empresa deben de estar constituidas por reglas y estatutos que determinen quienes tienen la responsabilidad de decidir y cumplir de la mejor forma funciones para beneficio común de una organización, esto se logrará por medio de una estructura organizacional que indique la autoridad y responsabilidad que tiene cada puesto de trabajo en una organización.

Aceros de Guatemala tiene de una estructura organizacional de departamentalización funcional que le permite establecer las jerarquías, toma de decisiones y experiencias laborales que benefician a la Dirección de la organización, existe un departamento específico para producción, ventas, control de calidad y administración que le permiten centralizar las tomas de decisiones, lamentablemente por este tipo de estructura la comunicación entre departamentos es escasa y algunas veces se crean conflictos que perjudican a la organización.

Figura 1. Organigrama de la empresa.



1.4. Misión y visión.

Visión de la empresa: obtener el liderazgo total en Guatemala y Centroamérica, en sus líneas de productos y lograr una participación importante en mercados del sur de México, el Caribe, Norte y Sudamérica. Ser una empresa altamente profesional, rentable y respetada fortaleciendo su competitividad por medio de alianzas estratégicas con la empresa más dinámica y prestigiosa del sector.

Misión de la empresa: dedicarse a la investigación, desarrollo, producción y distribución de productos básicos de acero y productos afines para la construcción en Centroamérica, Panamá y el sur de México, con miras a la expansión hacia América del Sur, México, el Caribe y los Estados Unidos de América.

1.5. Ubicación de la empresa.

La planta de Aceros de Guatemala S.A., se encuentra ubicada en la 33 calle 24-65 zona 12 de la ciudad capital de Guatemala.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Técnica 5 S.

Las "5S" es una práctica de calidad ideada en Japón a principios de la década de los 70. Estas 5S se refieren al "mantenimiento integral" de la empresa. Esta técnica es ideal para la plana de lámina ya que por las características que ésta presenta, necesita de cada una de las etapas de la técnica. Su nombre responde a las iniciales de 5 palabras japonesas, que se presenta a continuación:

- Seiri Clasificación y descarte
- Seiton Organización
- Seiso Limpieza
- Seiketsu Higiene y visualización
- Shitsuke Disciplina y compromiso

Estudios estadísticos en empresas de todo el mundo que tienen implantado este sistema demuestran que en una organización que se somete a las tres primeras S, su coste de mantenimiento se reduce en un 40%. El número de accidentes se reduce en más del 70% y la fiabilidad del equipamiento crece en más de un 10%. Se aumenta también en un 15% el MTBF (tiempo medio entre fallos). La moral del equipo de trabajadores no se puede cuantificar en porcentaje, pero el incremento es más que notable.

SEIRI (Clasificación, descarte): La 1ª S

"Ten sólo lo necesario, en la cantidad correcta"

La clasificación y descarte significan separar las cosas que son necesarias para nuestro trabajo de aquellas que no lo son y mantener solamente las cosas necesarias en el lugar conveniente y en su número adecuado. Sólo debe estar disponible aquello que tiene una utilidad clara. Descartando lo inútil, podemos concentrarnos en lo útil.

Las ventajas de la clasificación y descarte son:

- Reduce las necesidades de espacio, stock, almacenamiento, transporte y seguros.
- Facilita el transporte interno, la disposición física de los elementos, el control del proceso y la ejecución del trabajo en el tiempo previsto.
- Evita la compra de materiales y componentes por duplicado y también los daños a los materiales o productos almacenados.
- Aumenta el retorno del capital invertido.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas implicadas.
- Provoca un mayor sentido de la clasificación y la economía, menor cansancio físico y mayor facilidad de operación.

Para poner en práctica esta primera S se deben de plantear las siguientes preguntas:

¿Qué podemos tirar?

¿Qué debe ser guardado?

¿Qué puede ser útil para otra persona u otro departamento?

¿Qué deberíamos reparar?

¿Qué podemos vender?

Vale la pena aclarar que muchas de las cosas que para otros son chatarra para planta de lámina muchas veces son muy útiles, ya que depende de ellas para realizar arreglos a las instalaciones. En el descarte habrá algunas cosas

que seguirán en la planta por beneficio de ésta, pero se le ubicará en un lugar adecuado.

SEITON (Organización): La 2ª S

"Un sitio para cada cosa, y cada cosa en su sitio"

La organización es el estudio continuo de la eficacia. Es una cuestión de cuan rápido uno puede conseguir lo que necesita, y cuan rápido puede devolverla a su sitio de nuevo. Decidir arbitrariamente dónde colocar las cosas no nos hace funcionar más rápidos. Es necesario pensar y estudiar detenidamente antes de decidir. Hay que pensar en todas las personas que pueden utilizar una determinada cosa. En quién la utiliza de vez en cuando y quién la usa constantemente.

Cada cosa debe tener un único y exclusivo lugar, donde debe encontrarse antes de su uso, y después de utilizarlo debe volver a él. Todo debe estar disponible y próximo en el lugar de uso.

Tener lo que es necesario, en su justa cantidad, con la calidad requerida, y en el momento y lugar adecuados nos puede dar estas ventajas:

- Menor tiempo de búsqueda de aquello que nos hace falta.
- Menor necesidad de controles de stock y producción.
- Facilita el transporte interno, el control de la producción y la ejecución del trabajo en el plazo previsto.
- Evita la compra de materiales y componentes innecesarios y también los daños a los materiales o productos almacenados.
- Aumenta el retorno del capital.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas.

- Provoca una mayor racionalización del trabajo, menor cansancio físico y mental, y mejor ambiente.

Para tener claros los criterios de colocación de cada cosa en su lugar adecuado, debemos respondernos las siguientes preguntas:

- ¿Es posible reducir el stock de esta cosa?
- ¿Esto es necesario que esté a mano?
- ¿Todos llamamos a esto con el mismo nombre?
- ¿Cuál es el mejor lugar para cada cosa?

Y, por último, hay que tener claro que:

- Todas las cosas han de tener un nombre y todos deben conocerlo.
- Todas las cosas deben tener un espacio definido para su almacenamiento o colocación, indicado con exactitud y conocido también por todos.

SEISO (Limpieza): La 3ª S

"Los trabajadores se merecen el mejor ambiente y entorno"

La limpieza debe hacerla todo el mundo en la empresa, desde el jefe de la planta, pasando por mantenimiento, el técnico hasta el mismo operario. Es importante, pues, que cada trabajador tenga asignada una pequeña zona de su lugar de trabajo que deberá tener siempre limpia bajo su responsabilidad. No debe haber ninguna parte de la planta sin asignar. Si todas las personas no asumen este compromiso, la limpieza nunca será real.

Toda persona debería conocer la importancia de estar en un ambiente limpio. Cada trabajador de la empresa debe, antes y después de cada trabajo realizado, retirar cualquier tipo de suciedad generada.

Un ambiente limpio proporciona calidad y seguridad, y además:

- Mayor eficacia de las personas, máquinas y materiales, evitando hacer las cosas dos veces.
- Facilita la venta del producto.
- Evita pérdidas y daños de materiales y productos.
- Es fundamental para la imagen interna y externa de la planta.

Para conseguir que la limpieza sea un hábito bien fijado, hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Todos deben limpiar utensilios y herramientas al terminar de usarlos y antes de guardarlos.
- Las mesas, armarios y muebles deben estar limpios y en condiciones de uso.
- No debe tirarse nada al suelo.
- Diariamente, retirar polvo y suciedad de los suelos, paredes, techos, puertas, ventanas, armarios, mesas, cortinas, sillas, etc.
- No existe ninguna excepción cuando se trata de limpieza. El objetivo no es impresionar a las visitas, sino tener el ambiente ideal para trabajar a gusto y obtener la Calidad Total.

SEIKETSU (Higiene y visualización): La 4ª S

"Todos queremos calidad de vida en el trabajo"

Esta S envuelve ambos significados: higiene y visualización.

La higiene es el mantenimiento de la limpieza y del orden. Quien exige y hace calidad cuida mucho la apariencia. En un ambiente limpio siempre habrá mayor seguridad. Quien no cuida bien de sí mismo no puede hacer o vender productos o servicios de calidad. Tener la empresa limpia y aseada requiere gastos de sistema y utensilios de limpieza, requiere mantenimiento del orden, de la limpieza y de la disciplina.

La visualización es, más o menos, lo mismo, pero con mayor énfasis en la gestión continuada de la higiene. De este modo el interés nunca decaerá y habrá maneras de actuar rápidamente siempre.

Una técnica muy utilizada es el "visual management", o gestión visual. Esta técnica se ha mostrado sumamente útil en el proceso de mejora continua. Se usa en producción, calidad, seguridad y servicio al cliente. Consiste en que un grupo de responsables (no necesariamente jefes) realiza periódicamente una serie de visitas por toda la planta y detecta aquellos puntos que necesitan de mejora. Una variación mejor y más moderna es el "colour management", o gestión por colores. Ese mismo grupo, en vez de tomar notas sobre la situación, coloca una especie de pegatinas o "tarjetas rojas" en aquellas zonas que necesiten mejorar. Y coloca "tarjetas verdes" en aquellas otras zonas especialmente cuidadas. De este modo, una zona con muchas tarjetas verdes rápidamente se apreciará como un entorno cuidado y de calidad, y una zona en la que se vea algo de color rojo delatará una situación que necesita mejorar

Como anécdota se puede decir que los trabajadores de muchas empresas que implantan las 5S solicitan ropa de trabajo en colores claros (blanco, beige, verde claro), ya que así se detecta la suciedad más rápidamente y son un buen indicador de la limpieza e higiene de ese lugar de trabajo.

Las ventajas de esta cuarta S son, entre otras:

- Facilita la seguridad y el desempeño de los trabajadores.
- Evita daños a la salud del trabajador y del consumidor.
- Mejora la imagen de la empresa interna y externamente.
- Eleva el nivel de satisfacción y motivación del personal hacia el trabajo.

En el establecimiento de un sistema que asegure la 4ª S en la empresa son útiles algunos recursos visuales, como ya hemos visto antes:

- Avisos que ayuden a las personas a evitar errores en las operaciones de sus lugares de trabajo.
- Avisos de peligro, advertencias, limitaciones de velocidad, etc.
- Informaciones o instrucciones sobre equipamiento y máquinas.
- Avisos de mantenimiento preventivo.
- Recordatorios sobre requisitos de limpieza.
- Instrucciones y procedimientos de trabajo.
- Pero hay que recordar que todos estos avisos y recordatorios:
 - Deben ser visibles a cierta distancia.
 - Deben colocarse en los sitios adecuados.
 - Deben ser claros, objetivos y de rápido entendimiento.
 - Deben contribuir a la creación de un local de trabajo motivador y confortable.

SHITSUKE (Compromiso y disciplina): La 5ª S

"Orden, rutina y perfeccionamiento constantes"

Disciplina no significa que habrá unas personas pendientes de nosotros preparados para castigarnos cuando lo consideren oportuno. Disciplina quiere

decir voluntad de hacer las cosas como se supone que se deben de hacer. Es el deseo de crear un entorno de trabajo sobre la base de buenos hábitos.

Mediante el entrenamiento y la formación para todos (¿qué queremos hacer?), y la puesta en práctica de estos conceptos (¡vamos a hacerlo!), es como se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos.

En suma, se trata de que la mejora alcanzada con las 4 S anteriores se convierta en una rutina, en una parte más de nuestros quehaceres. Además, ello revierte en un crecimiento en el ámbito humano y personal al nivel de autodisciplina y autosatisfacción.

Esta 5ª S es el mejor ejemplo de compromiso con la Mejora Continua. Todos debemos asumirlo, porque todos saldremos beneficiados

2.2. Seguridad e higiene industrial

En este numeral se darán características y definiciones para la creación e implementación de un programa de seguridad e higiene industrial que será la base del sistema de la planta de producción de lámina galvanizada.

2.2.1. Definición.

Higiene industrial: método científico que tiene por objeto conservar y mejorar la salud física de los trabajadores en relación inmediata con el trabajo desempeñado.

Seguridad Industrial: conjunto de conocimientos científicos de aplicación tecnológica que tiene por objeto evitar accidentes en el trabajo.

Seguridad e Higiene Industrial: es un conjunto de conocimientos y técnicas que se utilizan con el fin de evitar accidentes y conservar y mejorar la salud en el trabajo.

Cuando hablamos de un programa de seguridad e higiene industrial hablamos de un control o previsión de las causas de accidentes como lo son las condiciones inseguras, actos inseguros y factores personales del trabajador todo esto con el fin de la detección de la posible causa u origen de un accidente laboral.

Para poder trabajar en un programa de seguridad e higiene industrial es necesario saber cuales son las posibles causas del accidente, el cual podrían ser factores determinantes para impedir un accidente, para esto debemos tomar en cuenta que existen factores personales o factores del medio ambiente que enmarcan el hecho de que halla un accidente laboral.

Es necesario tener en cuenta que para que un programa de seguridad e higiene industrial sea eficiente necesitamos tener el conocimiento de los riesgos que hay en el lugar del trabajo tanto de los riesgos de accidentes como el riesgo a enfermedades ocupacionales, ya que de ello dependeremos para evitar que se sigan propiciando.

En resumen, se puede decir que un programa de seguridad e higiene industrial dentro de una empresa es tener el conocimiento de los procesos, acciones, causas, peligros, ambiente laboral y riesgos que puedan provocar un factor determinante para el deterioro de la salud y la vida del trabajador, todo,

esto con el fin de manipular la información para el bien de la empresa y el trabajador en conjunto.

Para que un sistema de seguridad e higiene industrial cumpla con la función de mejorar la calidad de vida y salud de trabajador se debe de tomar muy en cuenta al trabajador mismo, es necesario estudiar a esta persona, su puesto de trabajo, sus actos inseguros, el proceso en que trabaja y los riesgos que corre, todo esto sin duda para tener el conocimiento correcto de cómo atacar el problema desde la raíz. Lo que se quiere dejar claro es que un sistema de seguridad e higiene industrial se tiene que adaptar a las condiciones laborales del medio donde se va a implementar, teniendo prioridades para atacar los mayores problemas que hay y sabiendo que no todo lo que se desee hacer y se recomiende puede ser implementado por el simple hecho que el área de trabajo no lo permite, para ello hay que realizar modificaciones para áreas de trabajo adecuadas.

Es de mucha importancia saber que para la implementación de un sistema de seguridad e higiene industrial, es necesario valerse de técnicas administrativas que ayuden a desarrollar de una mejor manera el estudio del programa, también dejar claro que en el presente trabajo se utilizó la técnica 5 S como una herramienta de preparación para su estudio y su posterior implementación del programa de seguridad e higiene industrial.

La seguridad e higiene industrial en una empresa es muy importante no sólo por el bienestar del trabajador si no por los costos que implica no tener un sistema que disminuya los índices de accidentes laborales.

2.2.2. Código de colores y señalización.

El código de colores es un reglamento que trata sobre la identificación de colores y el significado de cada uno de ellos según su utilización dentro de una organización.

El código de colores es de mucha importancia dentro de un plan de seguridad de higiene industrial, es un factor determinante en la eliminación de accidentes ya que sirve como un indicador de advertencia y peligro. Un código de colores bien elaborado dentro de una empresa ayuda a estimular la conciencia del trabajador de una manera constante ante la presencia de riesgos que pone en alerta a la persona.

Las normas de seguridad que se refiere al código de colores se ha estandarizado mundialmente, con el fin de que todas las personas tengan el mismo entendimiento de las señalizaciones, no obstante queda a discreción de la empresa o institución el utilizar el código de colores a su conveniencia, es por eso que dentro de Aceros de Guatemala se implementó un propio código de colores que todos los departamentos deben de manejar, así todos estarán enterados del significado de determinada señalización, color o indicación.

En la tabla I de la página 17 se puede apreciar en forma resumida la simbología de cada color básico a utilizar dentro de un programa de seguridad e higiene industrial, además esta tabla incluye los colores que se deberán utilizar dentro del programa, cualquier otro color que se quiera aplicar para la señalización debe de ser reportado ante un comité de seguridad e higiene industrial para su estudio y posterior aprobación.

Código de colores:

Tabla I. **Código de colores. (Simbología.)**

CODIGO DE COLORES	
COLOR	SIMBOLOGIA.
Rojo	Peligro
Azul	Equipo de trabajo.
Verde.	Seguridad (zona libre, acceso sin peligro.)
Amarillo	Precaución (posibilidad de peligro.)
Anaranjado.	Alerta.
Blanco, gris y negro	Transito de peatones, orden y limpieza, Rótulos de información general.

Fuente: Aceros de Guatemala, S. A.

2.2.3. Aplicación.

La seguridad e higiene industrial como un sistema implementado ayuda a mejorar el desempeño del trabajador, aumentado el nivel de satisfacción por el trabajo que realiza; hay que considerar que un operario normal de planta dentro de Aceros de Guatemala trabaja un promedio de 12 horas diarias lo que significa que pasa la mayor parte del día dentro de la empresa y un lugar que carezca de higiene industrial baja los niveles de satisfacción laboral dando esto como resultado bajas en la eficiencia del trabajador.

La seguridad e higiene industrial es una de las áreas que en la actualidad es de gran importancia en el ámbito laboral, desempeña una parte vital para el buen desarrollo de las actividades del trabajador, protegiendo, previniendo, evitando y solventado cualquier accidente dentro de la empresa. La aplicación de un sistema de seguridad e higiene industrial se adapta a la actividad o desempeño que realice una empresa, es por eso que es tan grande,

pero existen normas que marcan parámetros a los cuales se deben de adaptar un sistema de seguridad e higiene industrial como son las normas **OSHA**. Para mayor información visitar la página Web. www.osha.com

Dentro de la planta de producción los puntos críticos para la aplicación de un sistema de seguridad e higiene industrial son los que se muestran a continuación.

- Condiciones inseguras.
- Higiene, orden y limpieza.
- Manejo de los materiales (químicos de producción)
- Agentes contaminantes en la planta.
- Enfermedades ocupacionales
- Señalización y código de colores.
- Equipo de seguridad.
- Programa contra accidentes.
- Programa de protección respiratoria
- Programa contra incendios.
- Normas y leyes

En el capítulo III, de este documento se profundiza cada uno de los puntos antes mencionados, como puntos críticos para el estudio del programa de seguridad e higiene industrial.

2.2.4. Ventajas de su aplicación

La aplicación de un sistema de seguridad e higiene industrial dentro de una organización ayuda a mejorar la calidad de vida del trabajador, permitiendo que este desempeñe de una mejor manera sus actividades laborales; dentro de las

ventajas que podremos encontrar en un sistema de seguridad e higiene industrial bien implementada están las siguientes:

- Áreas bien definidas y ubicadas
- Orden y limpieza
- Indicadores de peligro
- Mejoramiento de las instalaciones
- Equipos de protección
- Reducción de accidentes y tiempos muertos.
- Mejoramiento de productividad y eficiencia.
- Reducción de costos por accidentes.
- Programas de salud.
- Programas de capacitación
- Manuales de procedimientos
- Satisfacción laboral.
- Motivación laboral.
- Medicina del trabajo.
- Medicina preventiva.
- Comité de seguridad e higiene industrial.

Es importante que el trabajador se adapte a todas las normas y leyes que se imponga en el sistema de seguridad e higiene industrial, ya que es la única manera en que podrá salir beneficiado.

2.3. Mantenimiento de equipo

Mantenimiento es la serie de pasos que se deben realizar en un determinado equipo o maquinaria con el objetivo de mantenerlo en un nivel

óptimo y adecuado para el buen funcionamiento por el cual fue creado. Existen tres clases de mantenimiento:

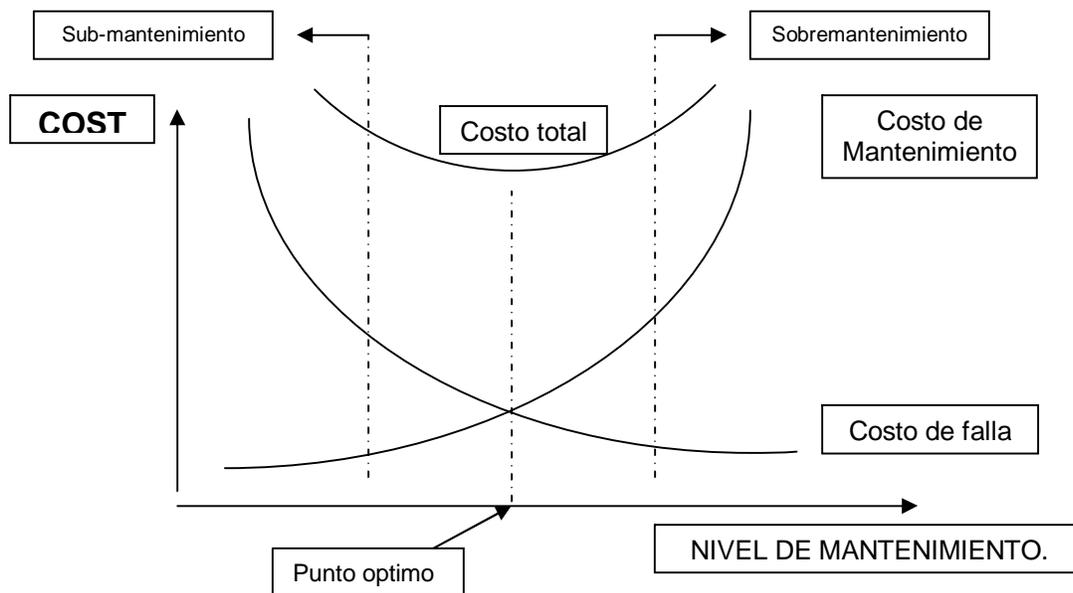
1. Mantenimiento Correctivo
2. Mantenimiento Preventivo
3. Mantenimiento Predictivo

Para efectos de estudio de este trabajo únicamente se tomaran en cuenta los dos primeros; mantenimiento correctivo y preventivo

Cualquier clase de mantenimiento tanto correctivo o preventivo produce un costo; un costo que puede ser excesivamente elevado como también moderado, el costo generado para el mantenimiento de cualquier maquinaria requiere de mano de obra, suministros, repuestos o equipos que se tengan que utilizar para que la maquinaria trabaje en niveles óptimos, para un mejor entendimiento de esto es necesario ver la *figura 2. Gráfico del costo de mantenimiento Pág. (22)*, en esta gráfica se puede ver que a mayor nivel de mantenimiento, el costo probable de una falla se reduce considerablemente, ésta gráfica también muestra que al haber un sobremantenimiento del equipo los costos de mantenimiento se elevan y que si existe un sub-mantenimiento el costo probable de falla se eleva, lo que afectaría al costo total de mantenimiento.

Es muy recomendable encontrar un punto óptimo en donde los costos de mantenimiento y costos de fallas permanezcan estables y no afecten el costo total y esto únicamente se logrará conociendo perfectamente el sistema en que se trabaja.

Figura 2. **Gráfico del costo de mantenimiento.**



Fuente: Productividad en el mantenimiento industrial. Enrique Dounce Villanueva. Pág. 129.

2.3.1. Mantenimiento correctivo

Se encarga de la reparación del equipo o maquinaria que se ha deteriorado o descompuesto, éste tiene la característica de darse cuando la maquinaria ha dejado de funcionar o falla, lo que quiere decir que la maquinaria indica cuando debe de hacerse mantenimiento, para este tipo de mantenimiento es necesario identificar las causas por las cuales ha fallado, evaluar las alternativas de la reparación, emplear la alternativa más conveniente y guardar información recaudada, el mantenimiento correctivo es el que generalmente se utiliza en las pequeñas y medianas empresas ya que no requiere de inversión para su implementación, es conveniente que este tipo de mantenimiento sea estudiado en el lugar donde se le aplica y determinar si la utilidad de éste, ya que provoca muchas desventajas en relación con los otros tipos de mantenimiento existentes.

2.3.1.1. Ventajas y desventajas

Ventajas:

- No requiere de equipo sofisticado para su implementación
- Hay épocas que la maquinaria no presenta fallas, por lo que el trabajo de mantenimiento es mínimo

Desventajas:

- Falla de maquinaria imprevista
- Reparación de maquinaria no programada
- Tiempo de reparación largo
- Inventarios: al momento de fallar la máquina pueden no haber repuestos o haber demasiados repuestos en almacenaje, lo que resulta muy costoso
- El mantenimiento correctivo requiere de mayor cantidad de personal.
- Cuando falla la maquina el repuesto casi siempre no esta, por lo que habría que hacer un pedido, lo cual ocasiona una pérdida de tiempo, esto incurre en más gastos para el mantenimiento correctivo
- El tener una máquina deteriorada en funcionamiento provoca riesgos para el operario y para la maquinaria y puede causar algún tipo de accidente
- Por los desajustes de la máquina o maquinaria la calidad del producto es cada vez menor
- Los desgastes producidos por no dar mantenimientos periódicos, provocan desgaste que producen incidencias a fallas grandes y que posteriormente se vuelven más costosas.

2.3.1.2 Aplicaciones

En la actualidad el mantenimiento correctivo es uno de los mantenimientos que más se utiliza en las medianas y pequeñas empresas, incluso en algunas grandes empresas, ya que por la falta de conocimiento, técnicas, equipos ya existentes y por el costumbrismo de personal antiguo no es posible la implementación de mantenimientos preventivos y predictivos

2.3.2. Mantenimiento Preventivo

Esta clase de mantenimiento trata de prevenir fallas que se pudieran ocasionar por el continuo funcionamiento de la máquina, se basa en la realización de inspecciones periódicas programadas para identificar cuales son los problemas que tiene la maquinaria y tratar de solucionarlos antes de que ésta llegue a fallar. Las revisiones o inspecciones programadas pueden tener o no tener como resultado una tarea correctiva o de cambio, pero estas por lo general necesitan de un menor tiempo y se pueden programar con eficacia buscando el tiempo indicado para que no afecte la producción de ésta.

Este sistema se basa en que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y conforme se trabaja la maquinaria, por lo cual es necesario prestarles el servicio para garantizar su buen funcionamiento, este servicio se hace mediante un programa de actividades (revisiones, buena lubricación, ajustes, etc.), previamente establecido, con el fin de prevenir la presencia de fallas en la maquinaria, instalaciones y equipos. Las actividades que comprenden un programa de mantenimiento son: operaciones de lubricación y limpieza, revisiones preventivas y correcciones programadas.

Las revisiones preventivas tienen el fin de recopilar información del estado de las partes de la maquinaria, instalaciones y equipo para detectar las posibles fallas, esta información se utiliza para poder programar el paro para la reparación de ésta sin que afecte la producción.

2.3.2.1 Ventajas y desventajas

Ventajas:

- El equipo se conserva en óptimas condiciones.
- El mantenimiento correctivo se reduce considerablemente.
- Al reducirse la improductividad de los equipos, los costos por máquina se reducen también.
- Para la reparación programada de un equipo o maquinaria se tendrán disponible todo lo necesario.
- Se puede programar el trabajo del personal de mantenimiento.
- Después de implementado el sistema, los tiempos muertos se reducen
- Se puede establecer índices para los costos de mantenimiento.
- Se pueden eliminar fallas periódicas.
- Se previenen daños mayores a la maquinaria.
- Da la oportunidad de establecer un Stock de repuestos ideal para el mantenimiento.
- Satisfacción laboral de quienes realizan el mantenimiento.

Desventajas:

- La implementación del sistema eleva los costos de mantenimiento, debido a que en las primeras revisiones se encuentran muchas fallas que deben corregirse para dejar todo en condiciones óptimas.

- La implementación del sistema aumenta el consumo de repuestos inicialmente.
- La implementación del sistema aumenta los tiempos de paradas.
- Costo inicial alto.
- Si el mantenimiento preventivo es excesivo se produce un Sobremantenimiento lo que produce incremento en los costos.

2.3.2.2. Aplicaciones

El mantenimiento preventivo es uno de los más utilizados en la actualidad por grandes y algunas medianas empresas, su aplicación se realiza mediante un programa de actividades establecidas, que son el producto de un estudio de la maquinaria.

La aplicación de un sistema de mantenimiento preventivo se basa en las siguientes actividades:

- Operaciones de lubricación y limpieza del equipo
- Revisiones preventivas
- Correcciones programadas
- Informes del mantenimiento

Existe en la actualidad muchas formas de prevenir la falla de una máquina por medio del mantenimiento preventivo hay algunas que necesitan de equipo especial para su funcionamiento y otras que no lo necesita; a continuación se presentaran una lista de actividades que se pueden aplicar a un mantenimiento preventivo:

- Actividades de lubricaciones periódicas

- Toma de temperaturas a motores y equipo que tiendan a deteriorarse por un sobrecalentamiento
- Mantenimiento preventivo de motores
- Programas de engrase de motores
- Medición de ohmios a motores
- Programas de cambio de aceite
- Análisis de aceite periódico a equipos que utilicen engranajes y transmitan fuerzas grandes a altas velocidades
- Programas de revisiones de la maquinaria en puntos críticos
- Mantenimientos periódicos de maquinarias (limpieza, inspección de cojinetes, acoples, fajas, ejes, etc.)
- Programación de vida útil de rodamientos
- Implementación de repuestos ideal
- Programación de mantenimientos correctivos
- Realización de informes periódicos

Es importante tener claro que la mayoría de empresas trabajan por medio de producciones continuas y un paro de la maquinaria por falta de mantenimiento implica pérdida de dinero, razón por la cual la maquinaria debe estar en óptimas condiciones y se debe tener la seguridad que el equipo no va a fallar, desde luego el mantenimiento preventivo requiere de inversión; aquí es donde se encuentra el mayor de los problemas; muchas veces no es posible utilizar cierto equipo por la falta de recursos ya que el mantenimiento preventivo y predictivo tienen poca credibilidad por no tener una forma tangible de retornar inversiones.

Un programa de mantenimiento preventivo requiere de la disposición entera del departamento de mantenimiento, se debe tener en mente que los beneficios serán para el propio departamento y que se verán a largo plazo.

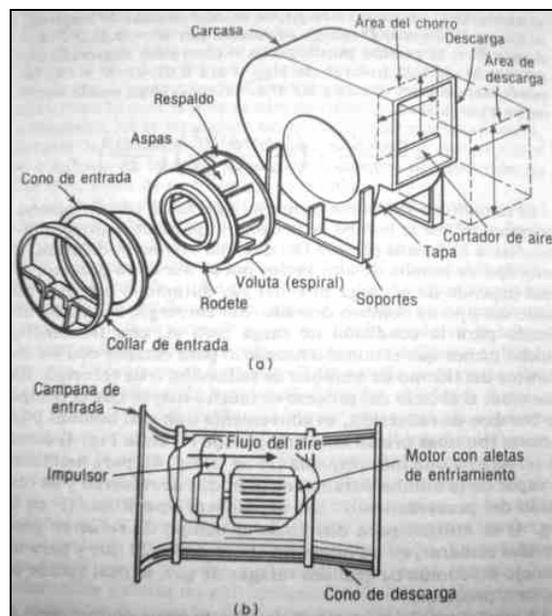
2.4. Turbos de aire

En la actualidad los procesos industriales requieren de maquinas o elementos que proporcionen energía, potencia, presión o caudal de aire como los proporcionan los turbos de aire, a continuación se presenta la teoría de estos elementos que son tan utilizados en la industrial moderna.

2.4.1. Definición

Son elementos industriales que generan un flujo de aire por medio de aspas rotativas, estos también son llamados ventiladores industriales, constan de una carcasa estacionaria que en su interior tiene un rodete giratorio que es el encargado de producir el flujo de aire ya sea hacia dentro o hacia fuera. En la figura 3 se puede apreciar un turbo o ventilador de aire centrífugo y axial, con cada una de las partes que lo conforma.

Figura 3. Elementos y terminología de un ventilador centrífugo y axial.



Fuente: Manual de Ingeniero Mecánico. Pág. 14-50.

2.4.2. Clasificación

Los turbos de aire se clasifican por la naturaleza del flujo que pasa a través de las aspas del rodete, por esto los rodetes o impulsores de aire se pueden clasificar en:

- Flujo radial
- De flujo axial
- Flujo mixto
- Flujo transversal

Los turbos o ventiladores centrífugos y los tubulares centrífugos utilizan el rodete de flujo radial y son los utilizados en la planta de lámina galvanizada de Aceros de Guatemala, este tipo de ventiladores industriales se caracterizan por la forma de espiral o caracol de su carcasa como se puede ver la figura 3. (a) Pág. 28, el flujo de este tipo de turbos entra en la carcasa en forma axial y sale en forma tangencial. El turbo tubular centrífugo se caracteriza por tener la carcasa en forma de tubo por lo que el flujo de aire entra a la carcasa en forma axial al rodete y sale en la misma forma axial. Una característica importante que hay que destacar en los turbos o ventiladores industriales centrífugos es que una porción grande de energía que es transferida por al aire por una máquina de flujo radial es en forma de energía potencial, debido a la acción centrífuga, es por eso su nombre de ventilador centrífugo. La capacidad para desarrollar presión de un ventilador de flujo radial depende de las características de las aspas, como son su longitud o altura, velocidad en la punta y ángulo. Los turbos o ventiladores centrífugos tiene varios tipos de aspas o álabes, las aspas con curvatura leve hacia delante, la punta y el talón apuntan en el sentido de la rotación, las aspas radiales y las de punta radial, son radiales en la punta con la característica de que la última aspa está curvada

del talón en tal forma que apunta en sentido de la rotación, las aspas curvadas hacia atrás, estas señalan en sentido contrario a la rotación y las paletas de perfil aerodinámico, el rodete en todas la formas de aspas esta cubierto y puede ser de entrada sencilla o doble. Los ángulos en la punta de las aspas pueden variar pero los ángulos en el talón deberán minimizar las pérdidas en la entrada.

Los Turbos o ventiladores de aire de flujo axial se caracterizan por la forma de su carcasa que en forma cilíndrica, como se muestra en la figura 3 (b) pág. 28; estos pueden montarse dentro de un anillo o marco montaje, o panel. Es importante mencionar que la mayor parte de la energía trasferida al aire por las máquinas de flujo axial es en forma de energía cinética y que la transformación de la energía que realiza un ventilador de hélices es muy pequeña, por lo cual tiene baja capacidad para general presión, los ventiladores de flujo axial pueden generar alta presión pero dependen de la velocidad de la punta del rodete o impulsor y el ángulo de las aspas (ventiladores veno-axiales). Los ventiladores de tipo axial usan álabes o aspas con una sección ya sea de perfil aerodinámico o de espesor uniforme, la disposición de los álabes puede ser fija, ajustable en reposo o variable en operación.

Los rodetes de flujo mixto tienen la característica de poder utilizar carcasa o envolvente de tipo axial como del tipo espiral, se les denomina de flujo mixto ya que en las aspas del rodete puede existir ya sea un flujo axial o uno radial. Los impulsores de flujo mixto que se utilizan en los ventiladores de carcasa en espiral tienen sus aspas de tal forma que producen una guía axial en la parte de la entrada y una guía radial en la parte de descarga de las mismas.

Los rodetes de flujo transversal, tienen la característica de que el aire pasa dos veces a través de sus aspas, entrado a la punta del aspa, pasa a través del rodete y sale por el extremo opuesto, las carcasas de este tipo de turbos o ventiladores son especiales, se diseñan para obtener un flujo transversal, este tipo de turbos también se les conoce como ventiladores tangenciales o como ventiladores de flujo cruzado. La potencia que general de este tipo de turbos es bajo y dependen de que forme un remolino cuando el aire sale del mismo. Estos ventiladores utilizan rodetes especiales con arreglos y similares a los rodetes de los ventiladores centrífugos con curvas hacia delante, pero con la diferencia de que la cubierta o tapa no tiene agujero de entrada.

2.4.3. Utilidades

Los turbos o ventiladores industriales son muy utilizados en las industrias para la extracción, introducción o inducción y recirculación del aire en procesos industriales, éste tipo de ventiladores son de fácil adaptabilidad a sistemas de producción, pueden generar presiones grandes y bajas dependiendo de su capacidad y características de operación.

Los ventiladores industriales centrífugos y axiales son utilizados para alimentar los procesos industriales por medio de ductos o tuberías que canalizan el aire generado, se pueden utilizar como ventiladores enfriadores para equipo electrónico, pueden ser utilizados para crear un flujo de salida para gases de escape de hornos (tiro forzado), para introducción de aire a quemadores de combustión y muchas utilidades más pero realmente lo que va a determinar el tipo y tamaño de ventilador que debe utilizarse son las consideraciones económicas y funcionales del sistema requerido.

Los sistemas de tiro mecánico pueden utilizar cualquier tipo de ventilador que cumpla con las características del sistema, los turbos o ventiladores centrífugos se emplean ya sea para tiro forzado o tiro inducido, los ventiladores centrífugos de tiro forzado tienen aspas de perfil aerodinámico y pueden ser regulados por medio de velocidad variable, pero es mejor la utilización de venas variables o compuertas que permitan la entrada del flujo de aire. Todos los ventiladores centrífugos son de acoplamiento o transmisión directa y tienen los cojinetes montados sobre pedestales independientes, los cojinetes tipo chumacera son los más utilizados para esta función. Los ventiladores axiales de paso fijo son comúnmente utilizados para tiro inducido y son controlados por venas variables de entrada, utilizan cojinetes antifricciones o de manguito. Los turbos o ventiladores industriales se han vuelto una manera fácil, económica y eficiente de distribuir el aire para su utilización en diferentes funciones laborales, de allí radica su importancia y utilidad.

2.5. Compresores

En la actualidad los compresores desarrollan una parte fundamental en la industria, ya que por medio de ellos es posible utilizar aire comprimido para procesos automatizados que simplifican el desarrollo del trabajo y disminuyen los costos de operación. El aire comprimido es una de las herramientas más utilizadas por su limpieza, rapidez y eficiencia y gracias a los compresores es posible el aprovechamiento de este tipo de energía.

2.5.1. Definición

Los compresores de aire son máquinas industriales que se encargan de transformar el aire en una fuente energía que se utiliza para hacer funcionar algunos procesos industriales, esta energía es llamada aire comprimido y cada

vez es más utilizada en las industrias para la automatización de sistemas, el aire puede ser comprimido y elevado a diferentes presiones para realizar diferentes trabajos en la industria, pero una característica singular de los sistemas que utilizan aire comprimido es que su forma de operación o accionamiento es rápida, limpia y comparada con otros sistemas no requiere de mucha fuerza.

2.5.2. Clasificación

Los compresores se agrupan en dos grandes ramas: máquinas de desplazamiento positivo y máquinas dinámicas. En los compresores de desplazamiento positivo predominan los del tipo émbolo de movimiento alternativo y están diseñados para capacidades desde 30 a 15,000 pies cúbicos por minuto y presiones hasta 50,000 libras por pulgada cuadrada, los compresores de desplazamiento positivo se clasifican en varios tipos de compresores rotatorios tales como el de lóbulos múltiples, el de tornillo, el de paletas deslizantes y el de anillos de cierre o sellado líquido. El compresor de émbolo tiene uno o más cilindros en los cuales hay un pistón o émbolo de movimiento alternativo que desplaza un volumen positivo en cada carrera. Los rotatorios incluyen los tipos de lóbulos, espiral, aspas o paletas y anillo de líquido. Cada uno con una carcasa, o con más elementos rotatorios que se acoplan entre sí, como los lóbulos o las espirales, o desplazan un volumen fijo en cada rotación.

Las máquinas rotodinámicas dependen de la velocidad del impulsor para que este desarrolle el momento necesario para el aumento de presión del gas. En los compresores de este tipo sobresalen los centrífugos, que tienen una potencia desde 100 HP hasta 20000 HP, regularmente utilizados para unidades de refrigeración y unidades pesadas que manejan productos químicos con

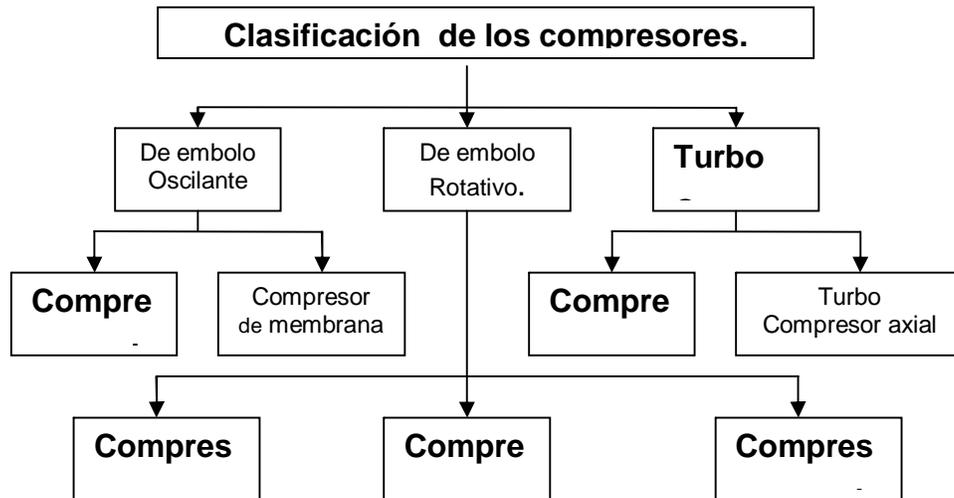
volúmenes altos de hasta 200,000 pies cúbicos por minutos, su construcción sencilla, libre de mantenimiento permite un funcionamiento continuo durante largos períodos.

Para manejo de volúmenes grandes se utilizan compresores axiales de flujo estable de múltiple pasos que regularmente son utilizados para aviación y propulsión a chorro, a este tipo de compresores también se les denomina turbo compresores. En estos compresores, el flujo del gas es paralelo al eje o al árbol del compresor y no cambia de sentido como en los centrífugos de flujo radial. La carga por etapa del axial es mucho menor (menos de la mitad) que la de un tipo centrífugo, por ello, la mayor parte de los axiales son de cierto número de etapas en serie. Cada etapa consta de aspas rotatorias y fijas. En un diseño de reacción de 50 %, la mitad del aumento de la presión ocurre en las aspas del rotor, y el otro 50 % en las del estator. Los compresores de desplazamiento positivo trabajan con el principio de admisión de aire en un recinto hermético, donde se reduce el volumen y luego éste es desplazado para el funcionamiento de un elemento de trabajo.

Los compresores dinámicos, trabaja según el principio de dinámica de fluidos, el aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa. *En la figura 4*, se pueden apreciar los diferentes tipos de compresores de desplazamiento positivo y compresores dinámicos y en la tabla II., Pág. 35, sus capacidades de presión y caudal.

El compresor utilizado para la operación de corte de la lámina en la producción de la lámina galvanizada en Aceros de Guatemala es un compresor de tornillo helicoidal, las características de presión y caudal generados se pueden apreciar en la Tabla II. de la página 35.

Figura 4. Clasificación de los compresores.



Fuente: Catalogo de neumática. INTECAP.

Tabla II. Presión y caudal de los diferentes tipos de compresores.

PRESION Y CAUDAL DE LOS DIFERENTES TIPOS DE COMPRESORES		
TIPO DE COMPRESOR	PRESIÓN	CAUDAL
Compresor de embolo oscilante - De una etapa - De dos etapas - De tres etapas	Presión máxima = 5 bar. Presión máxima = 15 bar. P.Max.=15 bar. en adelante	Q = 150 a 25,000 m³/h
Compresor de embolo de membrana	P = 1 a 1000 bares	Q = 150 a 20,300 m³/h
Compresor de embolo rotativo multicelular	P = 0.15 a 9 bar.	Q = 250 a 10,300 m³/h
Compresor de tornillo helicoidal	P = 0.50 a 25 bar.	Q = 800 a 50,000 m³/h
Compresor de Lóbulos o Roots	P = 0.15 a 9 bar.	Q = 250 a 10,000 m³/h
Compresor Radial (Centrífugo)	P = 0.50 a 300 bar.	Q = 300 a 20,000 m³/h
Compresor Axial.	P = 0.70 a 4.5 bar.	Q=60,000 a 450,000 m³/h

Fuente: Manual del ingeniero mecánico. Pág. 14-30 a 14-32

2.5.3. Utilidades

Los compresores son los encargados de la producción de aire comprimido y por lo tanto sus utilidades y aplicaciones son inmensas, ésta abarca desde aire acondicionado hasta sistemas complejos de automatización de procesos industriales, gracias a que el aire comprimido se puede acumular fácilmente, soporta temperaturas extremas, es a prueba de explosiones, es rápido, es muy limpio para trabajar, puede ser transportado fácilmente y el aire está disponible en todas partes y en cantidades ilimitadas, su campo de trabajo se ha ampliado en últimos años hasta el punto de ser indispensable en algunos procesos industriales.

Los compresores de embolo son utilizados para comprimir a baja, media y alta presión y son utilizados en algunos tipos de sistemas de aire acondicionado.

Los compresores de membrana son utilizados para industrias alimenticias, farmacéuticas, químicas y para trabajos arquitectónicos con el aerógrafo.

Los compresores de tornillo son los más utilizados en la industria actualmente, son capaces de generar gran cantidad de caudal *tabla II, Pág. 35*, no ocupan mucho espacio físico y son muy eficientes lo que conlleva a un ahorro de energía considerable de hasta 9,600.00 dólares por 1000 cfm, el costo inicial de estos compresores es alto, pero gracias a sus características la inversión es retornable rápidamente. Los turbo compresores de tipo axial son utilizados en camiones de alto desempeño y en turbinas de aviones (jet)

En general, los compresores pueden ser utilizados para la operación de máquinas y herramientas, taladrar, pintar, soplar hollín, en transportadores

neumáticos, en la preparación de alimentos, en la operación de instrumentos y para operaciones en el sitio de uso (por ejemplo, combustión subterránea) las presiones van desde 25 psig (172 kpa) hasta 60000 psig. (413,8 kpa). El empleo más frecuente es a presión de 90 a 110 psig, que son los límites de la presión normal en casi todas las fábricas. Los compresores para gas se emplean para refrigeración, acondicionamiento de aire, calefacción, transporte por tuberías, acopio de gas natural, craqueo - catalítico, polimerización y en otros procesos químicos.

3. SITUACIÓN ACTUAL.

A finales de los años sesenta Aceros de Guatemala adquirió una línea para la producción de lámina galvanizada y hasta la fecha sigue siendo la misma, por la falta de tecnología de punta en procesos de galvanización, son necesarias etapas como: el corte, limpieza, recubrimiento de zinc (galvanizado) por inmersión, sellado y corrugado, donde en algunas de estas etapas son necesarios compuestos químicos como; ácido clorhídrico, amonio, azufre, ácido crómico, desengrasante, plomo, estaño y zinc, todos ellos de mucha importancia en la producción y calidad de la lámina, como consecuencia el trabajar con estos químicos provocan muchos riesgos, ya que son de alto grado de peligrosidad para la salud del trabajador.

3.1 Etapas del proceso de producción que generan mayores riesgos

Las etapas del proceso de producción de lámina galvanizada que generan mayor riesgo son:

- Limpieza de la lámina.
 - Recubrimiento de zinc (galvanización).
 - Sellado.
-
- **Limpieza de la lámina:**

La limpieza de la lámina (M.P.), se realiza por medio de 5 depósitos o tanques que almacenan diversos productos como desengrasante químico, agua y ácido clorhídrico a diferentes concentraciones en el proceso de

producción. Estos químicos se encargan de eliminar todas las impurezas que trae la materia prima, tales como emulsificante, polvo, grafito y oxido.

El trabajar con desengrasante químico y ácido clorhídrico facilitan la limpieza de la materia prima y permiten que ésta se prepare de una forma correcta para la adherencia del zinc, pero por ser productos altamente corrosivos y reactivos provocan vapores que perjudican a la salud del trabajador.

La etapa de limpieza de la materia prima es de mucha importancia para el proceso, ya que antes de la etapa de galvanización o adherencia del zinc la lámina debe de estar libre de impurezas para permitir que se efectúe un buen recubrimiento de zinc en el producto.

Para que la limpieza de la lámina como materia prima sea correctamente preparada es necesario que en el proceso de limpieza se utilicen los siguientes químicos:

- Desengrasante
- Ácido Clorhídrico.

Como se puede observar en la Figura 5, Pág. 41, los 5 tanques que se utilizan para limpieza de la materia prima son continuos y constan de rodillos que sumergen la lámina para una mejor limpieza.

Cada uno de los tanques contiene desengrasante químico, agua o ácido clorhídrico y en la tabla III. De la página 41, se encuentra el orden en que se efectúa el proceso de limpieza de la materia prima.

Figura 5. Tanques del proceso de limpieza.



Fuente: Fotografía. Tanques de limpieza. Proceso de galvanización. AGSA.

Tabla III. Productos utilizados para la limpieza de la M.P.

No. de tanque.	Producto que almacena.
1	Desengrasante
2	Agua caliente.
3	Ácido Clorhídrico.
4	Ácido Clorhídrico.
5	Ácido Clorhídrico.

La función del desengrasante como primer tanque de limpieza dentro del proceso de producción; es el de limpiar la materia prima de impurezas como el polvo, grafito y aceite (emulsificante). Este se deposita en un tanque a una concentración del 2 – 4 onz/gal y a una temperatura que oscila entre 70 y 90 grados centígrados, lo que provoca vapores hacia el área de trabajo.

La función del ácido clorhídrico es eliminar óxido existente en la materia prima, al igual que prepararla para la siguiente etapa que es la adherencia del zinc, para esto es necesario utilizar 3 ó 4 tanques de ácido a diferentes concentraciones y se muestran en la tabla IV. Las concentraciones en cada tanque pueden variar según sea la cantidad de óxido que traiga la M.P.

Tabla IV. **Concentraciones del Ácido Clorhídrico.**

TANQUE	Concentración.	Temperatura °C
1	18 % de pureza	Ambiente (30 ° C)
2	20 % de pureza	Ambiente (30 °C)
3	30 % de pureza	Ambiente (30 °C)

Actualmente este producto es suministrado a una pureza del 34 %.

- **Recubrimiento de zinc (Galvanización)**

La etapa de galvanización o recubrimiento de zinc, es sin duda la más importante del proceso de producción de la lámina galvanizada, ésta se lleva a cabo por medio de la inmersión de la lámina a una olla que contiene zinc, plomo y estaño a una temperatura de 450 a 475 grados centígrados. El plomo por sus características cumple la función de un protector de la olla depositándose en la parte inferior, el estaño se mezcla con el zinc para adherirse a la lámina y darle una mejor apariencia de brillo y acabado. En esta etapa también se utiliza azufre, agregado en forma de humo por medio de un conducto que le rocía a la lámina después del proceso de inmersión y el amonio o zaclon en un producto que se utiliza para reducción de escoria en el zinc. Los productos utilizados en ésta etapa se pueden observar en la tabla V. Pág. 43.

La galvanización de lámina por inmersión es un proceso bastante rudimentario pero muy eficiente, este tiene la característica de dar un mayor recubrimiento de zinc que procesos actuales, ya que depende únicamente del tiempo que la lámina permanezca sumergida, el estaño y azufre le dan una apariencia de brillo que beneficia a la calidad del producto, pero todos estos productos que benefician al proceso de producción son nocivos para el trabajador, ya que de ellos se desprenden humos que son inhalados por el operario.

Tabla V. **Productos utilizados en la etapa de recubrimiento de zinc.**

PRODUCTOS
Zinc
Plomo
Estaño
Azufre
Amonio o Zaclon

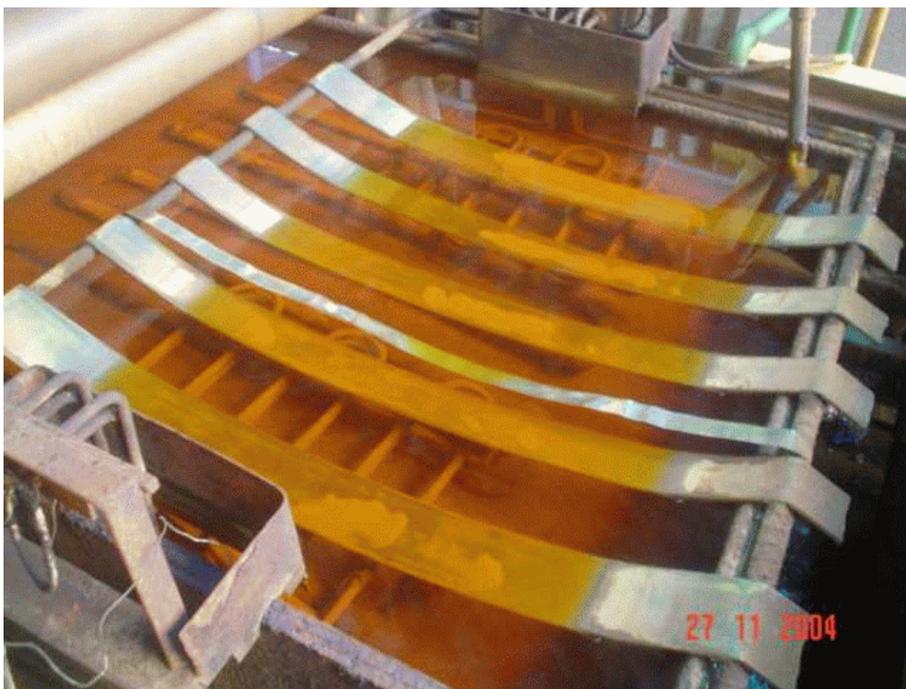
- **Etapas de sellado**

Esta etapa es la encargada de darle el acabado final a la lámina, protegiéndola y dándole el brillo final, la etapa de sellado de la lámina se realiza por medio de la inmersión de la lámina ya galvanizada en un tanque que contiene ácido crómico a una concentración entre (1 – 1.2 gr/lts) (figura 6) con una temperatura que oscila entre 70 y 80 °C, este por su temperatura de operación, provoca vapores nocivos hacia el área de trabajo.

La etapa de sellado tiene mucha importancia en el acabado final de la lámina ya que no permite que los agentes externos como agua ataquen directamente

al zinc adherido, dándole mayor durabilidad, pero la utilización de este ácido provoca vapores que pueden ser muy nocivos en largos períodos de exposición y puede provocar células cancerígenas.

Figura 6. **Tanque de ácido crómico en la etapa de sellado**



Fuente: Fotografía. Tanque de ácido crómico. Etapa de sellado. Proceso de Galvanización. AGSA.

3.2. Riesgos que corren el personal de producción, según su puesto de trabajo

Para comprender de una mejor forma los riesgos que corren el personal de toda la planta es necesario conocer las diversas actividades que realizan el personal de planta, es por eso que se presenta a continuación una descripción de los puestos de trabajo.

3.2.1. Descripción de puestos

El personal que integra la planta para el proceso de producción de lámina galvanizada es el siguiente: tiene a 1 jefe de planta, 1 asistente, 1 mecánico, 1 soldador, 2 jefes de corte de la lámina, 4 horneros (que son jefes de turno), 2 jefes de corrugadora y 11 ayudantes.

- **Jefe de planta**

El jefe de planta tiene a su cargo la administración y coordinación de la planta y del personal de producción con el fin de maximizar los recursos que tiene a su mano y controlar los índices de productividad de la lámina galvanizada, supervisa la producción de la lámina y por su alta experiencia tiene la capacidad controlar el proceso.

- **Asistente**

Es el encargado de llevar el control de los insumos de la producción al igual que llevar el control de los cierres de producción de lámina galvanizada lisa y acanalada diariamente. Lleva los registros de todo el producto terminado, cuantos pies de producción salió al día, cuantas láminas fueron producidas y cuanto se despacho a la bodega.

- **Conserje**

Tiene a su cargo la limpieza de toda la nave de producción y lleva papelería como requisiciones de compra o solicitudes de material para bodega.

- **Mecánico**

El mecánico es el encargado de dar el mantenimiento preventivo y correctivo a toda la maquinaria de producción. Entre las actividades que éste tiene se podrían mencionar las siguientes: mantenimiento del extractor de humos, de cortadora y corrugadora, cambio de cojinetes en toda la línea de producción, cambio de rodillos que se utilizan en el proceso de producción, cambio de acoples, chumaceras, fajas, cadenas, montajes y desmontajes de maquinaria, reparación de tubería de agua, vapor y petróleo y cualquier reparación que tenga que ver con el proceso de producción.

- **Soldador**

Son los encargados de cualquier reparación que necesite de soldadura dentro del proceso de producción, igual diseña y construye modificaciones que se le hacen a la planta y algunas etapas del proceso, es por eso que su puesto de trabajo varía dependiendo del problema que halla que solucionar.

- **Jefes de corte**

Son los encargados de controlar el corte de la lámina, para el corte de la M.P, (rollos de lámina sin galvanizar), se utiliza una máquina encargada de desenrollar los rollos y otra para hacer el corte por medio de cuchillas que son accionadas por un sistema electro-neumático y que le dan la medida de 6 hasta 12 pies de largo, la lámina es arrastrada hacia las cuchillas de corte por medio de rodillos que son accionados por acoples y cadenas, al ser cortada la lámina hay una persona encargada (ayudante) de apilar la lámina para que posteriormente pase a la etapa de limpieza.

- **Horneros**

Son los encargados de supervisar junto con un ayudante el horno de galvanización, niveles de zinc, plomo, estaño, amonio o Zaclon y azufre, al igual que la temperatura del mismo, trabajan con líquidos que se mantiene a altas temperaturas de hasta 480 °C, como el zinc, plomo y estaño, cualquier problema que halla de recubrimiento de zinc en la lámina, lámina trabadas, rodillos malos, ellos son los encargados de solucionarlo, también controlan los niveles de los tanques de ácido clorhídrico y desengrasante químico, son lo encargados de controlar el horno de combustión de bunker.

- **Jefes de corrugadora**

Son los encargados junto con 4 ayudantes de acanalar la lámina ya galvanizada y apilarla para su posterior despacho a bodega, esta etapa del proceso se realiza por medio de una máquina que tiene dos rodillos con canales que giran conjuntamente arrastrando la lámina hacia adentro de ellos y les va dando la forma de canal por medio de la presión que ejercen.

- **Ayudantes**

Los ayudantes tienen asignados su puesto de trabajo como ayudantes de jefes de corte, ayudantes de horneros y ayudantes de jefes de corrugación de lámina, por lo que realizan las mismas actividades que los cortadores de lámina, horneros y corrugadotes.

Los riesgos a los que están expuestos el personal de la planta de lámina galvanizada según su puesto de trabajo se pueden apreciar en la tabla VI.
Página 48.

Tabla VI. Riesgos según puestos de trabajo.

PUESTO	ACTIVIDADES	RIESGOS
- Jefe de planta	-Maximizar los recursos -Controlar los índices de productividad -Supervisar y controlar el proceso de producción	-Laceraciones -Quebraduras -Golpes -Quemaduras por químicos -Intoxicación por humos -Muerte
- Asistente	-Controla los insumos de producción -Controla la producción diaria -Asiste al jefe de planta cuando no esta	-Laceraciones -Golpes -Quebraduras -Muerte
- Conserje	- Limpieza general de la planta	-Laceraciones -Golpes -Quebraduras -Muerte
- Mecánicos	- Mantenimiento general de toda la línea de producción y equipo industrial	-Laceraciones -Golpes -Quemaduras -Intoxicación por humos -Muerte
- Soldador	- Reparación de equipo industrial cuando sea referente a herrería	-Quemaduras -Intoxicación por humos -Pérdida de la vista -Explosiones -Muerte
- Jefes de corte	- Controlan el corte de la lámina antes de entrar el proceso de limpieza y galvanización	-Laceraciones -Pérdida de miembros -Quebraduras -Muerte
- Jefes de hornos	- Controlan el nivel de zinc, plomo, estaño amonio o zalcón y azufre. - Son responsables de el funcionamiento de los quemadores del horno - Controlas los niveles y concentraciones de los tanques de ácido clorhídrico, y desengrasante químico.	-Quemaduras por altas temperaturas y químicos -Explosiones -Intoxicación por humos -Pérdida de la vista -Muerte
- Jefes de corrugación	- Le dan la forma acanalada a la lámina - Cuentan la producción de lámina - Clasifican la lámina como buena o mala	-Laceraciones -Pérdidas de miembros -Quebraduras -Muerte

Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

3.3. Condiciones inseguras

La planta de lámina galvanizada actualmente tiene dos líneas de producción, esto hace que el espacio libre sea mínimo, casi todo el espacio que no tiene destinada una máquina es utilizada como espacio para motores, campanas, turbos, rodillos, tubería, toneles de ácido y amonio, sacos de Zaclon, desengrasante y partes de la línea de producción que no esta operando.

La planta de lámina galvanizada carece de un sistema de control que permita determinar cuales son las condiciones que generan mayores riesgos de accidentes, es por eso que podemos encontrar; escaleras y gradas en mal estado, motores, acoples, fajas y cadenas sin guardas de protección, turbos de aire no anclados, cables eléctricos pelados, enchufes en mal estado, productos químicos mal ubicados, tuberías y mangueras en el camino y pisos mojados.

Es importante aclarar que la mayoría de accidentes que suceden en la planta son a causa de un acto inseguro proveniente de una condición insegura, la mayoría de los accidentes suceden por no utilizar el equipo de protección o por desconocimiento del operario de las consecuencias de sus actos.

Hay que recordar que no hay accidente sin causa por lo tanto es importante determinar cual es la causa del accidente para evitar que vuelva a suceder, ya que previniendo la causa se evitara el accidente, es por eso que se realizó un estudio sobre las causas de accidentes dentro de la planta seleccionando las zonas de trabajo, manejo de materiales y maquinaria existente con el fin de determinar cuales podrían ser los motivos de accidentes laborales. Esto se puede ver en tabla VII. Detección de causas de accidentes.

Tabla VII. Detección de causas de accidentes.

DESCRIPCIÓN	CRÍTICO	NO CRÍTICO	OBSERVACIONES
Zona de trabajo			
1. Orden	X		Falta de orden dentro de proceso de producción
2. Limpieza		X	Solamente una persona se dedica a esta labor
3. Área de trabajo	X		Existe muy poco espacio para trabajar
4. Peligro eléctricos		X	Existen algunos tomacorrientes y cables en malas condiciones
5. Escaleras		X	Algunas están en mal estado
6. Ventilación	X		La ventilación industrial es mínima.
Manejo de materiales			
1. Pesados y cortantes		X	Zinc, plomo, estaño, toneles de ácido, desengrasante y lámina
2. Químicos peligrosos	X		Ácido clorhídrico, ácido crómico y desengrasante
3. Transporte		X	Todos los materiales son transportados por medio de grúa aérea
4. Almacenamiento	X		No existe un área específica
5. Contaminantes	X		Los materiales producen humos y vapores nocivos
Maquinaria			
1. Protección de piezas en movimiento	X		Hay fajas, cadenas y engranajes libres, no tiene ningún medio de protección.
2. Guardas de protección	X		Hay un proceso para la implementación de estas
3. Ropa de trabajo adecuada	X		No se utiliza la ropa adecuada en el área de trabajo.
4. Distribución de maquinaria		X	Algunos equipos o maquinarias no tienen la ubicación correcta
5. Maquinaria defectuosa		X	El mantenimiento es correctivo

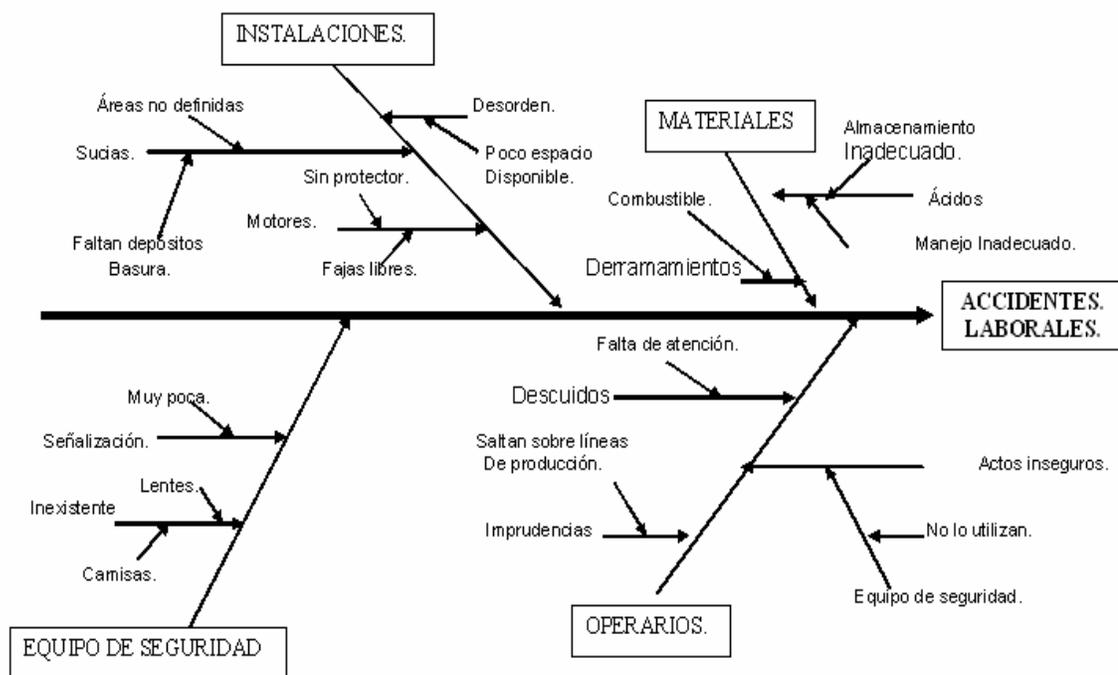
Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

Factores que influyen en la incurrancia de accidentes:

- Descuidos.
- Actos inseguros
- Equipo de trabajo en mal estado.
- Falta de equipo de seguridad.
- Fallas del equipo de trabajo.
- Deficiencias en el manejo de materiales.

Para efecto de análisis se realizó el diagrama Causa y Efecto correspondiente a los accidentes laborales dentro de la planta.

Figura 7. Diagrama Causa y Efecto de accidentes laborales



Fuente: Planta de lámina galvanizada. Aceros de Guatemala. S.A.

Limpieza, orden e higiene industrial

La limpieza y orden en la planta de lámina galvanizada es mínima (Figura 8), ya que existe solamente una persona encargada de realizar la limpieza de toda la nave de producción (el conserje) y existe el problema de que los operarios no tienen la costumbre de depositar la basura en su lugar, al igual que no se tiene un plan de limpieza en el que contribuyan todos los trabajadores de la planta, no existe un orden adecuado para ubicar las diferentes áreas de trabajo, repuestos, materia prima e insumos, lo cual genera un gran problema en la higiene industrial.

Figura 8. **Falta orden y limpieza**



Fuente: Planta de lámina galvanizada. Aceros de Guatemala. S.A.

La higiene industrial de la planta de lámina galvanizada es mínima, ya que por las características del proceso de producción se genera mucha suciedad y humos que van directamente al área de trabajo y la mayoría del personal tiene contacto directo con ésta, lamentablemente la higiene es baja, ya que no existe la costumbre de lavarse bien las manos antes de ingerir alimentos o de utilizar utensilios de comida, esto provoca problemas en la salud de los trabajadores y como consecuencia muchas veces la ausencia de estas personas a sus labores diarias. Una de las causas por el cual la higiene industrial es baja es por que

no existe un programa de que permita conservar y mejorar la salud física de los trabajadores con relación a su trabajo, la eliminación de las causas de enfermedades es mínima ya que no existe un análisis del porque de la enfermedad y muchas veces únicamente se ataca la enfermedad pero no la causa real que la origina. No existe un plan de salud que permita darle seguimiento o chequeos periódicos al trabajador para llevar un control de su estado de salud y no necesariamente tratarlo o diagnosticarlo cuando se enferme.

Existe una clínica que esta constituida por dos doctores que hacen turnos durante el día para atención del trabajador de la empresa, la clínica se encarga únicamente de chequear a los trabajadores que presenten alguna enfermedad o síntoma y si está a su alcance solucionar el problema, se soluciona y si es necesario se les envía al IGSS para que sean evaluados, al igual están para auxiliar a cualquier persona que se accidente.

Aceros de Guatemala, proporciona a todos sus trabajadores anualmente desparasitantes gratuitos, la clínica realiza jornadas de salud anualmente, donde proporcionan vacunas antigripales, se realizan exámenes orina y heces, electrocardiogramas y exámenes de sangre, todos estos exámenes son realizados en clínicas ajenas a la empresa con un bajo costo y facilidades de pago para el trabajador.

3.5. Manejo actual de los materiales de producción

Dentro de los materiales que se utilizan en el proceso de producción de lámina galvanizada se pueden mencionar:

- Bunker.

- Diesel.
- Desengrasante
- Ácido Clorhídrico
- Ácido Crómico
- Azufre
- Amonio o Zaclon
- Plomo
- Estaño
- Zinc

En la tabla VIII se presenta cada uno de los materiales utilizados en el proceso de producción de lámina galvanizada, asignándole la etapa en la cual es utilizada, estos materiales de producción son almacenados en la planta y utilizados por los operarios según la etapa del proceso correspondiente.

El almacenar los materiales de producción para el proceso dentro de la planta facilita la adquisición de los mismos, permitiendo; controlar de una mejor manera las existencias y que los materiales estén al alcance de los operarios al momento de agregarlos al proceso, lamentablemente no existe espacio suficiente en las áreas designadas, lo que provoca problemas de espacio, estorbando el recorrido de las personas en la planta y dando la apariencia de desorden.

Además al ocuparse las áreas designadas para los materiales, estos se van colocando en lugares no adecuados y de una forma desordenada, lo que obstaculiza muchas veces la visualización de suciedad y riesgos, provocando condiciones inseguras para el operario.

Tabla VIII. **Materiales utilizados en proceso de producción**

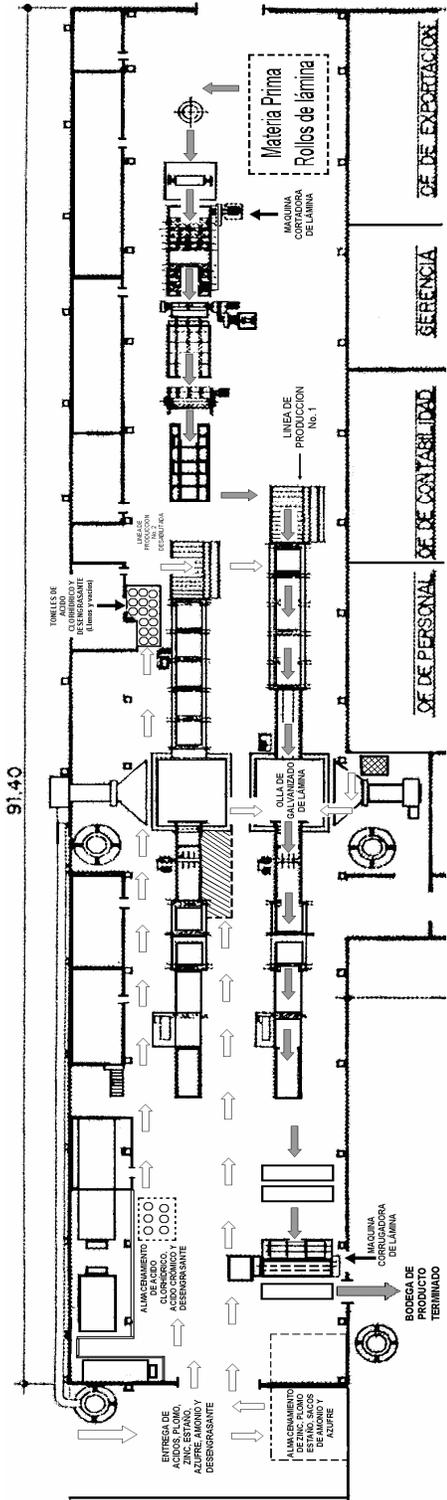
PROCESO.	Bunker	Diesel	Deseng.	Azufre.	Plomo	Ácido Clorhídrico	Amonio	Ácido Crómico	Estaño	Zinc
Limpieza			■			■				
Galvanización.				■	■		■		■	■
Sellado.								■		
Combustión.	■	■								

Fuente: Planta de lámina galvanizada. Aceros de Guatemala. S.A.

La ubicación de los materiales utilizados en el proceso de producción se puede apreciar en el diagrama de recorrido de la figura 9. Los materiales de producción son despachados hacia la planta de lámina por la bodega de materiales que está ubicada en otra sección de la fabrica, los materiales son llevados, hacia la parte trasera de la planta de lámina donde es depositada y recibida por el jefe de la planta, luego cierta cantidad es llevada por medio de la grúa aérea (Figura 10) hacia diferentes puntos de la planta donde es almacenada para su utilización diaria (24 hrs.).

Cuando las cantidades que se encuentran en los puntos asignados dentro de la planta se empiezan acabar, es necesario volver a trasladar nuevo material para el proceso.

Figura 9. Diagrama de recorrido de materiales de producción.



Fuente: Planta de lamina galvanizada. AGSA.

Todos los materiales de producción que se utilizan en la planta de lámina son movilizados y trasladados por medio de una grúa aérea (Figura 10), la cual facilita el manejo de los materiales dentro de la planta. El desengrasante, ácido clorhídrico y ácido crómico son almacenados en toneles de plástico para su mayor seguridad, donde son utilizados para la limpieza de la lámina y son agregados al proceso unas dos veces al día o según requiera el proceso, son dos personas las que se encargan de agregar los químicos al proceso, ellos toman los toneles por medio de un cincho de cuero y lo pasan alrededor de los toneles de ácido, el cual es levantado por medio de la grúa aérea, es balanceado hacia los tanques de limpieza y al encontrarse en la posición correcta se quita el tapón, el ácido sale muchas veces bruscamente lo que provoca un riesgo al contacto directo con las personas, los toneles ya vacíos son vueltos a depositar en la planta junto a los que están llenos, la presentación de el desengrasante químico es en polvo por lo que previamente es elaborada su mezcla antes de agregarlo a su tanque respectivo.

Figura 10. **Grúa aérea utilizada para el manejo de materiales**



Fuente: Fotografía. Puente Grúa. Planta de lámina galvanizada. AGSA.

El azufre es comprado en sacos en forma granulada y es agregado al proceso en forma de humo, es quemado en un depósito donde es recogido y agregado por medio de un extractor. El hornero es el encargado de controlar la cantidad de azufre dentro del depósito donde es quemado, él agrega cantidades de azufre granulada una vez por día.

El amonio o zaclon es comprado por medio de sacos en forma de polvo, este es agregado al proceso directamente en la olla de zinc, es almacenado en un depósito metálico previo a la introducción al proceso y es agregado por medio de palas durante todo el día.

El plomo, estaño y zinc son comprados en tabletas y despachados hacia la planta por la bodega de refractarios, se agregan al proceso varias veces al día para mantener el nivel de zinc y para poder introducir las en la olla se deben de precalentar cerca del horno para evitar el choque térmico.

Las hojas técnicas para el control y manejo de los materiales de producción para el proceso de galvanización de lámina, se encuentran en los anexos B, cada hoja técnica tiene información de producto, información de precaución, efectos a la exposición, acciones en caso de emergencia, protección especial que se debe utilizar y almacenamiento y manejo.

3.6. Agentes contaminantes

Los agentes contaminantes en la planta de lámina galvanizada están presentes en aguas residuales y vías respiratorias, por medio de rebases, humos y vapores que se desprenden del proceso de producción.

Agentes contaminantes en aguas residuales:

- Ácido Clorhídrico
- Ácido Crómico
- Agua con residuos del desengrasante

Todos los contaminantes de aguas residuales se dan por medio de rebases en los tanques del proceso y caen a los canales que van a dar a reposaderos municipales

Agentes contaminantes vía respiratoria:

- Polvos
- Vapor de desengrasante
- Vapor de Ácido Clorhídrico
- Humo de Azufre
- Humo de zinc
- Humos de plomo y estaño
- Humo de Amonio o Zaclon
- Vapor de Ácido Crómico
- Gases de escape de combustión

3.6.1. Consecuencias a la exposición de los agentes contaminantes

Los agentes contaminantes que generan mayores consecuencias en el ámbito laboral son los que se dan por medio de vías respiratorias, los humos, polvos y vapores que se generan son de alto riesgo y pueden provocar serios problemas a largo plazo.

- **Desengrasante:** el desengrasante viene en forma de polvo granulado, y es necesario disolverlo en agua para que haga su efecto, es irritante al contacto directo de la piel y por su proceso, es elevado a temperaturas entre 70 y 80 °C, lo que ocasiona vapores que al estar expuesto a éste irrita las vías respiratorias.
- **Ácido Clorhídrico.** HCL: él ácido clorhídrico cuando se inhala en cantidades suficientes ejerce influencia sobre la parte superior de los conductos respiratorios. El ácido formado por el gas, cuando entra en contacto con superficies húmedas, neutraliza la alcalinidad de los tejidos, causando edema o espasmo en la laringe, produciéndose la muerte como resultado de ello. En concentraciones relativamente pequeñas (del orden de 50 a 100 ppm) es tolerable únicamente durante periodos limitados, (por ejemplo una hora). Una exposición prolongada a concentraciones bajas puede causar erosión en la dentadura. El exponer la piel al as de ácido clorhídrico que escapa de tuberías o aparatos puede causar quemaduras graves. Cuando el gas pasa por agua se forma ácido hidroc্লórico (ácido muriático), y el estar expuesto a este gas puede causar quemaduras graves. Si se da lugar a que el ácido caiga sobre la piel pueden sufrirse quemaduras y ulceraciones pequeñas.
- **Ácido Crómico:** el elemento cromo Cr, no se utiliza con frecuencia en la industria. Sin embargo, el anhídrido de cromo, CrO₃ y el ácido crómico, H₂CrO₄ y los cromatos constituyen un riesgo evidente para la salud. Los compuestos no ocasionan en general una enfermedad sistemática, con sólo una posible excepción. Los trabajadores que inhalan el polvo de cromo durante largos periodos de tiempo pueden padecer de bronquitis crónica. Los efectos crónicos son de esperar

cuando el límite es excedido y son fundamentalmente debidos al contacto directo de la piel y las membranas mucosas con los polvos de cromo o con soluciones de ácido crómico. Las ulceraciones en la piel aparecen casi siempre en las manos, los dedos, y en los antebrazos. Cuando los compuestos entran a los vasos nasales pueden ocasionar inflamaciones de las membranas mucosas y ulceración o perforación del tabique nasal. Se ha observado que las personas rubias o pelirrojas tienen mayor susceptibilidad a los efectos de los compuestos del cromo que las morenas.

- **Zinc:** el zinc no constituye por sí mismo un peligro extremado para la salud. Si embargo, cuando se le calienta, los óxidos de zinc en forma de humos se precipitan cuando se ponen en contacto con el aire ambiente más frío. Al enfriarse, los óxidos de zinc resultantes se precipitan, con un efecto tóxico significativo. Su inhalación puede ocasionar síntomas característicos. La inmunidad a los efectos del óxido puede producirse después de una exposición continuada, pero puede verse interrumpida si se corta la exposición durante unos cuantos días. Los polvos de óxido de zinc que no están recién formados se consideran virtualmente inocuos. El efecto de inhalación de los gases no es acumulativo. Los humos de cloruro de zinc pueden traducirse en daño a los pulmones, y la muerte consiguiente. La exposición puede lastimar la nariz, y la garganta y las membranas mucosas del conducto respiratorio, causando además un tinte gris azulado en la piel.
- **Plomo, Pb.:** el efecto de los componentes del plomo resulta influido por una gran variedad de factores, incluyendo su solubilidad en los fluidos corporales, la longitud del tiempo que se encuentra en contacto con los fluidos del cuerpo, la cantidad de compuestos de plomo (o compuestos)

que han sido inhalados, ingeridos, o absorbidos, y la cándida presente en el cuerpo cuando tal cosa ocurre. Se considera que el plomo es venenoso únicamente cuando va al sistema circulatorio. Por ello se supone que puede ser almacenado en el cuerpo (por ejemplo en los tejidos óseos), para convertirse en un peligro únicamente cuando vuelve a entrar a la circulación en cantidades mayores de las que el cuerpo puede eliminar fácilmente. El plomo, en la mayoría de los casos, entra al cuerpo por inhalación aun cuando la ingestión es también un medio posible de envenenamiento, a pesar de que la mayor cantidad del plomo que es ingerido sale del cuerpo con los desperdicios naturales.

Únicamente en raros casos manifiesta un trabajador un súbito envenenamiento por plomo, aun cuando el inicio de la característica pronunciada, consistente en dolor intestinal y cólico, puede ser súbita. Sin embargo, en general, los primeros síntomas de envenenamiento por plomo pueden ser; debilidad, cansancio, y pérdida del apetito, precederán a los dolores intestinales, aun así puede ser posible que tales síntomas no sean reconocidos. También se manifiestan con frecuencia el estreñimiento y la náusea, aun cuando el vómito no sea constante. Después de que la víctima ha sido sacada del ambiente de plomo puede requerir varias semanas para que se encuentre en condiciones normales. El tiempo necesario es consecuencia de la concentración del plomo almacenado en el cuerpo cuando los efectos ambientales se hacen sentir. Los síntomas de enfermedad pueden haber desaparecido mucho antes de que el plomo haya sido eliminado del cuerpo. Hasta que llegue el momento en que los tejidos y las excreciones hayan alcanzado niveles substancialmente normales de concentración de plomo, el trabajador puede continuar el peligro al verse expuesto a concentraciones de plomo que tal vez no sean peligrosas para otros trabajadores. Los métodos de

control requieren una atención a los medios de ventilación adecuados, buena limpieza y orden en la planta (para reducir al mínimo la cantidad de polvo residual de plomo que continúe en los pisos y otros lugares desde donde pueden pasar a la atmósfera), y la limpieza por parte de los trabajadores. La fuente principal de envenenamiento de plomo se encuentra en los humos que desprende el plomo fundido, los que son fácilmente inhalados en el proceso de producción de lámina galvanizada.

- **Amonio:** éste químico es muy irritante de las membranas mucosas del aparato respiratorio y de la conjuntiva. En los casos de donde los humos son excesivos, pero no fatales, las membranas de la boca, la nariz y la garganta pueden enrojecerse y lastimarse; la inflamación aguda de la membrana de la laringe puede ocasionar la pérdida temporal de la voz; puede producirse edema pulmonar, o bronquitis aguda.
- **Azufre:** él azufre es utilizado en muchas ocasiones como elemento medicinal, pero un exceso de éste provoca irritación y quemaduras en la piel y una larga prolongación de sus humos puede provocar cáncer. Una exposición severa del humo de este elemento puede provocar la pérdida de la conciencia y causar algún accidente muy grave o en casos más graves la pérdida de la vida por intoxicación.

3.6.2. Riesgos de accidentes que se corren con el manejo de los agentes contaminantes

El proceso de producción de lámina galvanizada es muy complejo y requiere de productos químicos que son muy peligrosos, el trabajar diariamente en este proceso conlleva riesgos que pueden provocar

accidentes. A continuación se presenta un listado de los riesgos que se corren con el manejo de los agentes contaminantes con que se trabajan:

- Quemaduras de primer, segundo y hasta tercer grado por el contacto de químicos y materiales a elevadas temperaturas
- Intoxicaciones por humos de zinc, plomo, amonio, azufre y ácidos
- Envenenamiento
- Daños severos en ojos y piel por contactos de químicos
- Explosiones por fugas de combustibles
- Golpes por el manejo de materiales pesados

3.7. Enfermedades ocupacionales

Por las características del proceso de lámina galvanizada, existe la posibilidad de contraer enfermedades que se presentan a largo plazo las cuales se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla IX. **Enfermedades por exposiciones prolongadas**

ENFERMEDAD	AGENTE
Saturismo (intoxicación de la sangre, daño renal, neurológico)	Plomo (humo y polvo)
Cáncer pulmonar y/o intoxicación por metales	Fundición de metales
Intoxicación de metales	Soldadura (vapores)
Irritación de ojos, catarata, ceguera	Soldadura (radiación)
Siderosis (enfermedad pulmonar y hepática)	Fundición de hierro
Estanosis	Estaño (humo y polvo)
Hepatitis, amebiasis, tifoidea y parasitismo, cólera	Agua y alimentos contaminados
Sordera, alteración nerviosa y cardíaca, insomnio.	Ruido
Ansiedad, depresión stress	Problemas sociales
Deshidratación, vejez prematura, desorientación, calambres	Exceso de calor

Fuente: Clínica médica. Planta de lámina galvanizada. Aceros de Guatemala. S.A.

Para poder determinar las enfermedades ocupacionales dentro de la planta de lámina galvanizada, fue necesario tomar datos durante 3 meses, dentro de los cuales se pudieron detectar las siguientes enfermedades:

Tabla X. **Enfermedades ocupacionales dentro de la planta.**

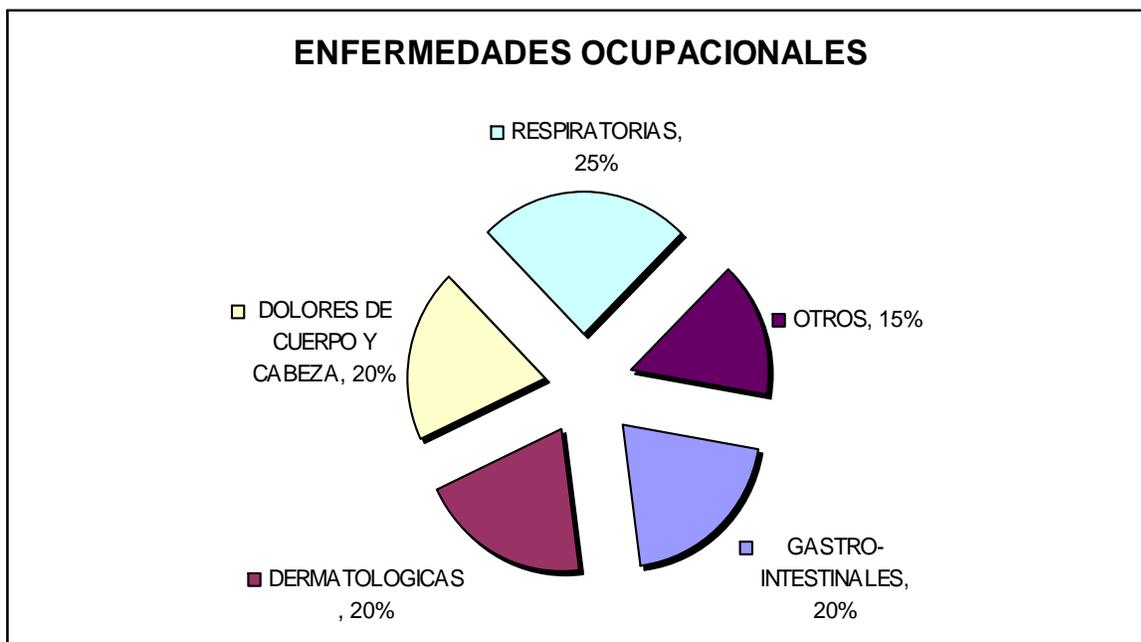
Paciente	Tipo de enfermedad	Diagnóstico
1	Gastrointestinales	Amebiasis
2	Gastrointestinales	Amebiasis
3	Gastrointestinales	Diarrea
4	Gastrointestinales	Amebiasis
5	Dermatológicas	Prurito + papulas eritematosas
6	Dermatológicas	Sarcoptiosis y cefalea
7	Dermatológicas	Alergia 8 días piel
8	Dermatológicas	Queloides
9	Respiratorias	IRS (tos excesiva)
10	Respiratorias	IRS (tos excesiva)
11	Respiratorias	Bronquitis
12	Respiratorias	Catarro, tos seca
13	Respiratorias	Laringitis
14	Dolores	Dolor reumático
15	Dolores	Dolor reumático
16	Dolores	Cefalea (dolor de cabeza)
17	Dolores	Cefalea (dolor de cabeza)
18	Otras enfermedades	Adinamia
19	Otras enfermedades	Sueño + lipotimias (anemia)
20	Otras enfermedades	Anemia

Fuente: Clínica médica. Plana de lámina galvanizada. Aceros de Guatemala.

Es importante resaltar que el mayor porcentaje de las enfermedades son respiratorias (25 %) y que son consecuencia de la alta contaminación que se genera en el proceso, en la figura 11, se pueden apreciar los respectivos porcentajes de enfermedades ocupacionales encontradas, cabe mencionar que la investigación que se realizó sobre estas enfermedades fueron muy discretas

y se generalizaron muchas de ellas, además se omitieron nombres y áreas en las que se contrajo la enfermedad.

Figura 11. **Enfermedades ocupacionales**



Fuente: Datos tomados de clínica médica. Planta de lámina galvanizada. Aceros de Guatemala.

3.8. Señalización y código de colores

La señalización industrial dentro de la planta de lámina galvanizada es mínima, existen en algunas áreas de la planta; señalización de prevención, algunas señales de obligación, prohibición y alerta, pero no se les da el mantenimiento adecuado, son muy pequeñas y la mayoría de ellas están mal ubicadas, por lo que no se les presta atención, el código de colores no está implementado, aunque se tiene conocimiento respecto de algunos colores y que deben de identificar, muchas veces no son bien utilizados y tiene a confundir lo que puede provocar algún accidente por equivocación, por otra parte, el comité

de seguridad e higiene industrial esta preparando un código de colores para aplicarlo en todas las plantas de producción de Aceros de Guatemala, con el fin de estandarizarlo para evitar accidentes.

3.8.1. Rutas de evacuación

Lamentablemente dentro de la planta de lámina galvanizada no existen rutas de evacuación definidas al momento de una emergencia, esto se debe a que algunas de las entradas son utilizadas para realizar movimientos de materiales de producción para el proceso, existen dos entradas o salidas principales que son por donde se recibe la materia prima y materiales de producción, además existe una entrada o salida a un costado de la nave pero es muy reducida y para poder utilizar ésta, hay que pasar por una de las líneas de producción.

3.9. Equipo de seguridad que se utiliza en el proceso de producción

Todos los operarios tienen la oportunidad de utilizar guantes, marcarías, tapones de oídos y lentes, solicitando estos a sus jefes inmediatos, estos equipos de seguridad no han sido preseleccionados adecuadamente y muchas veces no son los adecuados para el trabajo que se está realizando, además no existe una normativa que les obligue a utilizar el equipo. No todos los puestos de trabajo son iguales y por ende no todo el equipo de seguridad debe de ser igual en las etapas del proceso de producción.

Dentro del proceso de implementación del equipo de seguridad personal los jefes de planta, junto con el gerente de producción, tienen planeado introducir cascos de protección a todas las personas de las plantas y crear una normativa para su utilización, pero se necesita un estudio de las necesidades de cada puesto de trabajo para proveerles todo el equipo correcto y llevar un control de

utilización del equipo para que sea efectivo el programa, además a pesar de ser un proceso donde se utilizan productos inflamables no existe un sistema adecuado o plan de acción contra incendios.

3.10. Turbos y compresor de aire

Los turbos de aire son de vital importancia en el proceso de producción de lámina galvanizada, cada uno de ellos son indispensables para la continuidad de la producción. Existen tres turbos de aire (ventiladores industriales) dentro del proceso; un turbo para la alimentación de la combustión, otro turbo para el tiro forzado y otro turbo para la introducción del humo de azufre al proceso.

Estos turbos de aire son de muy fácil operación y el diseño de su transmisión por poleas permite poder variar la velocidad de su impeler o aspas por medio de la variación de sus poleas, dando como consecuencia un aumento o disminución del caudal de aire según las necesidades.

El compresor de aire que se utiliza en el proceso es del tipo tornillo, y es utilizado para activar un mecanismo neumático que se encarga por medio de un cilindro de doble efecto de activar una cizalla del corte de la lámina la cual es la primera etapa del proceso de producción.

Este tipo de compresor por tener una alta capacidad de generación de presión y volumen de aire, da la facilidad de poder utilizar cualquier accesorio neumático dentro de la planta ya que la demanda es menor al consumo de aire, esto también permitiría la ampliación o utilización de aire para cualquier equipo neumático que beneficie el proceso en un futuro.

3.10.1. Características

Los turbos de aire y el compresor de aire son equipos capaces de generar flujos de aire para diversas actividades dentro de procesos de industriales, estos dos se diferencian en que el turbo de aire genera flujo de aire pero con presiones insignificantes que no son capaces de activar mecanismos o electos de trabajo y el compresor genera un flujo de aire con presiones muy altas capaces de activar elementos de trabajo neumáticos.

En este literal se darán las características del los diseño y la utilidad de los turbos de aire y el compresor que se utilizan en el proceso de producción de lámina galvanizada.

3.10.1.1. Diseño

Los turbos de aire que se utilizan en la planta son del tipo centrífugo, se caracterizan por tener una carcasa en forma de caracol, para mayor información ver página 29 y 30 del capítulo 2 de este documento. Los turbos de aire son alimentados por medio de motores individuales y les transmiten la potencia al impeler directamente por medio de un eje con poleas, la figura 3, Pág. 28 del capítulo 2 muestra los elementos que componen a un ventilador centrífugo.

A continuación se presenta la tabla XI. Características de diseño de los turbos de aire en donde se indican las partes que componen un turbo de aire y sus respectivas dimensiones y accesorios y en la figura 12 se puede apreciar la fotografía del diseño original de uno de los turbos de aire (ventilador industrial) que se utilizan en el proceso de producción, cada una de las dimensiones que se indican en la tabla XI. están estandarizadas para los tres turbos de aire que se utilizan en el proceso de producción.

Tabla XI. **Características de diseño de los turbos de aire**

Características generales	
Potencia del motor	(4.0 - 5.0) HP
Revoluciones del motor	1740 rpm
Revoluciones del turbo de aire	3210 rpm
Diámetro del impeler	550 mm
Diámetro del caracol	(700 a 750) mm
Diámetro de entrada de aire	127 mm
Diámetro salida del aire	78 mm
Altura total del turbo	800 mm
Largo total	1524 mm
Ancho total	890 mm
Diámetro de la polea del motor	240 mm
Diámetro del eje del motor	50 mm
Diámetro de la polea del turbo	130 mm
Diámetro del eje del turbo	40 mm
Fajas tipo B-63	2 uni
Chumaceras SKF 513-611	2 uni
Número de aspas del impeler	12
Grasa	EP2

Fuente: Trabajo de campo.

Figura 12. **Turbo de aire.**



Fuente: Fotografía de turbo de aire. Planta de lámina galvanizada. AGSA.

El compresor que suministra aire comprimido a la planta de lámina es tipo tornillo se caracteriza por tener forma rectangular y no utilizar depósito o tanque como los de tipo pistón, es un compresor marca SULLAIR, en la tabla XII, que se presenta a continuación se puede observar sus características generales.

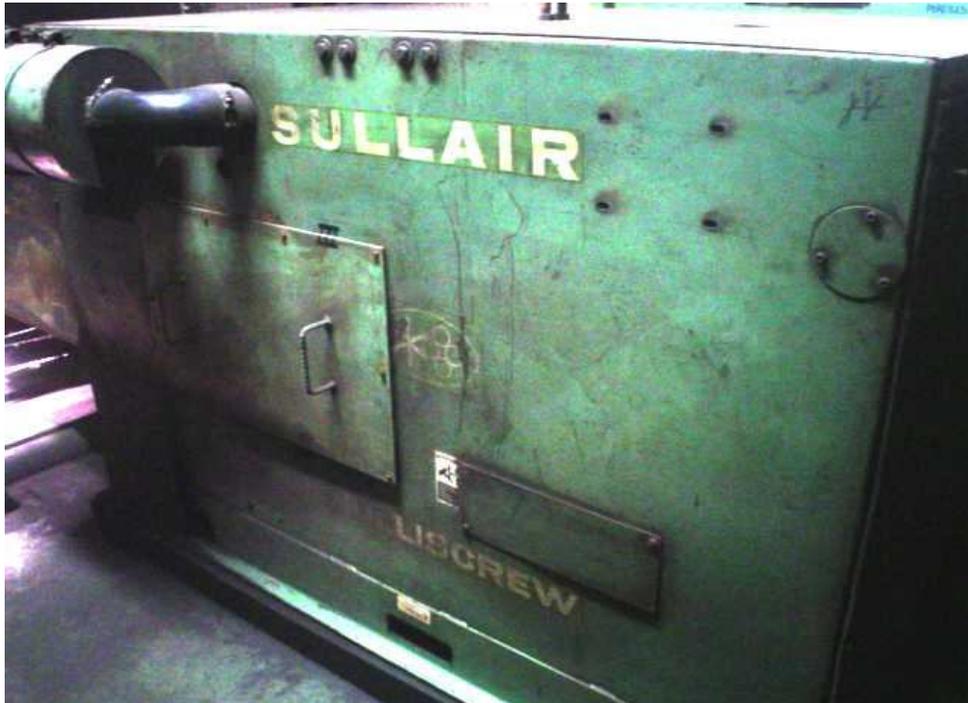
Tabla XII. **Características del compresor utilizado en planta de lámina**

Características Generales	
Tipo de compresor	De tornillo
Potencia	75 HP
Caudal Generado	7,500 CFM
Largo	72 pl.
Ancho	48 pl.
Altura	60 pl.
Presión de operación	(100-115) psi
Tipo de cojinetes	Anti-fricción
Temperatura Ambiente	40 °C
Enfriamiento	Presión de fluido
Fluido del compresor	Sullair 24 KT
Tipo de control	Electro-neumático

Fuente: Manual de operaciones Sullair Series Standard. Sullair Corporation.

El compresor esta ubicado junto a otros 2 compresores de tornillo los cuales son los encargados de suministrar aire a otras plantas de producción, juntos conforman el cuarto de compresores, los cuales están a cargo del departamento de mantenimiento general de la empresa. En la figura 13, se puede apreciar el compresor tipo tornillo marca SULLAIR que es el encargado de suministrar aire comprimido a la planta de lámina.

Figura 13. **Compresor tipo tornillo.**



Fuente: Fotografía do compresor Sullair, tipo tornillo. AGSA.

3.10.1.1. Utilidad

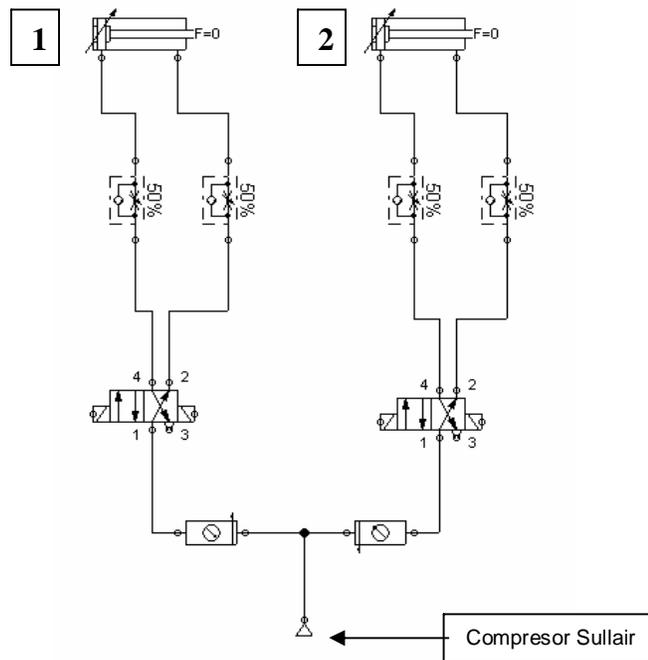
- **Turbos de aire**

Los tres turbos de aire (ventiladores industriales) ubicados en la planta de lámina galvanizada son utilizados; uno para crear una corriente o flujo de aire en la salida de escape de los gases de combustión, este flujo también es llamado tiro forzado, otro turbo es utilizado para la alimentación de aire en el proceso de combustión del horno de zinc y el último turbo agrega humo de azufre a la lámina el cual le da brillo, es por eso que los tres turbos son tan importantes en el proceso de galvanización de la lámina.

- Compresor

El aire comprimido que proporciona el compresor Sullair a la planta de lámina es utilizado para la activación de cilindros neumáticos que forman parte de la cortadora de lámina en la etapa de corte de lámina. En la figura No. 14 se presenta el circuito neumático que utiliza la cortadora de lámina, esta consta de dos unidades de mantenimiento que preparan el aire librándolo de suciedad y agua, dos electro-válvulas 4/2 que por medio de microsuiches eléctricos marcan el ritmo de activación de los cilindros, dos reguladores de caudal unidireccional que controlan la velocidad del aire comprimido y dos cilindros de doble efecto, el cilindro No. 1, crea un tope, deteniendo el avance de la lámina para que el cilindro 2 active un sistema mecánico encargado de cortar la lámina por medio de unas cuchillas o cizallas.

Figura 14. **Circuito neumático para el corte de lámina**



Fuente: Circuito neumático. Cortadora de lámina. AGSA.

3.10.1.2. Repuestos

Actualmente el departamento de mantenimiento general, tiene creado un stock de repuestos para los turbos y compresor de aire que se utilizan en la planta de lámina galvanizada, a continuación se presenta una lista de los repuestos que se encuentran en bodega con sus respectivos costos.

Stock de repuestos existentes para el mantenimiento de turbos de aire de la planta de lámina galvanizada.

• Cojinete 22311 EK/c3 para 50 mm	Q	520.17
• Manguito (Abrazadera) H 2311X para 50 mm	Q.	96.63
• 3 Fajas tipo V	Q.	45.00
• 2 Chumaceras SNH 513-611	Q.	1236.60
• Obturadores TSN 611G	Q.	45.95
Costo total de repuestos para turbos de aire:	Q.	3890.00

Stock de repuestos existentes para el mantenimiento del compresor de aire tipo tornillo marca Sullair para la planta de lámina en bodega de repuestos.

• Filtro de aceite	Q.	586.79
• Filtro de aire	Q.	428.00
• Manómetro de ½ "	Q.	476.54
• Kit de repuestos de válvula piloto	Q.	780.47
• Separador primario	Q.	3169.67
• Regulador de presión	Q.	1660.83
• Horómetro	Q.	585.02
• Válvula de parada de flujo	Q.	4010.29

• Válvula piloto	Q.	1650.20
• Válvula de mínima presión	Q.	2498.65
• Válvula de máxima presión	Q.	1500.00
• Válvula de seguridad	Q.	1828.04
• Flexmaster Coupling	Q.	3203.66
• Elemento de válvula térmica	Q.	796.34

Costo total de repuestos para el compresor Sullair: **Q. 23,175.00**

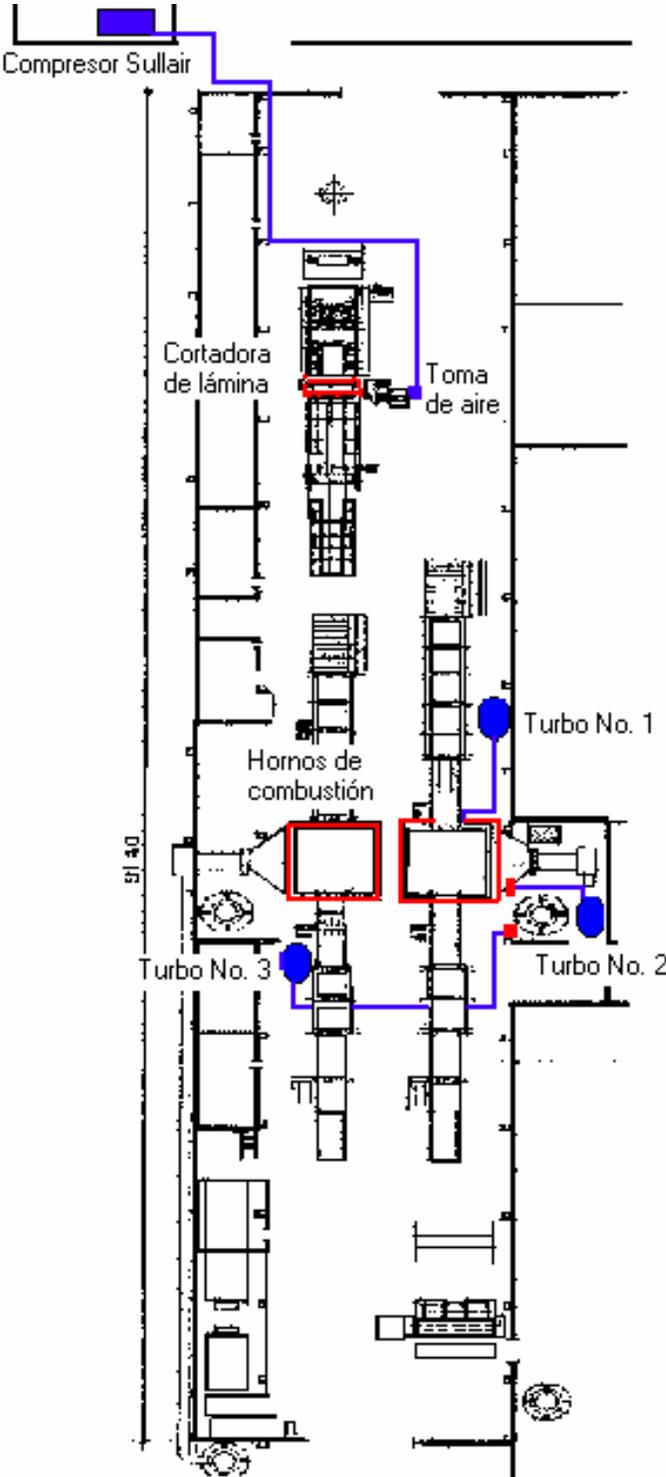
Es importante resaltar que además del stock de repuestos que hay en existen en bodega accesorios generales que se utilizan para el mantenimiento que no están incluidos en los listados antes presentados, además por no existir un plan de mantenimiento preventivo es necesario la creación de un gran stock de repuestos lo que conlleva a elevar los costos de mantenimiento y crear un capital pasivo.

Cada vez que uno de los repuestos presentados en el listado anterior se utiliza, se solicita inmediatamente la orden de compra de ese repuesto con el fin de reponer el utilizado y estar listos para cuando el equipo falle nuevamente, esto es característico en un plan de mantenimiento correctivo.

3.10.2. Ubicación e importancia en el proceso de producción

En la figura 15, se pueden observar las ubicaciones de de los tres turbos de aire utilizados en el proceso de lámina, al igual se presenta la ubicación del compresor Sullair que se encuentra afuera de la planta de lámina.

Figura 15. Ubicación de los turbos de aire y compresor de aire



Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

A continuación explicará la importancia de cada uno de estos equipos industriales utilizados en las diferentes etapas de producción de la lámina galvanizada.

- Turbos de aire

Los turbos de aire son de vital importancia en el proceso de producción de lámina galvanizada a continuación se presentaran sus diversas utilidades y sus respectivas ubicaciones en el orden que sigue:

- Turbo 1: Turbo para la introducción de aire del proceso de combustión
- Turbo 2: Turbo para la creación del tiro forzado de gases de escape
- Turbo 3: Turbo para la introducción de azufre al proceso de galvanizado

- Turbo de aire 1:

Este turbo de aire trabaja la 24 horas al día suministrando aire para el proceso de combustión que si bien es sabido es la unión de combustible, aire y chispa (fuego), este turbo (ventilador industrial) suministra aire por medio de una manguera industrial y está conectada al quemador que es capaz de generar una temperatura de hasta unos 1200 grados centígrados en el horno o bóveda, este se utiliza para derretir el zinc que se utiliza para la galvanización de la lámina. El turbo está ubicado a un costado de la línea de producción.

- Turbo de aire 2:

Este turbo es el encargado de crear un flujo de aire para el arrastre de los gases de escape, a este flujo creado por la corriente de aire se le llama

tiro forzado y ayuda a distribuir de una mejor manera el calor producido por el horno de combustión. Este turbo se encuentra ubicado a la salida de la chimenea y paralelamente al conducto de escapa que crear un mejor flujo. Este turbo se utiliza cuando es necesario distribuir el calor del horno de una mejor forma con la finalidad de evitar variaciones de temperatura en la olla que provocan fisuras en su estructura.

- Turbo de aire 3:

Este turbo al igual que el primero, trabaja las 24 horas que hay producción, este es el encargado de introducir humo de azufre, el humo es absorbido por el turbo y es distribuido por medio de tubería hasta un rodillo que tiene agujeros y por el cual expulsa el humo hacia las láminas previamente galvanizadas, de esta manera se logra un mejor brillo de la lámina y por ende una mejor calidad.

- **Compresor de aire**

Este abastece aire a dos plantas de producción planta de barra y planta de lámina, en planta de lámina el aire comprimido es indispensable para la activación del circuito neumático de la figura 14. Pág. 73.

El compresor se encuentra en un área externa a la planta y el aire es transportado en tuberías aproximadamente 50 metros hasta la planta de lámina, (Figura 15, Pág. 76) este compresor es de vital importancia dentro del proceso de producción ya que el corte de lámina es la primera etapa del proceso de producción, sin aire no se podría dar el largo y el corte de lámina y por lo tanto no se podría alimentar la etapa de galvanizado, es por ello que es indispensable el óptimo desempeño y funcionamiento de este.

3.10.3. Mantenimiento actual

El mantenimiento de los equipos industriales que son utilizados en los procesos de producción es indispensable, ya que de ellos depende la continuidad de la producción, lamentablemente en la planta de lámina no existe un plan de mantenimiento, con el cual puedan tener registros del control de los equipos, el mantenimiento que se realiza es un mantenimiento correctivo, lo cual provoca que halla que remplazar equipos completos como los turbos de aire cuando estos se averían, o que halla un alto stock de repuestos para el compresor. A continuación se describirá el mantenimiento que se le realizan a los turbos de aire y compresor de aire.

- **Turbos de aire**

Los turbos de aire actualmente son inspeccionados semanalmente por los mecánicos de la planta, se les suministra grasa EP2 a las chumaceras, se quitan las guardas de protección para verificar las poleas y fajas, se limpian los motores y pintan si es necesario. Lamentablemente no se lleva un registro del mantenimiento que se les realiza, cuando algo se descompone únicamente se cambia la pieza, se desconoce el tiempo de duración de las chumaceras y cojinetes, lo que indica que el mantenimiento que se les realiza a los turbos de aire es correctivo, aunque la limpieza sea mantenimiento preventivo. Los motores son inspeccionados por el personal del departamento eléctrico y si algo eléctrico se avería, ellos son los encargados de realizar el mantenimiento. Uno de los problemas más comunes en los turbos de aire es el desbalanceo del impeler o aspas, para su reparación es necesario solicitar ayuda al departamento de mantenimiento general, el balanceo consiste en detectar por medio de un sensor de vibración cual es la sección del impeler que tiene más peso y por medio de tuercas o roldanas se le coloca contrapesos hasta que

queda balanceado, es un proceso largo pero por la carencia de equipo sofisticado es el más efectivo.

- **Compresor de aire**

El mantenimiento para el compresor de aire consiste en cambio de filtro, revisión del equipo; reguladores de presión, cheques, tubería, empaques de hule, válvula de parada, (ver que no halla ninguna fuga de aceite), limpieza o cambio de trampa de aire, mantenimiento de separadores, indicadores de temperatura y cambio de aceite (Sullair 24 KT), lamentablemente no existe un formato en el cual se pueda llevar registros detallados y ordenados del mantenimiento que se le realiza, todos los reportes están hechos en hojas en blanco y almacenados en fólder lo que podría ocasionar pérdidas de la información.

El mantenimiento que se realiza en el compresor es del tipo preventivo y correctivo, ya que se programan fechas de mantenimiento general para evitar paros en la maquinaria, pero por falta de control, algunas veces llega a fallar el equipo y se tiene que realizar el mantenimiento no programado.

3.11. Equipo utilizado para el mantenimiento de turbos y compresor de aire

Mantenimiento preventivo turbos de aire

- Detector de vibración (Digital)
- Graseras para lubricación periódica
- Estetoscopio para detección de cojinetes en mal estado.

Mantenimiento correctivo turbos de aire.

- Herramientas mecánicas
- Compás para el balanceo del turbo

Mantenimiento preventivo de compresor de aire.

- Indicadores de temperatura
- Indicadores de presión
- Reguladores de presión
- Todos los indicadores de servicio del compresor

Mantenimiento correctivo de compresor de aire.

- Herramientas mecánicas
- Equipo nuevo para el compresor (filtros, intercambiadores, secadores, válvulas reguladoras de presión, manómetros, tuberías, empaques, trampas de aire, indicadores de servicio de la maquina, etc., todo lo necesario para el buen funcionamiento del compresor.

4. MEJORAS DE LAS CONDICIONES LABORALES Y SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

4.1. Clasificación de materiales para el proceso de producción

Para poder clasificar los materiales que son utilizados la galvanización de lámina, fue necesario acudir a las hojas técnicas de los materiales mostradas en los anexos B., de este documento, con ellas se pueden determinar el estado físico y peligrosidad de los materiales con que se trabajan.

Después de analizar la situación actual en que los trabajadores manipulan los materiales de producción y los riesgos que corren por trabajar con productos químicos en el capítulo 3, basados en esto, se logró determinar que los operarios están en contacto directo con los materiales del proceso ya sea por inhalación o por contacto directo, es por eso que los materiales de producción se han clasificado en la tabla XIII, por su estado físico, peligrosidad y circunstancias de exposición.

Al clasificar los materiales según su estado físico, se puede encontrar un área adecuada para el almacenamiento de estos, con la finalidad de no mezclar productos líquidos con productos sólidos o polvos.

Al clasificar los materiales de producción según su peligrosidad se pueden tomar las medidas de seguridad pertinentes, como tipo de mascarilla a utilizar, si es o no necesario utilizar guantes para su manejo y además conocer las circunstancias de exposición en la que pueden estar los trabajadores.

Tabla XIII. Clasificación de materiales de producción

Materiales de Producción	Líquido			Polvo			Sólidos			Circunstancias de exposición	
	P.I.	P.C.	P.E.P.	P.I.	P.C.	P.E.P.	P.I.	P.C.	P.E.P.		
A. Clorhídrico										X	Vapores
											Humos
										X	Temp. Ambiente
Ácido Crómico										X	Vapores
											Humos
										X	Temp. Ambiente
Desengrasante										X	Vapores
											Humos
										X	Alta temperatura
Amonio											Vapores
										X	Humos
										X	Alta temperatura
Azufre											Vapores
										X	Humos
										X	Alta temperatura
Plomo											Vapores
										X	Humos
											Alta temperatura
Zinc											Vapores
										X	Humos
										X	Alta temperatura
Estaño											Vapores
										X	Humos
											Alta temperatura

Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

P.I: Peligro por inhalación.

P.C: Peligro por contacto físico.

P.E.E: Peligro por exposición prolongada.

4.2. Mejoras de las condiciones laborales

Es necesario que para la implementación de un programa de seguridad e higiene industrial las condiciones laborales sean óptimas, ya que de no ser así se corre el riesgo de que el programa no quede bien implementado, es por eso que se aplico una técnica japonesa con el nombre de 5S orientada a la eliminación de los riesgos y condiciones inseguras, existentes en la planta de lámina galvanizada.

4.2.1. Aplicación de la técnica 5S

Para la realización de esta técnica es necesario la realización de 5 etapas que tienen como función clasificar, descartar, organizar, limpiar, tener higiene, visualizar, ser disciplinados y comprometerse con la mejora de la planta de lámina.

4.2.1.1. Seiri (Clasificación y descarte)

Para la aplicación de esta etapa fue necesario realizar una lista de accesorios, equipo, materiales y aparatos que no tienen un lugar específico dentro de la planta, siguiendo los lineamientos de esta etapa (capítulo 1 de este documento) se pudo realizar la tabla XIV. Clasificación y descarte, que se muestra en la siguiente página. Vale la pena aclarar que muchas de las cosas que para otros son chatarra para planta de lámina muchas veces son muy útiles, ya que depende de ellas para realizar arreglos a las instalaciones. En el descarte habrá algunas cosas que seguirán en la planta por beneficio de ésta, pero se le ubicara en un lugar adecuado en donde no haga estorbo o interrumpa el flujo del proceso y de operarios. En la figura 16, se observan algunas de las cosas que se recomiendan reducir o clasificar y descartar.

Figura 16. Materiales para el descarte.



Fuente: Fotografías. Materiales para el descarte. Planta de galvanización de lámina. AGSA.

Tabla XIV. Clasificación y descarte

Lista para clasificación	Útil		No útil		Recomendación
	Reparar	Guardar	Donar	Tirar	
Accesorios para la línea de producción		X			Ubicarlos en la parte trasera de la planta
Angular				X	Seleccionar el que este en buen estado
Araña para transportar lámina		X			Tener un área específica para ubicarlo
Bomba auxiliar de agua		X			Ubicarla en bodega de mecánica
Cables eléctricos y fajas viejas			X		Seleccionarlas y darlas al taller eléctrico
Cadenas		X			Juntarlas y reubicarlas
Cajas de madera de equipo				X	Ver si le es útil para otro departamento
Cama de transporte de la lámina	X	X			
Campana de extracción de humos	X	X			Ubicarla en la parte trasera de la planta
Guías de lámina hacia la olla de zinc		X			Juntarlas y definir su ubicación
Ladrillos refractarios, arena y concreto		X		X	Seleccionar el que este bueno
Madera vieja				X	Tirlarla o ver si alguien la quiere
Materiales de producción		X			Buscar ubicación
Mesas de angular				X	Tirlarlas, no están sirviendo actualmente
Motores y moto reductores	X	X			Crear un área específica
Olla de zinc		X			
Pedazos de varilla				X	Seleccionar lo útil
Pedazos de hierro				X	Seleccionar lo útil
Pedazos de vigas I. (Cuñas de rollos de M.P)				X	Seleccionar lo útil
Poleas y esproquets		X			Ubicarlas en bodega de mecánicos
Puente de la grúa			X		
Rodillos de hule para línea de producción		X			Buscar una ubicación
Rodillos de la maquina de corrugación		X			Buscar una ubicación
Rodillos para galvanización		X			Buscar una ubicación
Tablones de madera				X	Tener solo lo necesario
Tanques de enjuague, ácidos		X			
Toneles de ácido vacíos			X		Hablar con proveedores para entregarlos
Toneles de flux				X	Tener únicamente lo necesario
Tornillos y tuercas		X			
Tubería de diferentes dimensiones		X			Seleccionar lo que este en buen estado
Turbos de aire (3)		X			Ubicarlos en un área determinada

Fuente: Clasificación planta de lámina galvanizada.

4.2.1.2. Seiton (Organización)

Cada cosa debe tener un único y exclusivo lugar, donde debe encontrarse antes de su uso y después de utilizarlo debe volver a él. Este principio es muy difícil de cumplirse en un lugar que carece de espacio libre como lo es la planta de lámina, a pesar de ello existen pequeños lugares donde se puede organizar y ubicar algunas cosas clasificadas en la tabla XIII. (Pág. 84).

Lamentablemente para que las condiciones de espacio y orden se solucionen en la planta de lámina, es necesario el traslado de toda la planta de producción hacia un lugar más amplio que permita organizar de una mejor manera toda la maquinaria, equipo y materiales de producción, por lo que únicamente se darán algunas recomendaciones que podrían mejorar y organizar de una mejor manera la planta actual.

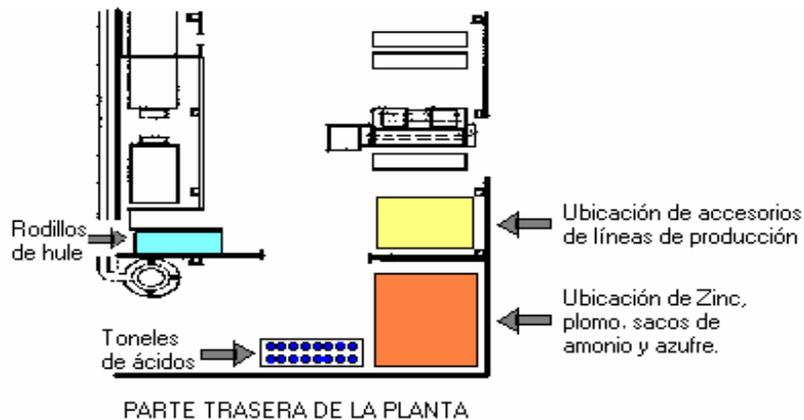
Recomendaciones:

- Todos los materiales para la producción (zinc, plomo, sacos de amonio, azufre y toneles de ácido) deben ser ubicados en la parte trasera de la planta de lámina, en la cual se podría manejar la cantidad necesaria para su utilización diaria.
- El puente grúa que está ubicado en la parte trasera de la planta debe de llevarse a la parte trasera de la chatarra para buscarle utilización.
- Todas las cadenas, tornillos, esproquets y la bomba auxiliar de agua deben ser guardados en el cuarto mecánico que se encuentra ubicado en la mitad de la planta.

- Todos los toneles de ácido deben ser desalojados inmediatamente después de ser vaciados y devueltos a la bodega para que sean entregados de nuevo al proveedor
- La olla de zinc de la línea que no está habilitada ocupa mucho espacio, está ubicada a un costado de la nave y de la bodega de producto terminado por lo que no interfiere con el proceso y tránsito de personas, pero tiene dentro y encima de ella motores, motoredutores, cajas de madera, rodillos de galvanización y guías para el galvanizado, todos estos deberán ser desalojados.
- Los rodillos de hule para el transporte de lámina y los rodillos para galvanización deben ser ubicados en un área específica. Los motores y motoredutores deben de ser entregados al taller eléctrico para su mantenimiento y almacenamiento
- La campana de extracción de humos debe ser ubicada en el área junto a la olla de zinc ya que también ocupa mucho espacio

En la figura 17, se presenta el área de las ubicaciones recomendadas anteriormente para los materiales y equipo para las líneas de producción.

Figura 17. **Áreas para materiales y accesorios de producción**



Fuente: Diseño para la ubicación de materiales y accesorio de producción.

En los anexos C, de la página 195, se pueden apreciar los logros alcanzados por la aplicación de Seiton (organización)

4.2.1.3. Seiso (Limpieza)

La limpieza debe hacerla todo el mundo en la empresa, desde el jefe de la planta, pasando por mantenimiento, el técnico hasta el mismo operario. Es importante, pues, que cada trabajador tenga asignada una pequeña zona de su lugar de trabajo que deberá tenerla siempre limpia bajo su responsabilidad. No debe haber ninguna parte de la planta sin asignar.

Debe haber toneles donde se pueda depositar la basura de una forma fácil y accesible, cada depósito de basura debe tener un rotulo que indique la clase de desecho que se debe depositar en él, ya sea metal, madera o basura común, es importante educar a los trabajadores y hacerles entender la importancia de mantener limpia su área de trabajo.

El área donde se realizan trabajos de herrería y mecánica debe tener los tres tipos depósitos y clasificar de una forma correcta sus desechos, el área de corte de lámina debe tener un deposito grande en donde puedan almacenar el material con que vienen protegidos los rollos de lámina, las demás áreas de trabajo deben tener depósitos para evitar bolsas, guaipe y papel en el suelo, cualquier parte de la planta donde halla algún derramamiento de bunker y aceite debe de ser limpiado inmediatamente para evitar accidentes. Todos deben limpiar utensilios y herramientas al terminar de usarlos y antes de guardarlos.

En la figura 18, se puede ver un depósito de volumen grande que es utilizado para desechos metálicos sólidos, ya que en su mayoría los desechos son de chatarra que sale del proceso de producción.

Figura 18. **Depósito de chatarra**



Fuente: Fotografía. Área designada para el depósito de desechos metálicos.

Es responsabilidad del jefe de planta facilitar todos los accesorios necesarios para la limpieza y mantenimiento de las áreas de trabajo y solo haciéndose responsables todos los operarios de la limpieza de sus puestos de trabajo se lograra visualizar un cambio en la planta.

4.2.1.4. Seiketsu (higiene y visualización)

Es importante que las actividades de limpieza queden establecidas como obligaciones del trabajador en su puesto de trabajo y que si hace caso omiso de sus obligaciones podrá ser sancionado con una suspensión por el incumplimiento de sus obligaciones, sólo así se podrá mantener limpia un área en donde ya han sido aplicadas las tres etapas anteriores.

Es importante que exista una persona responsable de verificar que la limpieza se está realizando correctamente y reportar que área de la planta necesita mejorar. Para esto se puede valer de inspecciones visuales diarias antes y después de terminar el turno de trabajo. En la figura 19, se puede observar al encargado de la limpieza general realizar una de las actividades asignadas que es la de verificar y mantener las áreas de trabajo libres de chatarra o suciedad.

Figura 19. **Encargado de limpieza general**



Fuente: Fotografía. Encargado de limpieza general.

Todos los trabajadores deben de crear conciencia y saber que cualquier área que no este correctamente limpia puede ocasionar problemas a cualquiera que este dentro de la planta aunque no sea su área de trabajo y deberá reportarlo al encargado de limpieza y orden para que solucione el problema.

4.2.1.5. Shitsuke (Compromiso y disciplina)

Cada persona que labore dentro de la planta debe de comprometerse a mantener lo más limpio posible su área de trabajo, esto es un paso muy grande

pero no imposible, es necesario que las personas se acostumbren a trabajar de una manera ordenada y limpia para evitar ensuciar, todos deben de disciplinarse y tener en mente que la limpieza de la planta les corresponde a todos y por una pequeña área de trabajo que este sucia todo el trabajo realizado en otras áreas no servirá de nada, las personas que manejen equipo y herramientas de trabajo como lo mecánicos y herreros que acuden a casi todas las áreas de la planta para trabajar, es su obligación limpiar inmediatamente el área donde hallan trabajo.

Para que las personas se comprometan al cambio de la planta se establecieron actividades cada fin de semana, donde se debe realizar el mantenimiento general de la planta; se limpiaran y pintaran paredes de ser necesario en todas las áreas de trabajo, equipo como motores, turbos de aire y los tanques del proceso deben de ser limpiados y protegidos correctamente para que la corrosión no les deteriores y puedan ocasionar accidentes. Todas las personas participaran en la limpieza el día sábado, siendo esta una obligación.

La aplicación de esta técnica es un proceso largo pero se debe de acostumbrar y formar al personal para que se logren romper los malos hábitos y se logre poner en práctica todas las ideas buenas que se tengan respecto a la mejora continua de la planta.

4.3. Mejoramiento de los agentes que provoquen riesgos de accidentes en el proceso de producción

En la tabla VII, detección de causas de accidentes, página 50, se puede visualizar cuales son los riesgos más importantes que existen en la planta de lámina y en la figura 7. Diagrama causa y efecto de accidentes laborales,

página 51, se puede ver cuales son los factores que provocan la mayoría de riesgos de accidentes, con la ayuda de esta información es posible decir que la mayoría de riesgos de accidentes son debidos a zonas de trabajo no adecuadas, maquinaria en mal estado y piezas en movimiento no protegidas.

Dentro del proceso de implementación de las mejoras de las condiciones laborales se ha logrado la reparación de escaleras, gradas, algunas instalaciones eléctricas, protección de piezas en movimientos, guardas de protección de motores y reparación piezas en mal estado como cadenas. En la figura 20, se pueden observar la mejora que se realizo para proteger las piezas en movimiento como cadenas, al igual que fueron remplazadas por cadenas en buen estado.

Figura 20. **Protección de piezas en movimiento**



Fuente: Fotografías. Protección de piezas en movimiento. Planta de lámina galvanizada.

A la protección de maquinaria y piezas en movimiento se le ha dado prioridad, hasta el punto de lograr eliminar cualquier riesgo de accidente por falta de protección en motores, turbos de aire, fajas, esproquets, cadenas y rodillos.

A continuación en la figura 21, se pueden observar el tipo de protección que se le ha adaptado a los turbos de aire y motores que transmiten potencia por medio de fajas.

Figura 21. **Guardas de protección**



Fuente: Fotografía. Guardas de protección en equipo mecánico. Planta de lámina galvanizada.

Cada motor, turbo de aire, fajas, esproquets, cadenas y piezas en movimiento que presentaban un riesgo de accidentes han sido protegidos y aislados.

Otro factor que presenta riesgos de accidentes, son los equipos y maquinaria que no tienen ningún tipo de anclaje y están mal ubicados, tales como los turbos aire, se recomienda buscar la ubicación correcta, asegurándolos con su anclaje y tratando la manera de dejar espacios libres donde se labora y transita el personal, de los tres turbos, únicamente uno se ha logrado ubicar correctamente, anclándolo y dejando espacio libre para el transito de los operarios

Lamentablemente no solo la maquinaria provoca riesgos accidentes en la figura 7 (Pág. 51) de este documento, se puede ver que existen riesgos de

accidentes por descuidos, imprudencias y falta de equipo de seguridad y la mejora de estos factores únicamente se lograra educando por medio de conferencias y capacitación al personal que labora dentro de la planta.

4.4. Programa de seguridad e higiene industrial.

El programa que a continuación se presenta, consiste en implementar normas para la utilización de equipo de seguridad, identificación de código de colores, señalización de seguridad industrial, procedimientos para el manejo de materiales de producción, programa contra incendios, formatos de control y formatos para el control de actividades de limpieza, con la cual se pretende alcanzar los siguientes objetivos.

4.4.1. Objetivos

- Delimitar las áreas con mayor frecuencias de riesgos y accidentes laborales para atacar el problema directamente de donde proviene
- Eliminar riesgos y causas de accidentes mejorando las áreas y métodos de trabajo
- Eliminar cualquier contaminante en el ambiente de trabajo, utilizando métodos correctos para el manejo del contaminante encontrado
- Implementar la protección al trabajador asegurándolo de todo riesgo que dañe su salud física y mental
- Educar al trabajador sobre los medios y métodos del programa de seguridad e higiene industrias, enseñándole procedimientos para el

manejo de materiales peligrosos, procedimientos contra incendios, códigos de colores, señales de seguridad e higiene industrial, vías de evacuación y el mantenimiento integral de las áreas de trabajo.

4.4.2. Normas y políticas

El programa de seguridad debe de tener un reglamento, en donde se definan cuales son las responsabilidades que deben tener todo miembro de la planta al momento de pertenecer a ella, para su efecto, a continuación en la figura 22, se presentan las normas para el uso del equipo de protección y las políticas de programa de seguridad e higiene industrial.

Figura 22. **Normas y políticas para el uso de equipo de seguridad e higiene industrial**



**PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA.
NORMAS Y POLITICAS DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL.**

NORMAS PARA EL USO DE EQUIPO DE SEGURIDAD SE PUESTO DE TRABAJO

- 1- **Jefes de corte:** deberán utilizar en todo momento el casco de protección y los guantes y mascaría teniendo como opcionales los taponos de oído según las condiciones del ambiente en que estén laborando
- 2- **Alimentadores de galvanización:** deberán utilizar en todo momento el casco de protección, los guantes y mascarías, teniendo como opcional los lentes de Protección para cuando sean necesarios (control de nivel de tanques.)
- 3- **Horneros y ayudantes:** por la alta peligrosidad de su puesto de trabajo deberá utilizar en todo momento el casco de protección, guantes, camisa de lona, zapatos de cuero y mascaría, teniendo como opcionales los lentes de protección para cuando sean necesarios. La camisa de lona deberá utilizarla cada vez que éste añada zinc, plomo, estaño, realice trabajos cerca de la olla de galvanización, controle los niveles de los tanques de ácido y la temperatura de horno

Continuación

- 4- **Inspector de galvanizado:** deberá utilizar en todo momento el casco de protección y guantes de hule. La mascaría y tapones de oídos los utilizará cuando los niveles de humo y decibeles se aumenten en la planta o realice cualquier otra función laboral que requiera del equipo.
- 5- **Jefe de corrugación y ayudantes:** por el puesto que ocupa los decibeles son elevados por lo que deberá utilizar en todo momento tapones de oído, casco y guantes de hule
- 6- **Mecánico y ayudante:** deberá utilizar en todo momento casco y guantes, la mascaría, tapones de oído y los lentes de protección los deberán utilizar cuando realicen actividades como mantenimiento de tanques etc.
- 7- **Soldador:** deberá utilizar casco y guantes cuando este realizando trabajos en la planta y cuando utilice la soldadora deberá utilizar la careta de protección, cuando utilice la cortadora deberá utilizar el casco de protección y lentes de protección.
- 8- **Asistente de planta:** deberá utilizar el casco y guantes en todo momento de trabajo que realice en la planta y utilizará la mascaría cuando realice trabajos que lo requieran
- 9- **Conserje:** deberá utilizar el casco de protección, guantes de hule, y mascaría todo el tiempo.
- 10- **Jefe de planta:** deberá utilizar en todo momento el casco y utilizará guantes y mascaría cuando sea necesario.

POLÍTICAS DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD E HIIGIENE INDUSTRIAL

- 1- Todo equipo de seguridad; guantes, casco de protección, mascaría, tapones de oído lentes de protección, etc., son responsabilidad del trabajador y deberá conservarlos en Buen estado el mayor tiempo posible y cuando estos se deterioren se deberán de entregar al asistente de la planta para que se les proporcione un nuevo equipo.
- 2- De no utilizar algún accesorio de seguridad o cometer algún acto imprudente se deberá de llamar la atención por escrito a la persona que cometa tal imprudencia, por medio de una carta firmada por el jefe de planta.
- 3- Si a una persona ya se le ha llamado la atención por escrito, por cometer un acto imprudente, se le deberá suspender de sus labores por volver a cometer otro acto inseguro
- 4- A cada persona según su puesto de trabajo se le ha designado la utilización de equipo de seguridad específico y la no utilización de éste es motivo de un llamado de atención por escrito, por medio de un carta elaborada por el jefe de planta.
- 5- Cada trabajador es responsable de la limpieza y buen estado de su área de trabajo, el no cumplir con esta responsabilidad es una falta para el programa.

Fuente: Planta de lámina. Aceros de Guatemala. S.A.

4.4.3. Mejora del manejo de agentes contaminantes encontrados

Para poder determinar el equipo de seguridad adecuado a utilizarse para el manejo de agentes contaminantes tales como ácido clorhídrico, ácido crómico, amonio, azufre, plomo, zinc, desengrasantes y productos derivados del petróleo como bunker y aceites, es recomendable abocarse a las hojas de seguridad que estos materiales traen, por lo que se deberá de utilizar la hoja técnica de especificaciones de cada producto que se encuentran en los anexos C, de la página 195.

Para mejorar el manejo de los agentes contaminantes, es necesario utilizar el equipo de seguridad adecuado, es por eso que según las experiencias encontradas en la planta, hojas técnicas y condiciones de trabajo se recomiendan los siguientes equipos de seguridad para la protección del trabajador.

En la figura 23, se puede apreciar las fotografías de algunos equipos seleccionados durante el proceso de implementación.

- **Casco de protección:** Casco de seguridad marca SIISA.
INFRA SAFETY CAP. Meets: ANSI Z89.1-2003
Modelo: 1CP210.
Hecho en México, por Soldadoras Industriales INFRA. S.A. de C.V.
Fabricado de polietileno de alta densidad, resistentes al impacto, que ofrece protección a la penetración y protección dieléctrica 20,000 V.
- **Guantes:** Los guantes fabricados en el mercado nacional, para la utilización en el proceso se utilizaran de dos tipos, guantes de hule para

lugares donde se manejen líquidos y guantes de lona o cuero, en donde se trabajen con altas temperaturas.

- **Mascarías de protección:** Respirador contra partículas. 3M-8247. Aprobado por NIOSH: R95. (Referente a seguridad industrial)
Ofrece un mínimo del 95 % de eficiencia de filtración contra partículas, aerosoles de sólidos y líquidos, incluyendo los que contengan aceite.
Uso: Contra partículas sólidas como las de procesamientos de minerales, carbón mineral, mineral hierro, algodón, harina y algunas otras sustancias, líquidos o partículas con aceite en spray que no produzcan vapores dañinos, proporciona alivio, contra vapores orgánicos a un nivel modesto.
- **Tapones de oídos:** 3M-1271.
Clase AL (CSA Z94.2-94)
Tapones reutilizables, con cordón y estuche.
Nivel de reducción del ruido de 24 dB.
Para una protección correcta, se debe de ajustar el tapón al ingresar a zonas donde hallan desibeles elevados.
- **Lentes de protección:** Venture. Fabricados por PYRAMEX.
ANSI Z87.1-2003.
Fabricados de poli-carbonato resistente a impactos y tiene una cubierta anti-ralladuras. No protege contra peligros de impactos grandes. Ofrecen el 99 % de protección contra radiación (uv).
No ofrece protección contra líquidos a temperaturas elevadas, ya que esta hecho de plástico.

Figura 23. **Equipo de protección**



(a)



(b)



(c)



(d)

Fuente: Fotografía. Equipo de seguridad industrial. (a) Casco de protección. (b) Mascarilla de protección. (c) Tapones de oídos. (d) Lentes de protección. Planta de lámina galvanizada.

4.4.4. **Equipo de seguridad para el trabajador, según su área y puesto de trabajo.**

Para que la implementación del equipo de seguridad e higiene industrial sea efectiva, es necesario que a cada trabajador se le proporcione el equipo ideal según su puesto de trabajo, ya que no todos trabajan con las mismas condiciones y riesgos. A continuación se propone el equipo de seguridad idóneo para cada puesto de trabajo, según las condiciones presentadas en el capítulo 3, sobre el manejo de los materiales de producción y agentes contaminantes encontrados en la planta.

- **Jefes de corte:**
 - Casco de protección INFRA.
 - Guantes de lona.
 - Mascaría 3M 8247.
 - Tapones de oídos 3M-1271

Los tapones de oídos se deben de tener a disposición del trabajador ya que eventualmente sube el nivel de decibeles en la planta.

- **Alimentadores de galvanización:**
 - Casco de protección INFRA.
 - Guantes de hule.
 - Mascaría 3M 8247.
 - Lentes de protección Venture.

Los lentes de protección se deben utilizar cuando se revisen los niveles de los tanques.

- **Horneros, jefes de turnos y ayudantes:**
 - Casco de protección.
 - Guantes lona.
 - Mascaría 3M 8247.
 - Lentes de protección.
 - Botas de cuero.
 - Camisa de lona.
 - Tapones de oído.

- **Inspector de galvanizado:**

- Casco de protección INFRA.
- Guantes de hule.
- Mascaría 3M 8247.
- Tapones de oído 3M-1271

Los tapones de oído se deberán cuando se corruga la lámina ya que la maquina corrugadora eleva el ruido hasta los 90 decibles

- **Jefes de corrugadora y ayudantes:**

- Casco de protección INFRA.
- Guantes de lona.
- Tapones de oído 3M-1271
- Mascaría 3M 8247.

- **Mecánico y ayudante:**

- Casco de protección IINFRA.
- Guantes lona.
- Mascaría 3M 8247.
- Lentes de protección Venture
- Tapones de oídos 3M-1271.

- **Conserje:**

- Casco de protección INFRA.
- Guantes de lona.

- Mascaría 3M 8247.

- **Soldador:**

- Casco de protección INFRA.
- Casco de soldador.
- Lentes de protección de soldador.
- Mascaría 3M 8247.
- Guantes de lona.
- Tapones de oído 3M-1271

- **Asistente de planta:**

- Casco de protección INFRA
- Guantes de lona.
- Mascaría 3M 8247.

- **Jefe de planta:**

- Casco de protección INFRA
- Guantes de lona.
- Mascaría 3M 8247.

El equipo de seguridad antes mencionado lo deberán utilizar cuando se encuentren en la planta, teniendo como obligación la utilización del casco en cualquier área de la empresa.

Al ingresar cualquier persona ajena a la planta de lámina galvanizada deberá utilizar únicamente las vías de recorrido estipuladas en la Figura 30(a)

página No. 118 y no deberá ingresar a áreas que estén restringidas y en las cuales halla peligro.

4.4.5. Señales de seguridad e higiene industrial

Las señales de seguridad e higiene industrial se clasificaran de la siguiente manera:

- Señales de prohibición
- Señales de advertencia
- Señales de obligación
- Señales de vías de evacuación

- **Señales de prohibición:**

Estas señales deberán ser colocadas en lugares en los cuales no es permitido ingresar, utilizar o realizar diversas actividades al personal de planta

Las señales de prohibición a utilizar son las siguientes:

Figura 24. **Señales de prohibición.**

SF-UNE22		210x210 mm. FOTOLUMINISCENTE	PROHIBIDO FUMAR USO: Señal que indica las zonas donde no se puede fumar.
SF-UNE6		297x148 mm. FOTOLUMINISCENTE	NO UTILIZAR EN CASO DE EMERGENCIA USO: Identifica las puertas que <u>no</u> se deben emplear en caso de emergencia

Fuente: www.señalesdeseguridad.com

- **Señales de advertencia:**

Estas señales deberán ser colocadas en sus respectivos lugares y en un lugar es donde sea fácil su visibilidad.

Figura 25. **Señales de advertencia**



Fuente: www.señalesdeseguridad.com

- **Señales de obligación:**

Las señales de obligación conforman una de las más importantes herramientas para la prevención de accidentes, por eso es necesario que se coloquen estas señales en la mayor parte de la planta de lámina, cada área de trabajo deberá tener las siguientes señales en lugares visibles.

Figura 26. **Señales de obligación**



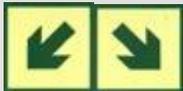
Fuente: www.señalesdeseguridad.com

- **Señales de vías de evacuación**

Las señales de vías de evacuación son indispensables en áreas productivas como la planta de lámina galvanizada, ya que estas pretenden guiar e indicar el recorrido al personal en caso de una emergencia que requiera una evacuación. En la figura 27, se muestra la señalización recomendada para las vías de evacuación a utilizar dentro de la planta y en la figura 30, de la página 118, se presenta un plano donde se especifica las vías de recorrido y vías de evacuación recomendadas para la planta de lámina galvanizada.

Figura 27. Señales de vías de evacuación.

Señalización para vías de evacuación

REF.	PICTOGRAMA	Características	Definición S/U.N.E. 23-033-81 y 23-034-88
SF-4030		297x148 mm. FOTOLUMINISCENTE	SALIDA DIRECCIONAL DERECHA USO: Dirección a seguir para la localización de la salida de emergencia
SF-UNE4		210x210 mm. FOTOLUMINISCENTE	SALIDA EN CASO DE EMERGENCIA USO: Será instalada para indicar que puerta puede ser utilizada en caso de emergencia
SF-4031		297x148 mm. FOTOLUMINISCENTE	SALIDA DIRECCIONAL IZQUIERDA USO: Dirección a seguir para la localización de la salida de emergencia
SF-4032		297x210 mm. FOTOLUMINISCENTE	SALIDA DE EMERGENCIA USO: Será instalada para indicar que puerta puede ser utilizada en caso de emergencia
SF-4017		297x148 mm. FOTOLUMINISCENTE	SALIDA USO: Salida habitual, debe instalarse sobre la puerta de salida
SF-UNE20		297x148 mm. FOTOLUMINISCENTE	SALIDA USO: Salida habitual, debe instalarse sobre la puerta de salida
SF-UNE24B		297x148 mm. FOTOLUMINISCENTE	FLECHA DIRECCIONAL BAJADA Evacuación indicará la dirección de las vías de evacuación
SF-UNE24H		297x148 mm. FOTOLUMINISCENTE	FLECHA DIRECCIONAL Evacuación indicará la dirección de las vías de evacuación
SF-UNE24S		297x148 mm. FOTOLUMINISCENTE	FLECHA DIRECCIONAL SUBIDA Evacuación indicará la dirección de las vías de evacuación

Fuente: www.señalesdeseguridad.com

4.4.6. Código de colores para toda la línea de producción

La codificación de colores en la planta de lámina se realiza basándose en el código de colores general de la empresa ya que el un grupo de jefes de planta y jefes de producción determinaron los colores básicos que se deben implementar en este. Los colores de identificación de tuberías para transporte de fluidos en estado líquido o gaseoso se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XV. **Colores de identificación de tuberías para fluidos.**

Fluido	Color Básico	Color Complementario
Aire Comprimido	Azul	
Agua potable.	Verde	
Agua uso industrial	Verde	Negro.
Agua residual	Verde	Negro + Negro.
Contra incendios	Rojo	
Petróleo, Búnker	Aluminio	
Vapor de agua.	Amarillo	Verde
Tubería eléctrica.	Gris.	

Fuente: Código de colores. Planta Aceros de Guatemala S.A.

- **Clasificación:**

El presente código de colores indica el significado y la forma de aplicación de una serie de colores a utilizarse en la identificación de tuberías para transporte de fluidos en estado líquido o gaseoso, en las diversas plantas de Aceros de Guatemala.

Se deberá colocar en lugares accesibles a todo el personal de la planta, el significado correspondiente de cada color.

- **Identificación de tuberías:**

Las tuberías se deberán identificar pintándolas en su totalidad con el color básico correspondiente, incluyendo los accesorios. Adicionalmente se deberá pintar franjas de color complementario en el caso que corresponda, ubicándose dichas franjas en lugares visibles y/o cercanos a los accesorios. El ancho de las franjas se indica en la siguiente tabla:

Tabla XVI. **Ancho de la franja para la identificación de tuberías.**

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Ancho de la franja (mm)
menos de 50	200
de 50 a 150	300
de 150 a 250	600
más de 250	800

Fuente: Código de colores. Planta Aceros de Guatemala S.A.

- **Leyendas:**

La identidad del fluido se completará indicando en la leyenda o letrero la peligrosidad del mismo. La leyenda deberá pintarse sobre el color de identificación básico.

Las letras de la leyenda se deberán pintar en color blanco o negra, escogiendo el que corresponda para lograr un mejor contraste y se colocaran directamente sobre la tubería o mediante un letrero fijado a ella, de preferencia cerca de las válvulas de carga y descarga, y en cualquier otro sitio que se considera necesario para la seguridad operativa.

- **Dirección del fluido:**

La dirección de circulación del fluido se indicara mediante flechas, se pintaran sobre el color de identificación básica.

Las flechas deberán ser en color blanco o negro, escogiendo el que corresponda para lograr un mejor contraste. Si la tubería tuviera letrero, la dirección del flujo podrá indicarse recortando el extremo correspondiente del letrero a manera de cabeza de flecha.

4.4.7. Programa para el manejo de materiales que se utilizan en el proceso de producción.

Todo producto químico que se utiliza en el proceso de producción de lámina galvanizada tiene una hoja técnica que indica la manera que debe de ser manejado el producto, es muy importante que estas hojas técnicas se utilicen, ya en ellas se encuentran características detalladas del producto que podrían ayudar a prevenir o solucionar un accidente.

Para poder utilizar los materiales de producción de forma correcta, es necesario que se les haga llegar las hojas técnicas de los productos al personal encargado, es necesario explicarles las consecuencias y contingencias que se resumen en ellas, solo así se podrá evitar realmente accidentes laborales con los materiales de producción. Las hojas técnicas de los productos químicos que se utilizan en el proceso de producción de lámina galvanizada se encuentran en los anexos A, de la página No. 167 a la 176 de este documento.

4.4.8. Programa contra incendios

Un incendio se considera altamente peligroso en la planta por los agentes químicos y el combustible que se utiliza para la producción, por lo que se recomienda seguir los procedimientos que a continuación se describen:

En el caso de que se produzca un fuego hay dos problemas a considerar, al tratar de evitar que aquél se extienda:

1. ¿Puede apagarse fácilmente el fuego?
2. En caso contrario, ¿cómo puede disminuirse o detenerse su propagación?

La acción requerida en el caso de que el fuego sea pequeño y parezca fácil de apagar constituye los primeros auxilios, en la lucha contra el fuego. Si no es fácil eliminar el combustible, excepto en el caso de los incendios por gas, en que puede cerrarse la llave principal de paso, deberá enfriarse el fuego y restringir la entrada de oxígeno. Esto puede lograrse mediante el uso de extintores de incendio diseñados para controlar los diferentes tipos de fuegos, los cuales se clasifican como sigue:

Clase A: son los fuegos que afectan al material orgánico sólido, en los que pueden formarse brasas, por ejemplo la madera, el papel, la goma, los plásticos, y los tejidos. Para esta clase de fuego se utilizan los extinguidores que aplican agua a chorro o pulverizada.

Clase B: son los fuegos que afectan a líquidos o sólidos fácilmente fundibles, por ejemplo el etanol, el metanol, la gasolina, la parafina, y la cera de parafina. Para esta clase de fuegos se utilizan extinguidores que contienen bióxido de

carbono, polvos químicos secos, espuma, y líquidos vaporizantes; con este tipo de fuego, el empleo de agua pulverizada deberá llevarse a cabo únicamente por personal entrenado en esta actividad.

Clase C: son los fuegos en que intervienen escapes de gas, escapes de gas licuado, o cuando dicho gas se vierte, por ejemplo los gases de petróleo líquido. Con esta clase de fuego se utilizan extinguidores que contienen espuma o polvos químicos secos.

Clase D: son los fuegos que afectan a los metales, por ejemplo, el sodio, el magnesio, el catalizador de níquel finamente dividido. Para esta clase de fuego son adecuados los extinguidores que utilizan un polvo inerte por ejemplo de arena seca, la ceniza de sosa (carbonato anhídrido de sodio) o la caliza. Para los metales radioactivos se han creado polvos apagadores especiales.

4.4.8.1. Extinguidores

Los extinguidores que actualmente hay en la planta de lámina son de tipo industrial clase ABC, sabiendo que los fuegos eléctricos no constituyen realmente una clase separada de fuegos, sino que se les incluyen en las clases A, B, o D. Cuando una falla eléctrica haya ocasionado un fuego, y pueda cortarse la corriente, se utilizará para combatir el fuego el extinguidor del tipo adecuado ABC. Cuando no pueda interrumpirse la corriente, únicamente deberán utilizarse el bióxido de carbono (CO₂), líquidos vaporizados o polvo seco. Nunca deberá utilizarse un extinguidor de agua o de espuma en el caso de fuegos eléctricos, por razón del choque eléctrico que puede sufrirse y por el daño que se ocasionan a un equipo eléctrico costoso.

En la figura 28, se puede observar el tipo de extinguidor ABC utilizado en la planta y en la figura 29, se puede observar la ubicación de los extinguidores en la planta de lámina.

Figura 28. **Extinguidores tipo ABC.**



Fuente: Fotografía. Extinguidores Tipo ABC. SERVEXT.

Los extinguidores de fuego tipo ABC localizados en planta de lámina galvanizada deberán ser inspeccionados mensualmente los consumos y estado del extinguidor, además con el objetivo de que siempre estén recargados se deberá llenar la hoja de control que a continuación se presenta.

Tabla XVII. Formato para el control de extinguidores.

Extinguidor		CONSUMO Y RECARGA POR MES (AÑO 200__)																							
COD.	(PQS)	En.		Feb.		Mar.		Abr.		May.		Jun.		Jul.		Ag.		Sep.		Oct.		Nov.		Dic.	
	lbs.	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R
L-1	20																								
L-2	20																								
L-3	20																								

PQS: Polvo químico seco. C: Consumo R: Recarga

Fuente: Control de consumo y recarga de extinguidores.

El formato de la tabla XVII, controlará los consumos y recargas que se realizan mensualmente en la planta, además la empresa SERVEXT prestará el servicio de recarga de los extinguidores, llevando el control de los consumos mensualmente, teniendo como responsabilidad inspeccionar todos los extinguidores de la planta verificando el estado del mismo y cuando sea necesario deberá recargar o cambiar el extinguidor.

Cuando sea utilizado un extinguidor el jefe de planta tendrá la responsabilidad de informar al departamento de ingeniería para que posteriormente ellos se pongan en contacto con la empresa SERVEXT para su pronta recarga.

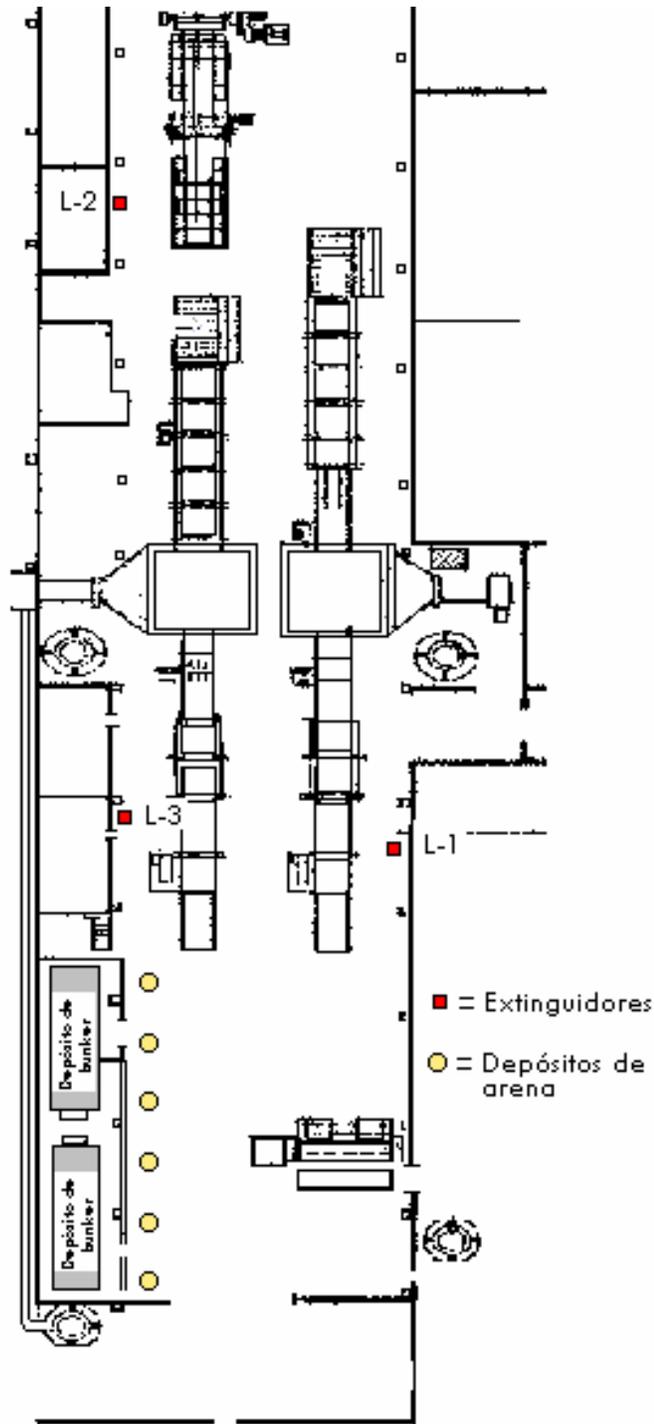
En la figura 29, de la pagina 115 se muestra la ubicación de los tres extinguidores en la planta de lámina galvanizada. Deberá de haber siempre un extinguidor en cada línea de producción L1, L2 y un extinguidor en el cuarto de control L3.

4.4.8.2. Agua.

En los fuegos que afectan a los metales no deberá usarse nunca agua, bióxido de carbono, o cualquier extinguidor que utilice líquido vaporizado, ya que podrían producirse nuevas reacciones exotérmicas, cuando se den estos casos de fuegos se deberán utilizar los depósitos de arena que se encuentran en las áreas de prevención.

La Figura 29, presenta la ubicación de los 3 extinguidores que deberán de ser utilizados en las líneas de producción y cuarto de control y los 6 depósitos de arena deberán, que deberán de ser utilizados en caso de un incendio en los depósitos de combustibles.

Figura 29. Ubicación de extinguidores y depósitos de arena



Fuente: AGSA. Planta de lámina galvanizada.

- **Acción en caso de fuego:**

Cuando se ocasiona un fuego que no puede ser tratado con seguridad utilizando equipo portátil contra incendios o si el extinguidor se ha descargado sin haber logrado mucho efecto contra el fuego, el personal deberá ser evacuado de la zona de fuego, teniendo cuidado simultáneamente de evitar que el fuego se propague, tomando las medidas siguientes:

1. Cerrando todas las puertas o ventanas con el fin de privar de oxígeno al fuego.
2. Cerrando las puertas de otras habitaciones o las de los corredores, para contener el aire caliente, evitando así o reduciendo, el riesgo de ignición de materiales inflamables en otros lugares del edificio.

La acción a tomar en caso de fuego depende de la amplitud de éste al ser descubierto. Si el fuego es pequeño:

1. Sonar la alarma.
2. Intentar los primeros auxilios contra el fuego, utilizando el extinguidor apropiado.
3. Si el fuego no está controlado al quedar descargado un extinguidor, o si el fuego va en aumento, deberá evacuarse el edificio rápidamente.
4. Comprobar que se ha llamado al servicio contra incendios.
5. No deberá volverse a entrar al edificio hasta recibir permiso oficial.

Sí el fuego esta bien desarrollado:

1. Sonar la alarma.
2. Asegurarse de que ha sido llamado el servicio contra incendios.

3. Abandonar el edificio y **NO** regresar a él.

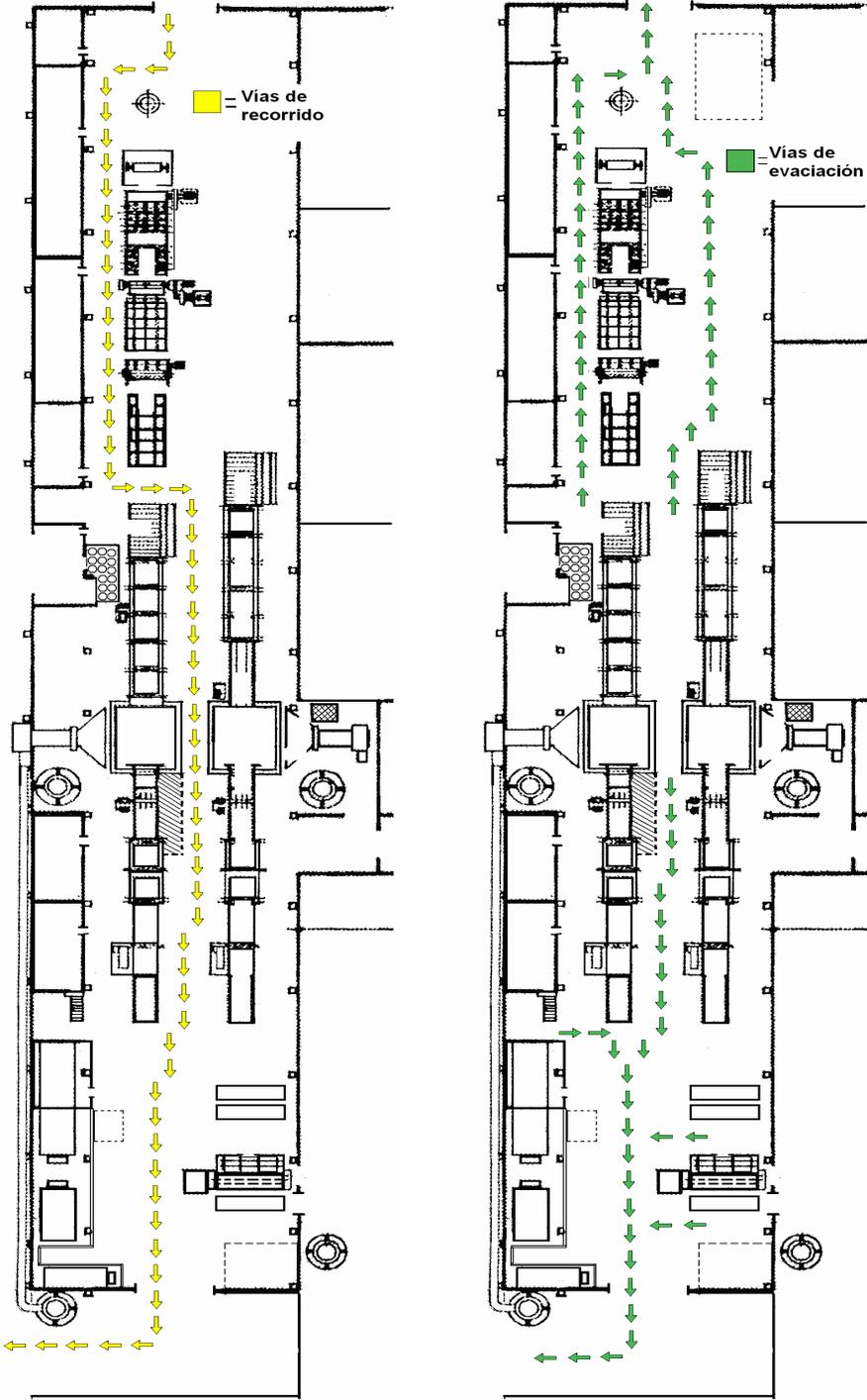
Debe recordarse que la pérdida de la vida de una persona atrapada en el fuego constituye una terrible tragedia, y que la pérdida de la vida de quien intente un salvamento constituye un desastre. Es un hecho abrumador, pero plenamente cierto, que en ocasiones la única acción que puede emprenderse cuando hay personas atrapadas por el fuego consiste en no hacer nada.

4.4.9. Vías de evacuación

Las vías de evacuaciones es uno de los grandes problemas a tratar en la planta ya que esta carece realmente de una salida directa, es por eso que se recomienda tomar en cuenta las salidas o vías de evacuación que se presentan en la figura 30. Para poder controlar al personal en medio de una crisis se debe de tener en cuenta que deben existir muchas señales e indicaciones de salida, es por eso que se recomienda que se utilicen todas las señales necesarias expuestas en la figura 27 de la página 107 y realizar simulacros de evacuaciones para que el personal tenga conocimiento sobre que hacer en caso de emergencia.

Para el simulacro se deberán hacer grupos de personas por áreas de trabajo, tomando en cuenta que existen únicamente dos salidas o entradas a la planta, el personal que labore en la planta deberá utilizar la salida más próxima a su área de trabajo, si en algún caso la emergencia o problema se da en una de las vías de evacuación, se deberá ir directamente a la otra salida, siempre y cuando lo haga de una forma ordenada, para esto se designara personal de la planta que estará a cargo de la situación de emergencia y tendrá como obligación coordinar la evacuación del personal de la planta.

Figura 30. Vías de evacuación y recorrido.



(a)

(b)

Fuente: AGSA. Planta de lámina galvanizada. a) Vías de recorrido. b) Vías de evacuación.

4.4.10. Formatos de control

Facilitarán el registro de las actividades y sucesos ocurridos en la planta, permitiendo la solución de problemas posteriores. Los formatos de control deberán de llenarse cuando ocurran accidentes laborales, inspecciones semanales de la planta, control de enfermedades ocupacionales, control para el registro de consumo de medicamentos y control de actividades de limpieza.

4.4.10.1. Accidentes

Para que cualquier accidente quede registrado todo jefe de sección y jefe de planta debe tener un bloque de fichas de control de accidente como el de la figura 31, éste se deberá llenar cuando ocurra un accidente dentro de su área de trabajo y deberá entregarse a la clínica médica, esto permitirá que se conozca el motivo del accidente y pueda buscársele una solución con el objetivo de que no vuelva a suceder.

Con el objetivo de disminuir los riesgos de accidente en la planta se recomienda realizar inspecciones periódicas de las instalaciones con el fin de detectar cualquier equipo con desperfectos que pueda provocar daños al trabajador.

Para tener el control de los desperfectos y problemas existentes en la planta se deberá llenar el formato de control de inspecciones semanales en la planta de la figura 32. Este formato pretende controlar el estado de los extinguidores de fuego, depósitos de arena, guardas de protección de los motores, depósitos de arena, rótulos de prevención, estado de la iluminación de la planta, fugas de combustible y cualquier otro desperfecto que se encuentre en la planta. El formato de control de inspecciones semanales se debe realizar cada fin de

semana con el objetivo de reportar cualquier desperfecto que se pueda solucionar durante la próxima semana, si existiera un desperfecto mayor que necesitara de alguna modificación de equipo, se deberá reportar como observación y plantear la solución del problema. El responsable de la inspección semanal de la planta deberá ser asignado por el jefe de planta, ya que se deben tener conocimiento de las instalaciones.

Figura 31. **Ficha para el control de accidentes laborales.**

FICHA DE ACCIDENTE			
Nombre del trabajador: _____			
Código: _____	Empresa: _____		
Sección: _____	Jefe de turno: _____		
FAVOR DE LLENAR LO MAS EXACTO POSIBLE LO SIGUIENTE			
Fecha de accidente: _____		Hora: _____	
LESIONES SUFRIDAS	SUSPENDIDO LABORES	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Heridas			
<input type="checkbox"/> Quemaduras	Cuantas horas: _____		
<input type="checkbox"/> Fracturas	Cuantos días: _____		
<input type="checkbox"/> Otro			
LESIONES SUFRIDAS EN			
<input type="checkbox"/> Cabeza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Mano derecha	
<input type="checkbox"/> Cara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Mano izquierda	
<input type="checkbox"/> Cuello	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Brazo derecho	
<input type="checkbox"/> Tórax	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Brazo izquierdo	
<input type="checkbox"/> Abdomen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Pierna derecha	
<input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Pierna izquierda	
DETALLAR LESIÓN: _____			

CAUSAS O MOTIVOS DEL ACCIDENTE: _____			

Fue tratado en: Clínicas: <input type="checkbox"/> IGGS <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> NOTA: FAVOR DE ENTREGAR ESTE FORMULARIO A CLINICA MEDIDA DENTRO LAS PRIMERAS 24 HORAS DESPUES DE LESIÓN SUFRIDA Y DE ESTA FORMA EVITARA QUE OCURRA UN NUEVO ACCIDENTE </div>			

Fuente: Aceros de Guatemala. S.A.

Figura 32. Formato para la inspección semanal de la planta.

INSPECCIÓN SEMANAL DE LA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA.											
RESPONSABLE DE LA INSPECCIÓN:											
FECHA:											
Extintores.		Encajelado de Motores.		Depositos de Arena.		Rotulos de prevención.		Iluminación		Fugas de combustible	
BUEN ESTADO.		BUEN ESTADO		BUEN ESTADO.		BUEN ESTADO		BUEN ESTADO.		BUEN ESTADO.	
MAL ESTADO		MAL ESTADO.									
UBICACIÓN:		UBICACIÓN:		UBICACIÓN:		UBICACIÓN:		UBICACIÓN:		UBICACIÓN:	
E. L-1		Cortadora Encajue. 1.									
E. L-2		Cortadora Encajue. 2.									
E. L-3											
DESCRIPCION DEL PROBLEMA.		DESCRIPCION DEL PROBLEMA.		DESCRIPCION DEL PROBLEMA.		DESCRIPCION DEL PROBLEMA.		DESCRIPCION DEL PROBLEMA.		DESCRIPCION DEL PROBLEMA.	
OBSERVACIONES:											

Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

4.4.11. Control de enfermedades ocupacionales

En la figura 11 de la página 66, enfermedades ocupacionales dentro de la planta, se pueden apreciar los porcentajes de las enfermedades más reincidentes de la planta de lámina, éstas corresponden a enfermedades respiratorias, dermatológicas, gastro-intestinales, dolores de cuerpo, cabeza y otros.

Para contrarrestar las enfermedades respiratorias es necesario la utilización obligatoria de la mascarilla de seguridad ya que la mayoría de las enfermedades respiratorias son provocadas por el alto grado de humos y vapores procedentes del proceso de producción, para la prevención de las enfermedades respiratorias fue seleccionada la mascarilla especial 3M 8247, ya que ésta cumple con la exigencias del ambiente de trabajo, es especial para humos, vapores, partículas de polvo y metal, el motivo por el cual las incidencias de las enfermedades respiratorias son altas, es porque los trabajadores no utilizan el equipo de protección que se les proporciona. Es necesario que se implemente las normas y políticas para el uso de equipo de seguridad e higiene industrial, para así poder guiar por el camino correcto al trabajador.

4.4.12. Botiquín de emergencias

Cada planta de producción debe tener un botiquín de emergencia, el comité de seguridad e higiene industrial de la empresa ha dispuesto un instructivo para el uso de los medicamentos del botiquín de emergencias, este con el fin de iniciar un tratamiento de enfermedad común o de accidentes que ocurriera en ausencia del personal médico de la empresa. En la tabla XVIII. (a) y tabla XVIII. (b), instructivo para el uso de los medicamentos del botiquín de emergencias.

Tabla XVIII(a) **Instructivo para el uso de medicamentos del botiquín.**

	
Instructivo para usar los medicamentos del botiquín	
A continuación encontrará una serie de instrucciones para el uso de los medicamentos que tiene el BOTIQUIN DE EMERGENCIA.	
Agua Oxigenada	Se usa para desinfección de heridas, después de lavar la herida con agua y jabón, debe aplicarse en poca cantidad porque quema las células.
Alcohol	Usar única y exclusivamente para desinfectar el termómetro, no debe usarse en heridas abiertas porque destruye las células evitando la cicatrización y buena evolución de las heridas.
Algodón	Su uso exclusivo para aplicar agua oxigenada, limpieza de termómetro y para lavado de heridas con jabón.
Gasa individual	Úsese para tapar una herida, después de haber sido lavada con agua y jabón o para aplicar mercurio cromo.
Hisopos	Úsese para limpieza de herida de pequeña longitud, aplicando jabón, agua oxigenada y mercurio cromo en este orden, no debe usarse para limpieza de oídos ni de nariz, en casos extremos pueden usarse para sacar un cuerpo extraño en los ojos.
Mertiolate	Aplíquese exclusivamente alrededor de las heridas, asegúrese no aplicar dentro de la herida o lesión porque mata las células que tendrán como objetivo cicatrizar la herida, su uso para desinfectar el área alrededor de la herida evitando la entrada de bacterias en la lesión
Micropore de 1"	Similar al esparadrapo, tiene como propósito fijar gasas o curaciones, su adhesión resiste.
Venda de gasa	Útil en casos de heridas donde hay hemorragias copiosas, colocando primero una gasa o gasas en el lugar de la hemorragia y luego la venda en forma circular y compresiva, también úsese para fijar tablillas en casos de posibles fracturas.
Vendas elásticas y Curitas	Útil en casos donde amerite una verdadera compresión para evitar pérdida de sangre en una herida severa, colocándola por encima de la herida. Usarse para heridas pequeñas, luego de haberlas desinfectado con agua y jabón
Nota: Todos los casos anteriores, deben ser referidos a la Clínica medica o en su defecto al IGSS para su seguimiento, ya que la responsabilidad de estos primeros auxilios se limita limita al inicio por la emergencia, por lo tanto se recomienda referirlos con personal medico	

Tabla XVI II(b) **Instructivo para el uso de medicamentos del botiquín.**

Medicamentos para Enfermedades Comunes	
Dolores de cabeza, fiebre y gripe	
Halgin	Una cada 8 horas
Neumonil Forte	Una cada 4 horas, especial para gripes
Gripetin	Una cada 4 horas, alivia las molestias de la gripe.
Aspirina	Dolor de cabeza, fiebre o inflamación
Acetaminofen	Dolor de cabeza, dolores musculares.
Graneodin	Para molestias en la garganta.
Dolor abdominal, dolores estomacales, cólicos	
Kolit	Una cada 3 horas, para diarrea
Dorcol Plus	Una cada 8 horas, para dolor abdominal con retorcijón
Diyodomeb	Una cada 8 horas, para diarrea
Sintaverin	Dolor abdominal y cólicos.
Nauseol	Tomar una tableta cada 8 horas, úsese al tener náusea o vómitos leves y luego iniciar hidratación oral.
Pepto Bismol (tabletas)	Una cada 3 horas. Indigestión, malestar estomacal, acidez.
Bicarbonato	Disolver una cucharadita en un litro de agua pura, dos cucharaditas de azúcar y un poquito de sal y administrar una onza cada 15 minutos para hidratación, no proporcionarlo si el paciente no lo tolera o vomita. Enviar al paciente a clínica médica o enviarlo al IGSS.
Suero Oral	Repone sales minerales, en casos de deshidratación, por diarreas, vómitos o sudoración excesiva. Disolver un sobrecito en un vaso con agua.
Gastritis y Acidez	
Neutragerl	Úsese al tener acidez, agruras o dolor en la boca del estómago. Masticar 1 tableta 30 minutos después de cada comida.
Dolor de Muelas y oídos	
Neomelubrina	Una cada 8 horas para dolor de cara, oídos, muelas o fiebre alta.
Muelina	Una a tres gotas en la muela u oído afectado, anestésico local.
Cuerpo extraño en ojos	
Iliadin Oftálmico	Instalar de una a tres gotas en el ojo afectado con lo cual se lograra refrescar el rojo si la molestia continua, es posible un cuerpo extraño en tal caso, colocar un parche adherible y consultar al medico de la clínica de día.
Eyemo II	Gotas oftálmicas, una o dos gotas en cada ojo. Limpia, refresca y elimina la irritación.
Parche para Ojos	Útil para infecciones o heridas en los ojos. Lavar y secar, luego colocar en el ojo afectado cerrando los ojos.
Quemaduras y Afecciones en la piel	
Picrato de Butesín	Aplicar después de lavado con agua y jabón el cual debe tener una duración de 5 minutos. Aplicar con una gasa sobre la quemadura o colocarla sobre la quemadura, cubrirla con micropore y no tocarla hasta que sea visto por personal médico.
Sulfaplata	Aplicar después de lavado con agua y jabón en la zona afectada de la piel. Consultar al médico
Sulfapenicilina	Granos, hongos y afecciones leves en la piel, aplicar área afectada después de lavar con agua y jabón.
Penicilina	Heridas, quemaduras, picaduras, rozaduras, granos e infecciones en la piel. Lavar con agua y jabón, aplicar tres veces al día. No aplicar si se es alérgico.
Zincaina unguento	Bacteriostática, anestésica y secante. Lavar con agua y jabón antes de aplicar.

4.4.13. Programa de actividades de limpieza en áreas de la línea de producción.

Cada operario es responsable de la limpieza de su área de trabajo, cada uno de ellos deberá tener una hoja de control de sus actividades, indicando cuales fueron las partes que se limpiaron y el día de su realización:

Tabla XX. **Formato para el control de actividades de limpieza.**

	
PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA FORMATO PARA EL CONTROL DE ACTIVIDADES DE LIMPIEZA	
Fecha:	Responsable:
Área de Trabajo:	
Actividades de limpieza realizadas	
<input type="checkbox"/>	Limpieza de maquinaria
<input type="checkbox"/>	Limpieza de pisos y área de trabajo
<input type="checkbox"/>	Limpieza de paredes y columnas
<input type="checkbox"/>	Recolección de basura y chatarra
<input type="checkbox"/>	Limpieza de toneles de basura
<input type="checkbox"/>	Pintado de maquinaria
Observaciones:	_____
Nota:	Este documento deberá ser entregado al jefe de planta al terminar las actividades.

Fuente: Planta de lámina galvanizada. Aceros de Guatemala S.A.

Se recomienda que quede estipulado un día de limpieza general de toda la planta, en la cual todos los trabajadores de la planta podrán limpiar y pintar si fueran necesario áreas específicas deterioradas por el funcionamiento y producción de la planta. Es importante que se respeten los días programados para la limpieza general de la planta ya que de no ser así, se puede perder el enfoque al que se pretende llegar, el de una planta limpia y ordenada. A continuación se presenta un formato que podría utilizarse para el control de las actividades de limpieza.

5. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TURBOS Y COMPRESOR DE AIRE DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA

5.1. Mantenimiento preventivo para turbos y compresor

En procesos de producción como el de lámina galvanizada en donde se utilizan equipos indispensables, como los turbos y compresor de aire, es necesario tener un mantenimiento de control preventivo, que consista en determinar o predecir el mal estado del equipo, con el fin de reducir el riesgo de un posible fallo en la maquinaria que produzca paros en la producción. Para realizar un mantenimiento preventivo efectivo es necesario la utilización de equipo especial que ayude a determinar el buen funcionamiento de la maquinaria. A continuación se presenta el equipo que se deberá de utilizar para el mantenimiento preventivo de los turbos de aire y compresor de aire.

5.1.1. Equipo a utilizar

- Censor para lectura de vibraciones (Picolog / PRISM² Jr.) Marca SKF.

Figura 33. Medidor de vibraciones. Picolog / PRISM²Jr. Marca SKF



Fuente: Fotografía. Medidor de vibraciones. Picolog. (PRISM²Jr)

El Picolog / PRISM² Jr., es un equipo compacto y de fácil operación para la medición de vibraciones, ayuda a detectar posibles problemas en cojinetes, maquinas en rotación, compresores y toda variedad de maquinas que necesiten de detección de vibraciones para su buen funcionamiento. El Picolog / PRISM²Jr, es una herramienta del mantenimiento preventivo y predictivo, que es utilizado para la detección de vibraciones en el compresor tipo tornillo, al igual que en los turbos de aire que se utilizan en el proceso de producción de lámina galvanizada. El Picolog, lee vibraciones en tres coordenadas; horizontal, vertical y axial. El manual recomienda que la lectura de vibración sea sobre una base plana independientemente de la coordenada a ser analizada. El Picolog / PRISM²Jr, contiene un software para el análisis de lecturas y espectros de frecuencias.

- Estetoscopio (Para cojinetes)

Es una herramienta indispensable para el mantenimiento preventivo de los turbos de aire de la planta de lámina, con él, es posible inspeccionar periódicamente las chumaceras y cojinetes, diagnosticar cual es el estado y programar cambios si es que presentan algún deterioro. Ésta herramienta es utilizada como un amplificador para la detección de golpes o fricción en piezas en movimiento, como los cojinetes.

Figura 34. **Estetoscopio para cojinetes**



Fuente: Fotografía. Estetoscopio mecánico.

- Sensor de temperatura (Pistola)

Es una herramienta utilizada para el monitoreo de temperaturas en motores y chumaceras, con el objetivo de llevar un registro del comportamiento de cambios drásticos en la temperatura de trabajo, esto ayuda a prevenir el sobrecalentamiento, indicando que el equipo requiere mantenimiento correctivo, cambio de cojinetes o quizás lubricación. En la figura 35, se puede observar el sensor de temperatura marca SNAP-ON que se utiliza.

Figura 35. **Sensor de temperatura**



Fuente: Fotografía. Sensor de temperatura.

- Tacómetro (CMPS90)

Es una herramienta digital que se utilizará para medir las revoluciones de ejes y poleas de los motores de la planta. Esta herramienta facilita la medición de las revoluciones de los motores que transmiten potencia a los turbos de aire, con el cual se puede determinar si la velocidad de la maquina es la correcta la lectura del tacómetro es en rpm y utiliza un infrarrojo para la medición. A continuación en la figura 36, se puede apreciar el tacómetro CMPS90 que se utiliza en la planta.

Figura 36. **Tacómetro (CMPS90)**



Fuente: Fotografía Tacómetro. CMPS90.

5.1.2. Procedimientos a utilizar para el mantenimiento de equipo

El mantenimiento preventivo para los turbos de aire y el compresor tipo tornillos requiere de procedimientos para su correcto diagnóstico, los cuales se presentan a continuación:

La utilización del Picolog, es sin duda una de las herramientas más importantes para el mantenimiento preventivo que se les debe dar a los turbos y compresor de aire. Las vibraciones se miden en mm/s o pg/s y se clasifican según los soportes en donde se realiza el diagnóstico, las mediciones que realiza el Picolog, son acordes a evaluaciones recomendadas por la ISO 3945, sobre mediciones de vibraciones.

La tabla que a continuación se presenta es recomendada por la ISO, y es utilizada para la evaluación de motores, cajas reductoras, turbos de aire y compresor de aire.

Tabla XXI. **Recomendaciones de la ISO 3945, sobre mediciones de vibraciones**

Severidad de la vibración		Clasificación de soportes	
mm/s	µg/s	Soportes Rígidos	Soportes Flexibles
0.5	0.03	Bueno	Bueno
0.7	0.04		
1.1	0.06		
1.8	0.10		
2.8	0.16	Satisfactorio	Bueno
4.6	0.26		Satisfactorio
7.1	0.40	Insatisfactorio	Satisfactorio
11.2	0.62		Insatisfactorio
18	1.00		Insatisfactorio
28	1.56	Inaceptable	Inaceptable
71	3.95		

Fuente: Manual SKF. Condition Monitoring. Picolog / PRISM²Jr.

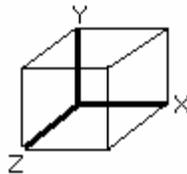
- Procedimiento para la utilización del Picolog

Por ser un equipo de diagnóstico de maquinaria, el Picolog deberá de utilizarse periódicamente por medio de inspecciones programadas. El Picolog es una herramienta para la lectura de vibraciones que consta de dos accesorios; uno es la que recoge la información por medio de un aparato sensor que crea un campo magnético, con el cuál se adhiere a cualquier material ferroso permitiendo recibir lecturas de vibraciones y el otro accesorio es un aparato electrónico que recibe las señales de vibración medidas en milímetros por segundo o pulgadas por segundo, permitiendo verificar el estado de vibración para un equipo.

Para que el Picolog tenga una lectura correcta de las vibraciones que la máquina esta generando, es necesario seguir el siguiente procedimiento para la evaluación:

- El equipo a diagnosticar deberá de estar anclado siempre al suelo o base que le corresponde.
- La base o pared en la cual se va a realizar la medición de vibración, deberá de estar limpia y horizontal o vertical según sea el plano de la lectura.
- Se debe de medir la vibración del equipo a diagnosticar en las tres coordenadas del plano X, Y, Z, apuntando el sensor hacia la dirección de la coordenada.

Figura 37. **Coordenadas para la medición de vibración**



Luego de medir la vibración en las tres coordenadas con el Picolog, se debe de tomar como referencia la norma ISO 3945 de la tabla XXI, página 133 y determinar el estado de vibración de la maquinaria medida. Para esto es necesario llenar el formato de registro de la tabla XXII, página 135.

Para motores y cojinetes el límite permisible de vibración es de 3 mm/s y para cajas reductoras el límite permisible de vibración es de 7 mm/s, con estos datos es posible determinar si un motor, compresor, o turbo de aire necesita mantenimiento. Para mayor información sobre el uso del Picolog, como los diferentes parámetros y rangos de utilización es necesario acudir al manual SKF Condition Monitoring. Picolog / PRISM²Jr.

Tabla XXII. Formato de vibraciones de maquinaria



AG CORPORACION
ACEROS DE GUATEMALA

Equipo inspeccionado: _____

Fecha: _____

Tipo de soporte:

Rígido Flexible

Lectura de vibración (mm/s):

Coordenadas:

X: _____ Y: _____ Z: _____

Estado del equipo:

Bueno: Insatisfactorio:

Satisfactorio: Inaceptable:

Observaciones: _____

Responsable de la medición: _____

Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

El mantenimiento preventivo de algunas partes del compresor SULLAIR podría ser sencillo, únicamente utilizando los indicadores de servicio, estos indican por medio de una luz roja el accesorio específico que necesita cambio o mantenimiento, cuando esto sucede, es necesario acudir al manual de mantenimiento SULLAIR, sección 5 (ver anexos, página 179 a la 191), en

donde se indican las instrucciones de cada componente y procedimientos para el reemplazo y ajuste de las piezas.

- Procedimiento para la utilización del sensor de temperatura, estetoscopio y tacómetro para el mantenimiento preventivo.

El sensor de temperatura se deberá utilizar en las inspecciones semanales que se realizan a los turbos de aire, con se lograra determinar rangos de temperatura para los motores que servirán como parámetro para el diagnóstico, cuando el sensor de temperatura indique altas temperaturas es una señal de fricción excesiva lo que podría ser falta de lubricación o un cojinete dañado, para determinar si el cojinete esta dañado es necesario utilizar el estetoscopio con el se logrará determinar el estado de cojinetes siendo este bueno o malo, si el cojinete no indica tener desperfectos y la temperatura persiste se recomienda utilizar el tacómetro para determinar las revoluciones en las que se está trabajando y determinar si es muy elevada, para el manejo de esta información es necesario llenar el formato de control de inspección semanal de la tabla XXV, página 143.

5.1.3. Programa de mantenimiento para los diferentes turbos y compresor

Para que un mantenimiento preventivo sea efectivo es necesario que se respeten las actividades programadas y que el personal designado para el mantenimiento obtenga registros de las inspecciones que se realizan. En la tabla XXIII. Programa para el mantenimiento de los turbos de aire, (Pág. 137) se presenta el programa para el mantenimiento periódico de los turbos. Es importante resaltar que todos los turbos de aire son iguales por lo que el mantenimiento para cada uno es el mismo. En la sección 5.6.3. de este

capítulo se puede observar los accesorios o repuestos que utiliza un turbo de aire normalmente.

Tabla XXIII. Programa para el mantenimiento preventivo de los turbos de aire

			
PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA			
COMPONENTES	PUNTOS DE MATENIMIENTO	ACTIVIDAD	CICLO.
Turbo de Aire Azufre	Cojinetes	Revisar	Semanal
	Fajas	Revisar	Semanal
	Obturadores	Revisar	Mensual.
	Abrazaderas	Revisar	Mensual.
	Grasa	Suministrar	Diario.
	Hélice	Revisar	Mensual.
Turbo de tiro forzado	Cojinetes	Revisar	Semanal
	Fajas	Revisar	Semanal
	Obturadores	Revisar	Mensual.
	Abrazaderas	Revisar	Mensual.
	Grasa	Suministrar	Diario.
	Hélice	Revisar	Mensual.
Turbo de combustión	Cojinetes	Revisar	Semanal
	Fajas	Revisar	Semanal
	Obturadores	Revisar	Mensual.
	Abrazaderas	Revisar	Mensual.
	Grasa	Suministrar	Diario.
	Hélice	Revisar	Mensual.
Los tres turbos	Cojinetes	Cambio	Bienal.

Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

Para coordinar el programa de actividades de mantenimiento preventivo del compresor de aire fue necesario tomar en cuenta datos técnicos recomendados por el manual del compresor Sullair, las cuales se pueden

observar en la tabla XXIV. Pág. 138. El mantenimiento preventivo que se recomienda fue elaborado para las partes críticas del compresor, para mayor información sobre el mantenimiento del compresor ver el manual de mantenimiento del compresor Sullair Serie 12 & 16, 40, 50, 60 y 75 HP Standard & 24 KT. Anexos página 175 de este documento.

Tabla XXIV. **Programa de actividades para el mantenimiento preventivo para el compresor de aire de la planta de lámina.**

 <p>PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA</p>		
COMPONENTES	ACTIVIDAD	CICLO
Filtro de aire	Cambio	1000 horas
Secador	Cambio	Anual
Separador de aceite	Cambio	Anual
Manómetros	Revisar	Semanal
Reguladores de presión	Revisar	Semanal
Indicadores	Revisar	Semanal
Niveles de aceite	Revisar	Semanal
Sellos-Orings	Cambio	Annual

Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

5.1.4. Personal encargado del mantenimiento

Para que el mantenimiento preventivo de turbos y compresor de aire sea efectivo es necesario que el personal a cargo de las actividades de inspección

esté altamente capacitado, es por eso que se recomienda que los jefes o ingenieros de mantenimiento estén a cargo de las inspecciones periódicas, para su posterior análisis y que luego del diagnóstico de las actividades de inspección se pueda realizar la programación de reparaciones si fuera necesario, para su efecto se deberá acudir al personal mecánico indicándole cuales son las actividades de mantenimiento que deben de realizarse.

5.2. Implementación del plan de mantenimiento preventivo para turbos y compresor en la planta de lámina galvanizada

La implementación del mantenimiento preventivo en la planta de lámina requiere de coordinación entre mecánicos y personal operario, para que el mantenimiento preventivo sea efectivo es necesario que antes de su implementación sean inspeccionados todos los equipos destinados al mantenimiento y que sean efectuadas operaciones correctivas para su funcionamiento óptimo, luego de que el equipo este funcionando correctamente es necesario que se respete la programación de inspecciones y se tomen en cuenta los formatos para el control y mantenimiento del equipo.

Cada vez que se inspeccione un equipo, ya sea turbo de aire o compresor de aire, se deberá llenar el formato de control de inspección de la tabla XXV o XXVI, página 143 y 144 respectivamente, si fueran necesarias actividades correctivas, se deberá llenar el formato de control de la tabla XXVII, página 145 y documentar el mantenimiento realizado.

Como parte de la implementación del programa de mantenimiento, se realizaron inspecciones a los tres turbos de aire y compresor de aire, con la finalidad de detectar cualquier desperfecto que requiera de mantenimiento correctivo y que pudiera afectar posteriormente el mantenimiento preventivo,

para las inspecciones se utilizaron los formatos de control de las tablas antes mencionadas y como resultado de estas inspecciones, fue necesario realizar el siguiente mantenimiento correctivo:

- Turbo de aire número 1.
 - Balanceo por exceso de vibración. (Rotor desbalanceado)
 - Alineación de poleas y cambio de fajas.
 - Cambio de eje principal por exceso de desgaste.
 - Cambio de chumaceras y rodamientos.

- Turbo de aire número 2.
 - Cambio de fajas.
 - Cambio de chumaceras y rodamientos.

- Turbo de aire número 3.
 - Cambio de polea del motor. (Excesivo desgaste)
 - Cambio de rodamiento del motor.
 - Cambio de fajas.
 - Balanceo por exceso de vibración.
 - Cambio de chumaceras y rodamientos.

- Compresor de aire.
 - Reparación del circuito del filtro.
 - Cambio de la válvula de cheque de mínima presión.
 - Cambio de manómetros indicadores de presión.
 - Reparación de la tubería del orificio.
 - Reparaciones de la tubería de aceite.

Ver diagrama de instrumentación de mantenimiento. Anexos página 191.

La programación de fechas para el cambio de cojinetes, chumaceras, obturadores, ejes y accesorios en mal estado, deberá estar a cargo de los jefes de mantenimiento general y debe estar basado en el control de inspecciones y el programa de mantenimiento preventivo de la tabla XXIII, página 137. Es muy importante recordar que las actividades de limpieza del equipo son consideradas como mantenimiento preventivo y deberán estar a cargo del personal de planta.

La programación de mantenimiento preventivo para el compresor de aire permitirá el buen estado de éste, para su efecto, se recomienda utilizar los manuales de mantenimiento del compresor tipo tornillo marca Sullair, anexos página número 179 a 187, los cuales recomiendan que antes de la puesta en marcha del compresor es necesario revisar el nivel del tanque de aceite, si existiera algún problema con el compresor como por ejemplo; el nivel de aceite bajara constantemente, existe una sección 5.8 en el manual Sullair (anexos página 189 y 190) la cual indica posibles soluciones a diferentes problemas.

- Recomendaciones para el mantenimiento preventivo del compresor Sullair:

Es recomendable que después de 50 horas de haber puesto en marcha el compresor sea verificado el sistema por cualquier material extraño que se pueda haber acumulado durante el mantenimiento de la máquina, para la realización de éste mantenimiento es necesario limpiar la línea de retorno del filtro, limpiar la línea de retorno del orificio, limpiar la unidad de la caja de engranajes, cojinetes y sellos del orificio, ver anexos página número 180, se debe tener mucho cuidado de no dañar los sellos.

Para el mantenimiento del separador es necesario sustituir el elemento del separador cuando el indicador de mantenimiento de rojo y después de 1 año, no se debe de limpiar el separador, es necesario sustituirlo, el mantenimiento del filtro de aire debe realizarse cuando el indicador de rojo o cada año, se debe limpiar el elemento del filtro o remplazarlo, para el cambio del filtro es necesario limpiar la caja exterior del aire, es necesario quitar el filtro de aire y el elemento y limpiar el interior de la caja usando tela húmeda, no se debe de usar aire comprimido y se debe limpiar el elemento del filtro y armarlo, la válvula de presión mínima requiere de muy poco mantenimiento únicamente la parte que requiere reemplazo es el o-ring en el pistón, para el reemplazo de éste se necesitará un kit de repuesto nuevo. Ver anexos página 181, figura 5-3.

5.3. Documentos a utilizar

En las secciones anteriores de este capítulo se han formulado y recomendado procedimientos para el mantenimiento preventivo de los turbos de aire y compresor de aire, para que el mantenimiento preventivo sea óptimo es necesario la utilización de documentos en los cuales se pueda documentar registros y acudir a ellos para su análisis y toma de decisiones en las reparaciones, es muy importante tomar en consideración que los siguientes formatos para el control del mantenimiento han sido realizados específicamente para los turbos de aire y compresor de aire de la planta de lámina galvanizada.

5.3.1. Formatos de control para el mantenimiento preventivo y correctivo

A continuación se presenta los formatos para la implementación del plan de mantenimiento preventivo para los turbos y compresor de aire de la planta de lámina galvanizada, es importante mencionar que estos fueron elaborados

fallas y lograr un funcionamiento óptimo. El compresor de aire se deberá inspeccionar semanalmente, verificando que todos los indicadores estén funcionando correctamente y tomando lecturas del mantenimiento preventivo que se programe.

Tabla XXVI. **Formato para la inspección semanal del compresor de aire**



Inspección semanal para el mantenimiento preventivo
Compresor de aire para planta de lámina galvanizada.

Nota: Para las inspecciones se deberá tomar en cuenta los indicadores del compresor

Filtro de aire:	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M	Niveles de aceite:	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M
Secador de aire:	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M	Sellos:	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M
Separador de aceite:	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M	Manómetros:	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M
Reguladores de presión.	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M	Temperatura del motor °C	
Observaciones de indicadores de mantenimiento:			

Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

Es de vital importancia que los indicadores de fallas del compresor estén en óptimas condiciones, ya por medio de ellos podremos saber que componente

necesita mantenimiento o cambio y el manual de partes y operación del compresor Sullair, dará los pasos correctos para el cambio o mantenimiento.

Tabla XXVII. Formato para el control del mantenimiento correctivo de turbos y compresor de aire



Equipo: _____ Fecha: _____

Responsable: _____

Componente	Reparación	Cambio	Limpieza	Lubricación

Observaciones: _____

Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

Cada vez que se realicen actividades correctivas programadas se deberá llenar y archivar el formato de la tabla XXVI.

5.4. Mantenimiento correctivo para turbos y compresores

Cuando nos referimos a mantenimiento correctivo debemos de pensar en una reparación programada, esto significa que el motivo de la reparación que vamos a realizar es porque hemos detectado con anterioridad el mal estado de un equipo. En caso que el equipo quede parado por algún desperfecto imprevisto es necesario estar preparados para lo cual se deberá crear un stock de repuestos con el fin de evitar largos paros en el equipo, también es conveniente que el personal encargado del mantenimiento correctivo detecte y documente el motivo por el cuál el equipo fallo, para esto se deberá llevar un control del mantenimiento correctivo utilizando la tabla XXVII. Página 145.

Un mantenimiento correctivo programado evitará que paremos el equipo inesperadamente y se podrá trabajar en un momento conveniente para todos, esto también contribuirá a la preparación de repuestos con lo cual mejoraran los tiempos de reparación.

En la sección 5.6.3. de éste documento página 158, se podrá observar un listado de los repuestos más importantes para la reparación de los turbos de aire y el compresor Sullair.

5.4.1. Equipo que se debe utilizar

- Turbos de aire:
 - Herramientas mecánicas.

- Llaves Allen.
 - Extractor de cojinetes
 - Compás, transportador y Picolog / PRISM² Jr. (Balanceo dinámico)
 - Guaípe (para limpieza de equipo)
- Compresor de aire:
 - Herramientas mecánicas.
 - Kit de repuestos para válvulas del compresor Sullair.
 - Llaves Allen.

5.4.2. Procedimientos para el mantenimiento correctivo

Como antes descrito el mantenimiento correctivo debe ser programado, para lo cual se procederá de la siguiente manera:

Basándose en las hojas de inspección de las tablas XXV y XXVI de la página 143 y 144 para turbos y compresor de aire respectivamente, se deberá revisar cuales son las partes que necesitan de cambio de repuestos o reparación, se debe empezar por realizar una inspección para verificar que la hoja de inspección sea correcta, se debe limpiar el equipo y proceder a desarmar la parte que se va a reparar o cambiar.

- Procedimiento para el mantenimiento correctivo de los turbos de aire:

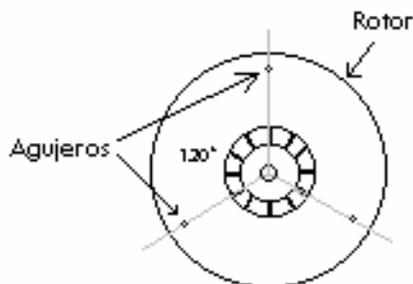
En los turbos de aire normalmente es necesario el cambio de cojinetes o chumaceras por las altas revoluciones a las que trabaja su motor, para su reparación es necesario tener los respectivos repuestos. Si las hojas de inspecciones detecten altas vibraciones es necesario revisar el eje, cojinetes

como primer paso, si estos están en buen estado es necesario revisar los cojinetes del motor, rebobinado y el rango de vibración que presenta, si estos también estuvieran en buen estado es necesario revisar el impeler y balancearlo hasta que el rango de vibración sea aceptable, para balancear el impeler es necesario detectar el área de mayor peso y colocar contrapesos para lograr estabilidad al momento de la rotación del mismo. Es indispensable que cada vez que se repara algún equipo sea lubricada el área trabajada y se deberá anotar las respectivas correcciones en la tabla XXVII, página 145.

A continuación se definirán los procedimientos para el balanceo dinámico de los turbos de aire:

- A la hélice (rotor) del equipo o máquina que se necesite balancear se le hacen 3 agujeros separados por 120° entre sí.

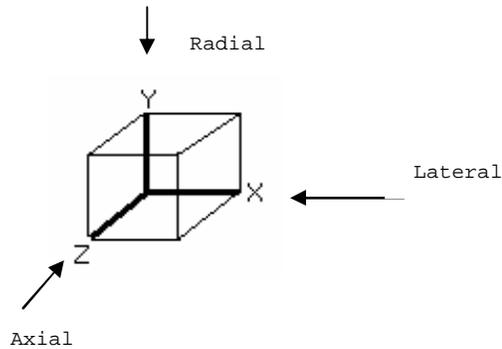
Figura 38. Rotor de turbo de aire



Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

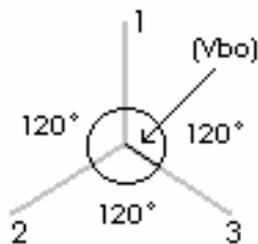
- La máquina se pone a trabajar y se toman los datos de las vibraciones en las tres coordenadas X, Y, y Z, la vibración más alta se toma como vibración inicial (V_{bo}), figura 40. Página 149.

Figura 39. **Coordenadas para la toma de vibración**



- Se numeran los agujeros y se coloca el mismo peso aleatoriamente en cada agujero, tomando las respectivas lecturas de vibración en cada agujero, para encontrar los datos de las vibraciones radial, lateral y axial, tomando el dato mayor de cada agujero (Vb_1 , Vb_2 y Vb_3)
- Se hace un plano cartesiano con los 3 puntos separados por 120° ; el dato de vibración inicial (Vb_0), se toma como radio para hacer el primer círculo.

Figura 40. **Círculo de vibración inicial**

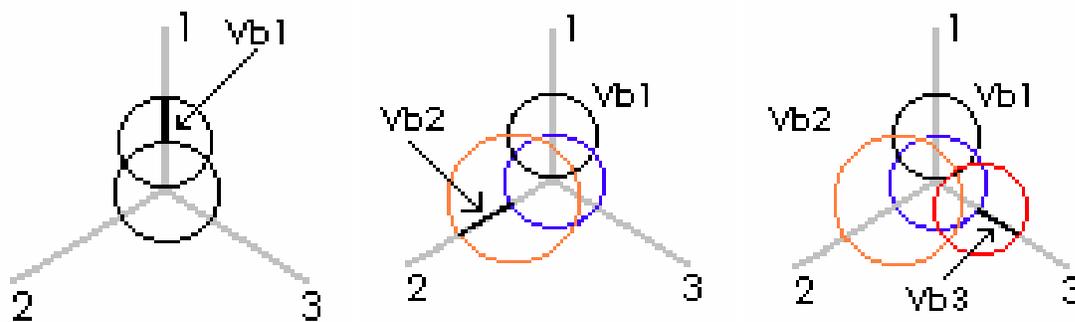


Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

- De los datos de vibración obtenidos de los tres agujeros en el numeral 3. (Vb_1 , Vb_2 y Vb_3), se dibujan círculos sobre las coordenadas numeradas tomando como referencia la intersección del círculo inicial y la línea de la

coordenada, el valor de vibración más alto encontrado se toma como radio nuevamente en los tres puntos de las coordenadas.

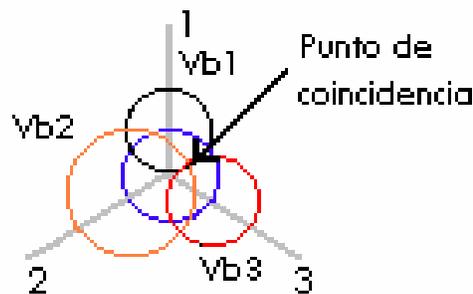
Figura 41. **Círculos de vibración radial, lateral, axial. (Vb1, Vb2, Vb3)**



Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

- Ya dibujados los círculos, se encuentra un punto en donde coincidan los 3 círculos (Vb1, Vb2 y Vb3), puede ser un punto ó área, si fuese área se busca su centro.

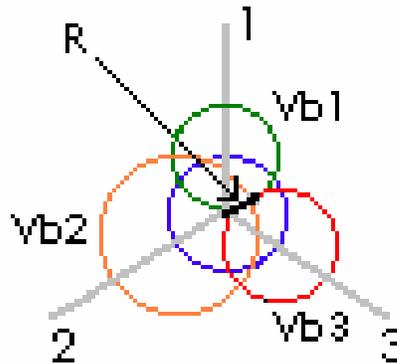
Figura 42. **Punto de coincidencia de vibración**



Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

- Ya encontrado en punto de coincidencia se traza una línea del centro del plano de coordenadas hacia el punto de coincidencia encontrado, se mide y ese dato va ha ser llamado R.

Figura 43. **Amplitud de la vibración**



Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

Se calcula el peso que se va a colocar con la siguiente fórmula:

$$P = (Vbo * Mo) / R$$

Donde:

P (gramos) = Peso de la masa a colocar.

Mo (gramos) = Peso del tornillo con el que se realizaron las tres pruebas iniciales.

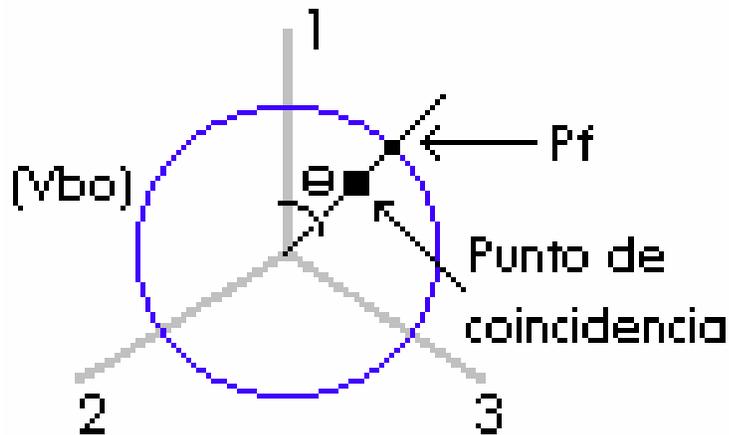
R (mm/s; pg/s) = Vibración encontrada.

Vbo(mm/s; pg/s)= Vibración inicial

- Se mide el ángulo del punto (línea del plano) más cercano de las tres vibraciones hacia el punto en común (θ). Figura 44.
- Se traza una línea del centro del plano hacia el punto en común (coincidencia) y **en la dirección opuesta de esa línea** (sobre la circunferencia de los agujeros), opuesta al punto final (PF), ahí se

debe colocar el peso encontrado de la formula del paso 8, como contrapeso para contrarrestar la vibración.

Figura 44. **Localización del punto para contrarrestar la vibración**



Fuente: Planta de lámina galvanizada. AGSA.

- Si la maquina aún presenta vibración se debe volver a repetir el procedimiento hasta que quede bien, despreciando los pesos ya encontrados.
- Procedimiento para el mantenimiento correctivo del compresor Sullair.

El mantenimiento correctivo para el compresor de aire Sullair deberá estar basado también en las hojas de inspecciones periódicas de la tabla XXVI, página 144, para su efecto es necesario acudir al manual de mantenimiento, anexos página 179-188 de este documento, en donde todo elemento tiene especificado el procedimiento correcto para el cambio o reparación del mismo. Además en el manual del compresor Sullair, en la sección 5 de mantenimiento, página 189, 190 y 191 presenta los problemas que pudieran ocurrir y sus posibles soluciones facilitando la reparación del compresor.

5.4.3. Personal encargado del mantenimiento

El personal responsable del mantenimiento correctivo programado serán los mecánicos del taller, esto por el alto grado de experiencia que ellos tienen en la reparación de los turbos de aire y el compresor Sullair, únicamente se les deberá guiar para que sigan las instrucciones recomendadas en los manuales y que tomen nota de las reparaciones que se realizan.

5.5. Implementación del plan de mantenimiento correctivo para turbos y compresores en la planta de lámina galvanizada

El plan de mantenimiento correctivo deberá empezar justo antes de la implementación del mantenimiento preventivo, ya que es necesario que el equipo se encuentre en perfecto estado, el mantenimiento correctivo previo a la implementación del plan de mantenimiento preventivo deberá consistir en la reparación de imperfecciones en el equipo sea cual sea el accesorio o repuesto que necesite.

Dentro de la implementación del plan de mantenimiento correctivo es necesaria la creación de un stock de repuestos que se describirán a continuación:

- Turbos de aire:
 - 4 Cojinete 22311 EK/c3 para 50 mm
 - 4 Manguito (Abrazadera) H 2311X para 50 mm
 - 3 Fajas tipo B-65
 - 2 Chumaceras SNH 513-611
 - 2 Obturadores TSN 611G

- Grasa EP-2 (120 lbs)
- Compresor Sullair:
 - 1 Filtro de aceite
 - 1 Filtro de aire
 - Manómetros de ½ “
 - 1 Kit de repuestos de válvula piloto
 - 1 Horómetro
 - 1 Válvula piloto
 - 1 Elemento de válvula térmica
 - Kit de repuestos para válvulas
 - 10 mts de tubería de cobre ½”

Luego de haber reparado el equipo y ya que halla sido implementado el plan de mantenimiento preventivo, se deberá revisar las hojas de inspecciones de las tablas XXV y XXVI con las que se programará todo mantenimiento correctivo que necesite los turbos y el compresor de aire.

A continuación se presentan los resultados de los paros programados y paros no programados que se evidenciaron en la implementación del plan de mantenimiento:

- Paros programados:
 - Turbo de aire 1: Cambio de cojinete 22311 EK/c3 para 50 mm.
Programado por desgaste de los valeros. Cambio de manguito H 2311X para 50 mm, por desgaste.

- Turbo de aire No. 2: Fabricación de polea del motor y turbo por excesivo desgaste y desaliniamiento. Cambio de fajas B-65.
 - Turbo de aire No. 3: Cambio de chumaceras completas con sus cojinetes por presentar desgaste.
 - Compresor de aire: Cambio de 4 manómetros medidores de presión del sistema del compresor por estar en malas condiciones, cambio del filtro de aire por excesiva utilización con un tiempo aproximado de año y medio.
- Paros No programados:
 - Turbo de aire No. 2: Des-balanceo del turbo, excesiva vibración que provoco la ruptura de pernos de anclaje. Reparación consistió en la alineación de las poleas del motor y turbo, y la utilización del procedimiento de balanceo dinámico de la sección 5.4.2. de éste documento.
 - Turbo de aire No. 3: Sobrecaentamiento del motor, reparación de embobinado y cambio de cojinetes en mal estado del motor. Cambio de fajas.
 - Compresor de aire: El compresor no alcanzaba la presión de descarga del aire, por exceso de fuga. Se reparo fuga de aire la salida de la tubería. Exceso de fuga de aire.

Si en determinado momento el plan de mantenimiento preventivo no estuviera funcionando correctamente y el equipo fallara o presentara

inesperadamente un desperfecto, se contará con el stock de repuestos mínimo y el personal responsable del mantenimiento correctivo conjuntamente con los jefes de taller o ingenieros de mantenimiento deberán solucionar el problema, acudiendo a los manuales o por su alto grado de experiencia, además se deberán de corregir los errores por los cuales no fue posible prevenir la falla en el equipo.

5.6. Costos de la implementación del plan de mantenimiento para turbos y compresor

Para determinar los costos de la implementación del plan de mantenimiento para turbos y compresor de aire se analizara el costo de la mano de obra, el costo de los insumos y repuestos.

5.6.1. Mano de obra

Como antes se menciona, el primer paso para implementación del plan de mantenimiento, es corregir todos los desperfectos del equipo, lo que conlleva a trabajo por parte de los mecánicos y por ende un costo.

Costo de mano de obra: Horas trabajadas * Salario / h * No. de empleados

Tomando un dato promedio del tiempo de la reparación previo al plan de mantenimiento de los turbos de aire de 12 horas cada turbo, comprendiendo éste en el cambio de cojinetes, ejes, chumaceras, obturadores, fajas, reparación de desbalanceo y lubricación, el costo total de los tres turbos de aire sería:

Costo de mano de obra: $12(\text{horas}) * 3(\text{turbos}) * (45.5) \text{ quetzales/hora} * 1$

Costo de mano de obra de turbos de aire: **1,638.00 quetzales**

Tomando un dato promedio del tiempo de la reparación previo al plan de mantenimiento del compresor de aire de un día trabajo realizado por un mecánico (12 horas), el costo de mano de obra sería:

Costo de mano de obra: $12(\text{horas}) * 1(\text{compresor}) * (45.5) \text{ quetzales/hora} * 1$

Costo de mano de obra del compresor Sullair: **546.00 quetzales**

El costo total de mano de obra para la implementación del plan de mantenimiento de turbos y compresor aire de la planta de lámina sería.

Costo total: **2,184.00 quetzales**

5.6.2. Insumos

- Grasa EP-0 (120 lbs) Q. 945.60
- Grasa EP-2 (120 lbs) Q. 1084.00
- Aceite para el compresor 24 KT Sullair. Q. 1050.00
- Bronce fosforado para bushings. 4 pies, D = 3 “ Q. 1200.00

Costo total de insumos para el mantenimiento de turbos y compresor de aire:

Q. 4280.00

5.6.3. Repuestos

Para que el plan de mantenimiento propuesto funcione de una manera correcta es necesario crear el stock de repuesto recomendados en la página No. 151 de este documento, el cuál tiene el siguiente costo:

Costos de repuestos para los turbos de aire de la planta de lámina:

• Cojinete 22311 EK/c3 para 50 mm	Q	520.17
• Manguito (Abrazadera) H 2311X para 50 mm	Q.	96.63
• 3 Fajas tipo B-65	Q.	45.00
• 2 Chumaceras SNH 513-611	Q.	1236.60
• Obturadores TSN 611G	Q.	45.95

Costo total de repuestos para turbos de aire: **Q. 3890.00**

Por la amplia gama de accesorios que tiene el compresor Sullair es necesario crear un stock de las partes más importantes para su funcionamiento, por lo cual se sugiere el siguiente listado de repuestos marca Sullair con sus respectivos costos.

• Filtro de aceite	Q.	586.79
• Filtro de aire	Q.	428.00
• Manómetro de ½ “	Q.	476.54
• Kit de repuestos de válvula piloto	Q.	780.47
• Horómetro	Q.	585.02
• Válvula piloto	Q.	1650.20
• Elemento de válvula térmica	Q.	796.34
• Kit de repuestos para válvulas	Q	1000.00

Costo total de repuestos para el compresor Sullair: **Q. 6,303.36**

Es muy importante que cada vez que se utilice un repuesto del stock creado para los turbos y el compresor, se haga el pedido para remplazar el utilizado.

El costo total de la implementación del plan de mantenimiento de turbos de aire y el compresor de aire para la planta de lámina es el siguiente:

Costo total: Costo total mano de obra + Costo total de insumos +
Costo total de repuestos

Costo total: (1638.00+546.00+4280.00+(3890+6303.36)) quetzales

Costo total de implementación del plan de mantenimiento:

Q. 16,657.36 quetzales

Una de las características importantes que hay que resaltar es que actualmente en la Ciudad de Guatemala, existen distribuidores de la marca Sullair con respecto a los compresores, lo cual puede facilitar la implementación del plan de mantenimiento preventivo

Como se puede observar la reducción de repuestos para el compresor de aire es considerable, para que este nuevo listado de stock de repuestos funcione conjuntamente con el plan de mantenimiento, es necesario que las inspecciones determinen cual de los equipos o accesorios necesita reemplazo, para así poder solicitar con una orden de compra los accesorios para que vengan a tiempo y se programe su cambio antes de su falla

Como se puede observar también la reducción de costos es evidente y sin duda la más importante, el ahorro de costos por stock de repuestos es la siguiente:

Costo actual del stock de repuestos:	Q.	27,065.00
Costo del nuevo stock de repuestos:	Q.	10,193.36
Reducción de costos:	Q.	16,871.64

CONCLUSIONES

1. El estudio realizado en la planta de lámina galvanizada ha determinado que son necesarios métodos y procedimientos específicos sobre seguridad e higiene industrial y mantenimiento preventivo, para ser eficientes en las etapas de producción, disminuyendo paros no programados
2. Mediante la reparación y reacondicionamiento del equipo industrial se logró disminuir las condiciones inseguras de la planta, creando así un lugar más seguro, ordenado y agradable para el trabajador.
3. Mediante la proporción de equipo de seguridad adecuado a cada operador, según su puesto de trabajo y la creación de normas y políticas para la utilización del equipo de seguridad industrial se disminuye la ocurrencia de actos inseguros
4. Por medio de la aplicación del cronograma de inspecciones periódicas para el mantenimiento de los turbos y compresor de aire, se logra mantener el equipo en condiciones óptimas, obteniendo un funcionamiento continuo de éste
5. Al reducir el stock de repuestos se logra disminuir un 38 % los costos de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. La carencia de espacio libre en la planta de lámina galvanizada conlleva a la desorganización de áreas y puestos de trabajo, por lo que se recomienda realizar un estudio sobre la distribución de equipo industrial con el fin de determinar áreas seguras para el trabajador.
2. Mejorar la ventilación industrial en la planta. El proceso de producción de lámina galvanizada genera ciertos humos y gases perjudiciales para la salud del trabajador, el colocar extractores industriales, ubicándolos estratégicamente mejoraría las condiciones laborales del trabajador.
3. Dar capacitación al personal de planta sobre el sistema de seguridad e higiene industrial. Crear un salón de conferencias, para que los ingenieros o jefes de planta puedan impartir pláticas sobre seguridad industrial al personal de la planta.
4. Todos los jefes de secciones deben de dar el ejemplo en la utilización del equipo de seguridad e higiene industrial, algunas veces los jefes de secciones no utilizan el equipo de protección necesario para ciertas actividades, por lo que los jefes de planta deberán de supervisar que todos utilicen el equipo correcto, incluyéndolo a él.
5. Capacitar a los mecánicos para la implementación del plan de mantenimiento preventivo de turbos y compresor de aire, los mecánicos desconocen el significado de mantenimiento preventivo, por lo que se

deberán transmitir conocimientos que faciliten la comprensión de ciertos conceptos que beneficiaran al plan.

6. Realizar un estudio para que defina el equipo, métodos y procedimientos para la implementación de un sistema de mantenimiento proactivo, en base al plan de mantenimiento preventivo realizado
7. Al momento de la implementación del plan mantenimiento debe tenerse la seguridad de que todo el equipo se encuentre en condiciones optimas de funcionamiento, para poder así, darle el seguimiento al programa establecido, obteniendo con ello los mejores resultados
8. Para efectos de control del sistema de seguridad e higiene industrial se recomienda que el comité de seguridad e higiene industrial de la empresa designe al personal adecuado para llevar los formatos de control e inspecciones semanales
9. Para efectos de control del plan de mantenimiento para los turbos y compresor de aire, se recomienda que el jefe de planta lleve el control de los informes y formatos de control o designe a personal responsable de ésta actividad.

BIBLIOGRAFÍA

1. THEODORE, Baumeister. **Marks, Manual del Ingeniero Mecánico**. 2da. Edición. México: McGraw Hill. 1992. p.14-30 a 14-45. p.14-50 a 14-58 Tomo III.
2. HEINRICH, H.W., **Prevención de accidentes industriales**. Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad, A.C., México 1980.
3. NIVEL, Benjamín y Andris Freivalds. **Ingeniería industrial**. 10ª. Edición. México: Alfa y Omega. 2001.
4. VILLANUEVA, Enrique Dounce. **La administración en el Mantenimiento**. 2da. Edición. México: Continental. 91.p.p
5. Compresor Sullair. **Manual de partes y operaciones Sullair Series 12 & 16, 40, 50, 60 y 75 HP Standard**. Sullair Corporation. 1988.

ANEXOS

A. HOJAS TÉCNICAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA.

Hoja técnica de seguridad Sellador (Ácido Crómico)	
Información del producto <ul style="list-style-type: none"> - Nombre comercial - Uso del producto 	<p>Ácido crómico</p> <p>Sellador de superficies de zinc galvanizado</p>
Información de precaución <ul style="list-style-type: none"> - Salud: - Medios para extinguir el fuego - Estabilidad - Condiciones a evitar - Sensibilidad al impacto 	<p>Este producto es corrosivo para la piel, ojos y mucosas, evitar contacto con ojos, piel y mucosas, no ingiera, evita tomar alimentos o bebidas cuando se manipule.</p> <p>Si fuera necesario use extinguidores de polvo químico seco</p> <p>Estable a condiciones normales de temperatura</p> <p>Evitar mantener recipientes mal cerrados</p> <p>Ninguno</p>
Efectos a la exposición <ul style="list-style-type: none"> - Contacto con ojos - Contacto con la piel - Absorción por la piel - Inhalación - Ingestión 	<p>Puede ser corrosivo hasta causar quemaduras</p> <p>Irritante y corrosivo</p> <p>No se absorbe</p> <p>Ligeramente irritante</p> <p>Corrosivo e irritante para el tracto digestivo</p>
Efectos a la exposición <ul style="list-style-type: none"> - Exposición aguda 	<p>Corrosivo para piel, ojos y mucosas (consulte al médico)</p>
Emergencia y primeros auxilios <ul style="list-style-type: none"> - Ojos - Piel - Inhalación - Ingestión - Medicamento 	<p>Lavar con abundante agua a presión por 20 minutos</p> <p>Lavar con abundante agua y jabón</p> <p>Si ocurre alejar al paciente inmediatamente del contacto con el producto</p> <p>No induzca al vomito. De abundantes cantidades de gel de hidróxido de aluminio o lecha de magnesias, continúe con leche o claras de huevo batidas con agua. Nunca de bebidas carbonatadas.</p> <p>Consulta al médico</p>
Protección especial. <ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento de ventilación - Respiratorio - Ojos - Guantes - Vestuario - Zapatos 	<p>Ventilación ambiental</p> <p>Utilice mascaría</p> <p>Utilice lentes protectores</p> <p>Si lo considera necesario</p> <p>Usar uniformes de trabajo con manga larga</p> <p>Cerrados</p>
Almacenamiento y manejo <ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento para el manejo - Almacenamiento 	<p>Manipular con cuidado, evitar derrames y salpicaduras. Mezcle cuidadosamente con el agua</p> <p>Almacenar bien cerrado y debidamente identificado en un área fresca</p>
Procedimiento por derrame <ul style="list-style-type: none"> - Procedimiento 	<p>Diluya con agua y neutralizar con una solución alcalina diluida, consulte sobre el tratamiento de aguas residuales contenido cromo</p>

Hoja técnica de seguridad Desengrasante	
Información del producto <ul style="list-style-type: none"> - Nombre comercial - Uso del producto 	<p>Desengrasante químico</p> <p>Remoción de grasa en piezas metálicas en la industria</p>
Información de precaución <ul style="list-style-type: none"> - Salud: - Medios para extinguir el fuego - Estabilidad - Condiciones a evitar - Sensibilidad al impacto 	<p>Este producto es altamente irritable para la piel, ojos y mucosas evitar contaminación de la ropa y alimentos</p> <p>Si fuera necesario use extinguidores de polvo químico seco</p> <p>Estable a condiciones normales de temperatura</p> <p>No contaminar con agua</p> <p>Ninguno</p>
Efectos a la exposición <ul style="list-style-type: none"> - Contacto con ojos - Contacto con la piel - Absorción por la piel - Inhalación - Ingestión 	<p>Puede causar desde irritación hasta quemaduras graves</p> <p>Irritación y sensibilidad de la piel</p> <p>No se absorbe</p> <p>Irritación de mucosas y vías respiratorias</p> <p>Cáustico y corrosivo</p>
Efectos a la exposición <ul style="list-style-type: none"> - Exposición aguda 	<p>Irritación y quemaduras de ojos, piel y mucosa</p>
Emergencia y primeros auxilios <ul style="list-style-type: none"> - Ojos - Piel - Inhalación - Ingestión - Medicamento 	<p>Lavar con abundante agua a presión por 20 minutos</p> <p>Lavar con abundante agua y jabón y quitar toda ropa contaminada</p> <p>Remover al paciente del área</p> <p>No induzca al vomito. Dar abundantes cantidades de ácido acético al 1%, vinagre (1-4), o ácido cítrico, jugo de limón y seguir con leche o claras de huevo batidas con agua.</p> <p>Consulta al médico</p>
Protección especial. <ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento de ventilación - Respiratorio - Ojos - Guantes - Vestuario - Zapatos 	<p>Ventilación ambiental</p> <p>Utilice mascarilla</p> <p>Utilice lentes protectores</p> <p>Utilice guantes</p> <p>Usar uniformes de trabajo con manga larga</p> <p>Cerrados</p>
Almacenamiento y manejo <ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento para el manejo - Almacenamiento 	<p>Manipular con cuidado, evitar derrames y salpicaduras. Mezcle cuidadosamente con el agua</p> <p>Almacenar bien cerrado y debidamente identificado en un área fresca</p>
Procedimiento por derrame <ul style="list-style-type: none"> - Procedimiento 	<p>Diluya con agua y neutralizar con una solución ácida diluida, consulte sobre el tratamiento de aguas residuales contenido cromo</p>

Hoja técnica de seguridad Ácido clorhídrico.	
Información del producto <ul style="list-style-type: none"> - Nombre comercial - Uso del producto 	<p>Ácido clorhídrico</p> <p>Limpieza de oxido en superficies metálicas</p>
Información de precaución <ul style="list-style-type: none"> - Salud: - Medios para extinguir el fuego - Estabilidad - Condiciones a evitar - Sensibilidad al impacto 	<p>Este producto es corrosivo para la piel, ojos y mucosas, evitar contacto con ojos, piel y mucosas, no ingiera, evita tomar alimentos o bebidas cuando se manipule.</p> <p>Si fuera necesario use extinguidores de polvo químico seco</p> <p>Estable a condiciones normales de temperatura</p> <p>Evitar mantener recipientes mal cerrados</p> <p>Ninguno</p>
Efectos a la exposición <ul style="list-style-type: none"> - Contacto con ojos - Contacto con la piel - Absorción por la piel - Inhalación - Ingestión 	<p>Puede ser corrosivo hasta causar quemaduras graves y cegueras</p> <p>Irritante y puede provocar quemaduras</p> <p>No se absorbe</p> <p>Irritante en las vías respiratorias</p> <p>Corrosivo e irritante para el tracto digestivo</p>
Efectos a la exposición <ul style="list-style-type: none"> - Exposición aguda 	<p>Corrosivo para piel, ojos y mucosas (consulte al médico)</p>
Emergencia y primeros auxilios <ul style="list-style-type: none"> - Ojos - Piel - Inhalación - Ingestión - Medicamento 	<p>Lavar con abundante agua a presión por 20 minutos</p> <p>Lavar con abundante agua y jabón</p> <p>Si ocurre alejar al paciente inmediatamente del contacto con el producto y ver al médico</p> <p>No induzca al vomito. De abundantes cantidades de gel de hidróxido de aluminio o lecha de magnesia, continúe con leche o claras de huevo batidas con agua. Nunca de bebidas carbonatadas.</p> <p>Consulta al médico</p>
Protección especial. <ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento de ventilación - Respiratorio - Ojos - Guantes - Vestuario - Zapatos 	<p>Ventilación ambiental</p> <p>Utilice mascaría</p> <p>Utilice lentes protectores</p> <p>Utilice siempre guantes</p> <p>Usar uniformes de trabajo con manga larga</p> <p>Cerrados</p>
Almacenamiento y manejo <ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento para el manejo - Almacenamiento 	<p>Manipular con cuidado, evitar derrames y salpicaduras. Mezcle cuidadosamente con el agua</p> <p>Almacenar bien cerrado y debidamente identificado en un área fresca</p>
Procedimiento por derrame <ul style="list-style-type: none"> - Procedimiento 	<p>Diluya con agua y neutralizar con una solución alcalina diluida, consulte sobre el tratamiento de aguas residuales</p>

Hoja técnica de seguridad Azufre	
Información del producto - Nombre comercial - Uso del producto	Azufre industrial Humos
Información de precaución - Salud: - Medios para extinguir el fuego - Estabilidad - Condiciones a evitar - Sensibilidad al impacto	Este producto es irritante para ojos y mucosas, evitar exposición en las vías respiratorias podrían haber intoxicaciones hasta desmayos Si fuera necesario use extinguidores de polvo químico seco Estable a condiciones normales de temperatura Evitar inhalación e ingerir Ninguno
Efectos a la exposición - Contacto con ojos - Contacto con la piel - Absorción por la piel - Inhalación - Ingestión	Puede irritante Irritante No se absorbe Altamente irritante Ligeramente irritante para el tracto digestivo
Efectos a la exposición - Exposición aguda	Irritante para mucosas (consultar al médico)
Emergencia y primeros auxilios - Ojos - Piel - Inhalación - Ingestión - Medicamento	Lavar con abundante agua a presión por 20 minutos Lavar con abundante agua y jabón Si ocurre alejar al paciente inmediatamente del contacto con el producto y consultar al médico No induzca al vomito. De abundantes cantidades de gel lecha de magnesia, continúe con leche o claras de huevo Consulta al médico
Protección especial. - Requerimiento de ventilación - Respiratorio - Ojos - Guantes - Vestuario - Zapatos	Ventilación ambiental Uso obligatorio de mascaría Si se considera necesario Uso necesario Usar uniformes de trabajo con manga larga Cerrados
Almacenamiento y manejo - Requerimiento para el manejo - Almacenamiento	Manipular con cuidado evitando largas exposiciones al producto Almacenar bien cerrado y debidamente identificado en un lugar fresco y seco.

Hoja técnica de seguridad Zinc

Hoja técnica de seguridad Zinc	
Información del producto <ul style="list-style-type: none"> - Nombre comercial - Uso del producto 	<p>Zinc industrial (en tabletas)</p> <p>Fundición para la galvanización de metales</p>
Información de precaución <ul style="list-style-type: none"> - Salud: - Temperatura de fundición - Estabilidad - Condiciones a evitar 	<p>Es material no es corrosivo para la piel, ojos y mucosas estado sólido, pero en estado líquido puede producir severas quemaduras e irritación en mucosas por los humos generados</p> <p>(450-500) ° C</p> <p>Estable a condiciones normales de temperatura</p> <p>No introducir materiales a temperatura ambiente por choque térmico</p> <p>Mantener alejado del agua por reacciones químicas</p>
Efectos a la exposición <ul style="list-style-type: none"> - Contacto con ojos - Contacto con la piel - Absorción por la piel - Inhalación - Ingestión 	<p>Puede ser corrosivo hasta causar quemaduras</p> <p>Corrosivo</p> <p>Si se absorbe</p> <p>Ligeramente irritante</p> <p>Irritante para el tracto digestivo</p>
Efectos a la exposición <ul style="list-style-type: none"> - Exposición aguda 	<p>Irritante ojos y mucosas (consulte al médico)</p>
Emergencia y primeros auxilios <ul style="list-style-type: none"> - Ojos - Piel - Inhalación - Ingestión - Medicamento 	<p>Llevar inmediatamente con el médico</p> <p>Llevar inmediatamente con el médico</p> <p>Si ocurre alejar al paciente inmediatamente del contacto con el producto y consultar al médico</p> <p>El cuerpo desecha los excesos de zinc en el cuerpo, pero si se da un caso de ingestión grande llevar consultar con el médico</p> <p>Consulta al médico</p>
Protección especial. <ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento de ventilación - Respiratorio - Ojos - Guantes - Vestuario - Zapatos 	<p>Ventilación ambiental</p> <p>Utilice mascaría</p> <p>Utilice lentes protectores</p> <p>Utilice guantes de lona</p> <p>Usar uniformes de trabajo con manga larga de lona</p> <p>Cerrados de cuero</p>
Almacenamiento y manejo <ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento para el manejo - Almacenamiento 	<p>Manipular con cuidado y evitar largo períodos de exposición</p> <p>Almacenar bien apilado e identificado en un área seca</p>

Hoja técnica de seguridad Plomo	
Información del producto - Nombre comercial - Uso del producto	Plomo Industrial Fundición para la galvanización de metales
Información de precaución - Salud: - Temperatura de fundición - Estabilidad - Condiciones a evitar	Es material no es corrosivo para la piel, ojos y mucosas estado sólido, pero en estado líquido puede producir severas quemaduras e irritación en mucosas por los humos generados (400-500) ° C Estable a condiciones normales de temperatura No introducir materiales a temperatura ambiente por choque térmico Mantener alejado del agua por reacciones químicas
Efectos a la exposición - Contacto con ojos - Contacto con la piel - Absorción por la piel - Inhalación - Ingestión	Puede ser corrosivo hasta causar quemaduras Corrosivo Si se absorbe Ligeramente irritante Irritante para el tracto digestivo
Efectos a la exposición Exposición aguda	Irritante ojos y mucosas (consulte al médico) Peligroso cuando llega al sistema circulatorio.
Emergencia y primeros auxilios - Ojos - Piel - Inhalación - Ingestión Medicamento Protección especial. - Requerimiento de ventilación - Respiratorio - Ojos - Guantes - Vestuario - Zapatos	Llevar inmediatamente con el médico Llevar inmediatamente con el médico Si ocurre alejar al paciente inmediatamente del contacto con el producto y consultar al médico El cuerpo desecha los excesos de plomo en el cuerpo, pero si se da un caso de ingestión grande llevar consultar con el médico Consulta al médico Ventilación ambiental Utilice mascarilla Utilice lentes protectores Utilice guantes de lona Usar uniformes de trabajo con manga larga de lona Cerrados de cuero
Almacenamiento y manejo - Requerimiento para el manejo - Almacenamiento	Manipular con cuidado y evitar largo períodos de exposición Almacenar bien apilado e identificado en un área seca

Hoja técnica de seguridad Amonio	
Información del producto - Nombre comercial - Uso del producto	Amonio. NH ₄ CL Preparación de lámina, quitándole impurezas y oxidación
Información de precaución - Salud: - Medios para extinguir el fuego - Estabilidad - Condiciones a evitar - Sensibilidad al impacto	Este producto es altamente irritable para la piel, ojos y mucosas evitar contaminación de la ropa y alimentos Si fuera necesario use extinguidores de polvo químico seco Estable a condiciones normales de temperatura Evitar la humedad de los sacos Ninguno
Efectos a la exposición - Contacto con ojos - Contacto con la piel - Absorción por la piel - Inhalación - Ingestión	Puede causar desde irritación hasta quemaduras graves Irritación y sensibilidad de la piel No se absorbe Irritación de mucosas y vías respiratorias Cáustico y corrosivo
Efectos a la exposición - Exposición aguda	Irritación y quemaduras de ojos, piel y mucosa
Emergencia y primeros auxilios - Ojos - Piel - Inhalación - Ingestión - Medicamento	Lavar con abundante agua a presión por 20 minutos Lavar con abundante agua y jabón y quitar toda ropa contaminada Remover al paciente del área No induzca al vomito y acudir al medico inmediatamente Consulta al médico
Protección especial. - Requerimiento de ventilación - Respiratorio - Ojos - Guantes - Vestuario - Zapatos	Ventilación ambiental Utilice mascaría Utilice lentes protectores Utilice guantes Usar uniformes de trabajo con manga larga Cerrados
Almacenamiento y manejo - Requerimiento para el manejo - Almacenamiento	Manipular con cuidado, evitar derrames y salpicaduras. Mezcle cuidadosamente con el agua Almacenar bien cerrado y debidamente identificado en un área fresca
Procedimiento por derrame - Procedimiento	Diluya con agua y neutralizar con una solución ácida diluida, consulte sobre el tratamiento de aguas residuales contenido cromo

Fuente: Aceros de Guatemala. S.A.

**B. MANUAL DE MANTENIMIENTO COMPRESOR DE AIRE
SULLAIR.**

Section 5 MAINTENANCE

5.1 GENERAL

As you proceed in reading this Section, it will be easy to see that the Maintenance Program for your Air Compressor is quite minimal. The use of the service indicators provided for the bearing filter, air filter and oil separator, will alert you when service maintenance is required. When the maintenance gauge shows red, maintenance for that specific item is required. See instructions for each item in Section 5.6 for Parts Replacement and Adjustment procedures.

5.2 DAILY OPERATION

Prior to starting your machine, it is necessary to check the oil level in the sump. Should the level be low, simply add the necessary amount. If the addition of oil becomes too frequent, a simple problem has developed which is causing this excessive loss. See the Troubleshooting Section (5.8) under excessive oil consumption for a probable cause and remedy.

After a routine start has been made, observe the instrument panel gauges and be sure they monitor the correct readings for that particular phase of operation. After the machine has warmed up, it is recommended that a general check on the overall machine and instrument panel be made to assure that the compressor is running properly.

WARNING

Do not remove caps, plugs, or other components when compressor is running or pressurized.

Stop compressor and relieve all internal pressure before doing so.

5.3 MAINTENANCE AFTER INITIAL 50 HOURS OF OPERATION

After the initial 50 hours of operation a few maintenance requirements are needed to rid the system of any foreign materials which may have accumulated during machine assembly. Perform the following maintenance operations to prevent unnecessary problems:

1. Clean the return line strainer.
2. Clean the return line orifice.
3. Clean the compressor unit gear housing, bearing and shaft seal orifices. (Care must be taken not to damage shaft seal).

5.4 MAINTENANCE EVERY 1000 HOURS

1. Clean the return line strainer.
2. Lubricate the Sullicon Control linkage.
3. Replace the fluid filter element and gasket.
4. **STANDARD MACHINES ONLY!** Drain the sump and change the compressor fluid.

5.5 FILTER MAINTENANCE

Replace your fluid filter element and the gasket under any of the following conditions, whichever occur first:

1. As indicated by the maintenance gauge.

2. Every 1000 hours.

3. Every 6 months.

4. **STANDARD MACHINES ONLY!** Every fluid change.

5.6 SEPARATOR MAINTENANCE

Replace your separator elements when your separator maintenance gauge shows red or after one (1) year, whichever comes first. The separator elements must be replaced. Do not clean the separator elements.

5.7 PARTS REPLACEMENT AND ADJUSTMENT PROCEDURES

FLUID FILTER ELEMENT REPLACEMENT

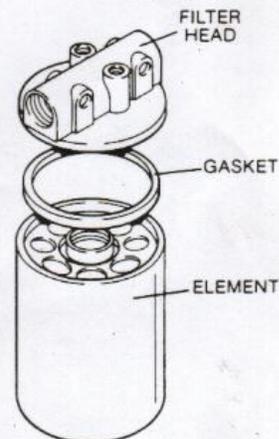
Refer to Figure 5-1.

1. Using a strap wrench, remove the old element and gasket.
2. Clean gasket seating surface.
3. Apply a light film of oil to the new gasket.
4. Hand tighten new element until new gasket is seated in the gasket groove. Avoid any nick, cuts or pinches to the gasket.
5. Continue tightening element by hand an additional 1/2 to 3/4 turn.
6. Restart machine and check for leaks.

CAUTION

*To minimize the possibility of filter element rupture, it is important that **ONLY** replacement elements identified with the Sullair name, logo and appropriate part number be used and that substitute elements **NOT** be used, due to the fact that such filters may have inadequate or questionable working pressure ratings.*

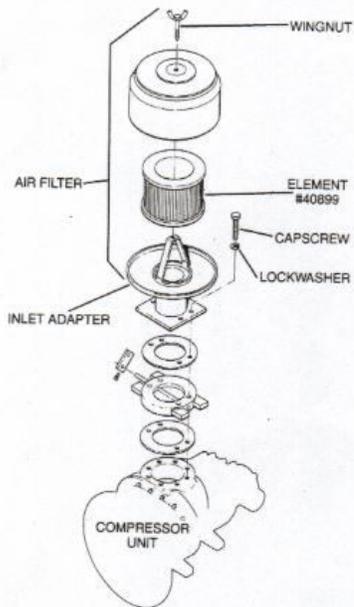
Figure 5-1 Fluid Filter



*Repair Kit 250025-526

Section 5 MAINTENANCE

Figure 5-2 Air Filter Replacement



AIR FILTER MAINTENANCE

Refer to Figure 5-2.

Air filter maintenance should be performed when the maintenance gauge shows red or once a year, whichever comes first. The air filter supplied with your machine has a cleanable type element. If the filter needs to be replaced, order element 40899. Below you will find procedures on how to replace and how to clean the air filter element:

Air Filter Element Replacement

1. Clean exterior of air filter housing.
2. Remove the air filter cover by loosening the wing bolt securing the cover.
3. Remove element and clean interior of housing using a damp cloth. Do not blow dirt out with compressed air.
4. At this time clean or replace the element.
5. Reassemble in the reverse order of the disassembly.

Air Filter Element Cleaning

The air filter element is cleanable by using compressed air. The maximum amount of times that an element should be cleaned is six (6) times. However, the element should be used no longer than a period of one (1) year without changing.

Prior to cleaning an element, check the element for damage. Damaged elements are to be replaced.

Compressed air shall be used for cleaning purposes except in full compliance with OSHA Std. 29CFR 1910.242(b).

Do not strike the element against any hard surface to dislodge dust. This will damage the sealing surfaces and possibly rupture the element.

Never "blow" dirt out of the interior of the filter housing. This may introduce dust downstream of the filter. Instead, use a clean damp cloth.

Do not oil the element.

Method 1: Cleaning the Element with Compressor Air. When cleaning the element with compressed air, never let the air pressure exceed 30 PSI (207 kPa). Reverse flush the element by directing the compressed air up and down the pleats in the filter media from the "clean side" of the element. Continue reverse flushing until all dust is removed. Should any oil or greasy dirt remain on the filter surface, the element should then be replaced. When the element is satisfactorily cleaned, inspect thoroughly prior to installation. (See element inspection.)

Element Inspection

1. Place a bright light inside the element to inspect for damage or leak holes. Concentrated light will shine through the element and disclose any holes.
2. Inspect all gaskets and gasket contact surfaces of the housing. Should faulty gaskets be evident, correct the condition immediately.
3. If the clean element is to be stored for later use, it must be stored in a clean container.
4. After the element has been installed, inspect and tighten, if necessary, all air inlet connections prior to resuming operation.

SEPARATOR ELEMENT REPLACEMENT

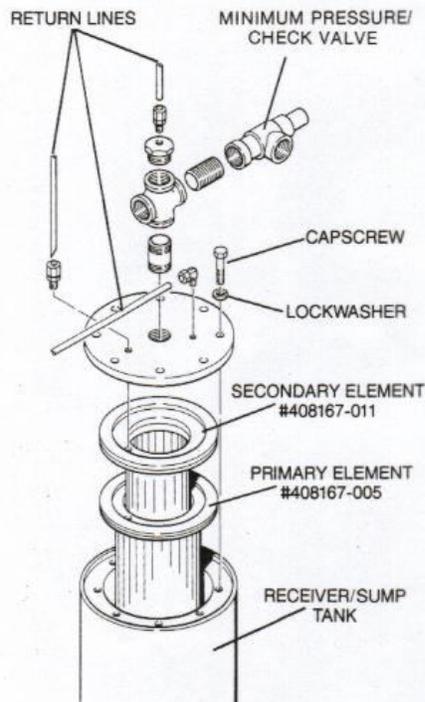
Refer to Figure 5-3.

The separator elements must be changed when the maintenance gauge shows red, or once a year whichever occurs first. Order separator elements, part no 408167-005 & 408167-011. Follow the procedure explained below for separator element replacement.

1. Relieve all pressure from the sump tank and all compressor lines.
2. Disconnect all piping connected to the sump cover to allow removal (return lines, service lines, etc.).
3. Loosen and remove the 8 hex head capscrews (5/8" x 2") from the cover plate.
4. Lift the cover plate from the sump.
5. Remove the primary (408167-005) & secondary (408167-011).
6. Inspect the receiver/sump tank for rust, dirt, etc..

19 Section 5
MAINTENANCE

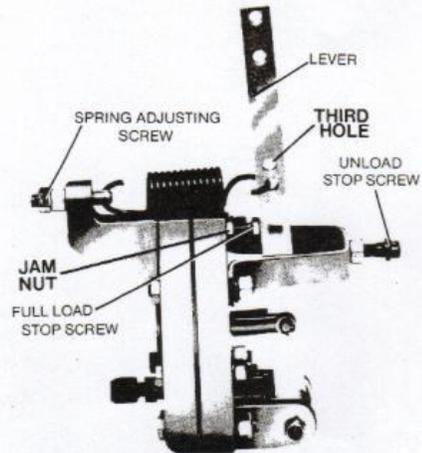
Figure 5-3 Separator Element Replacement



*Repair Kit 408167-005 & 408167-011

7. Scrape the old gasket material from the cover and flange on the sump, be careful not to let the scraps fall in the sump.
8. Reinsert the separator elements (Part # 408167-005 & 408167-011) into the sump taking care not to dent it against the tank opening.
9. Clean the underside of the receiver/sump tank cover and remove any rust. Paint surface with an epoxy paint.
10. Replace the cover plate, washers and capscrows. Torque to 55 ft. lbs.

Figure 5-4 Sullicon Control



Repair Kit #250020-353

11. Reconnect all piping making sure return line tubes extend to the bottom or 1/4" above the bottom of the separator element. This will assure proper fluid return flow to the compressor.
12. Clean both return line strainers before restarting the machine.

CONTROL SYSTEM ADJUSTMENT

Refer to Figures 5-4 and 5-5. Prior to adjusting the control system, it is necessary to determine the desired operating pressure range and also the maximum pressure at which your machine is to operate. (This pressure must not exceed the maximum operating pressure which is stamped on the machine serial number nameplate). The following explanation applies to a typical installation with a desired operating range of 100-110 PSI (689 to 758 kPa). This information will apply to a machine with any other operating range excepting the stated pressures.

Remove the appropriate panels and covers to the pressure switch, pilot valve, and pressure regulator. With the shut off valve closed (or slightly cracked open) start the machine. Observe the line pressure gauge and pressure switch contacts. When the line pressure reaches the desired pressure, the pressure switch contacts should open. If the pressure switch contacts do not open or they open prior to the desired pressure, the pressure switch setting will require adjustment. (Refer to Figure 5-5.)

⚠ DANGER

DO NOT touch the electrical contacts, terminal or leads with any metallic object. Severe electrical shock may occur.

Section 5 MAINTENANCE

For Pressure Range Adjustment:

1. Remove cover to pressure switch.
2. Turn the range adjusting screw to the high pressure setting. Turning the screw counterclockwise lowers both the high and low pressure setting equally.

For Differential Adjustment:

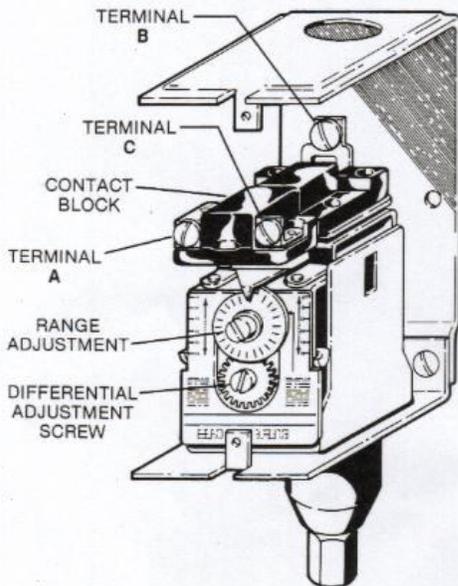
Differential is the difference between the high and low pressure settings (10 PSI typical).

1. Turn the differential adjusting screw to the lower (reset) setting. Turning the screw counterclockwise widens the differential by lowering the reset (lower) setting only.

When the pressure switch adjustment is complete, the pressure regulator should be adjusted for the pressure at which modulation of air delivery should begin. In this case, that pressure will be 100 PSI (689 kPa or 6.89 bar). The regulator is adjusted by loosening the jam nut on the end of the cone shaped cover of the pressure regulator. (Refer to Figure 5-11 for the location.) When the jam nut is loose, turn the adjusting screw clockwise to increase or counterclockwise to decrease the setting.

Above 100 PSI (689 kPa or 6.89 bar), the regulator should allow pressure to flow into the control chamber of the Sullicon Control. The Sullicon Control lever should start to move at this time.

Figure 5-5 Allen Bradley® Pressure Switch 40694



Cycle the control system several times and recheck all pressure settings.

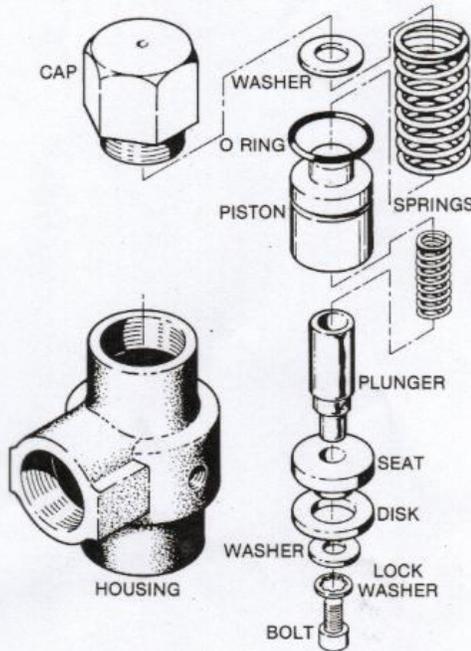
MINIMUM PRESSURE/CHECK VALVE MAINTENANCE

Refer to Figure 5-6.

Minimum pressure valve maintenance is quite minimal. The only part which normally requires replacement is the o-ring on the piston. To replace this ring, order repair kit and follow the procedure explained below:

1. Unscrew the minimum pressure valve from the receiver cover.
2. Remove hexagonal retaining cover from the main body.
3. Remove the flat washer and heavy spring from the main body.
4. Tap the piston assembly (with a screwdriver) from the bottom of the main body and remove. The o-ring will now be seen easily.
5. Remove the o-ring and discard.
6. Clean piston assembly and valve thoroughly.
7. Replace o-ring and coat the piston and seal with Parker Super "O" ring seal or an equivalent quality grease.

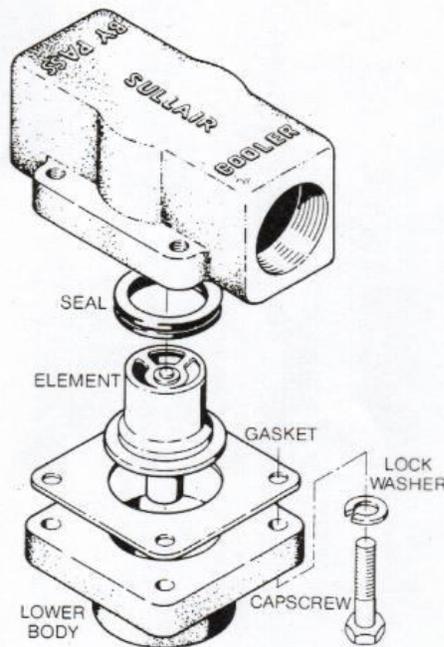
Figure 5-6 Minimum Pressure/Check Valve



Repair Kit Part #250020-344 (For 12 Series)
Repair Kit Part #250019-444 (For 16 Series)

Section 5 MAINTENANCE

Figure 5-7 Thermal Valve



8. Reset piston assembly into the main body and reposition spring and flat washer.
9. Replace retaining cover.
10. Reattach valve to receiver cover and reconnect all piping.

THERMAL VALVE MAINTENANCE

Refer to Figure 5-7.

For thermal valve maintenance, order the following Sullair Parts: 1 quad ring (46425), 1 gasket (49812), and (if necessary) thermal element (49542). Follow the procedure explained below for installation.

Disassembly

1. Remove the appropriate piping from the thermal valve before starting disassembly.
2. Remove the four (4) capscrews holding the housing together and separate the upper housing from the lower housing.
3. Remove the gasket from between the housings.
4. Pull firmly on the thermal element and remove.

NOTE

There will be a slight resistance from the quad ring centered in the lower housing.

5. Remove the quad ring from the lower housing and discard.

Reassembly

1. Grease and replace the quad ring in the center of the lower housing.
2. Reinsert the thermal element pushing down until the brass ring is flush with the surface of the lower housing.
3. Position a new gasket on the lower housing making sure holes are properly aligned.
4. Place the upper housing on the lower housing and retighten the capscrews.
5. Replace all piping connected to the thermal valve.

DRIVE COUPLING INSTALLATION AND MAINTENANCE

Refer to Figure 5-8

For coupling installation and maintenance the tools required will be a measuring scale, one set of standard allen wrenches, and one set of standard socket wrenches.

For installation and maintenance of the drive coupling, follow the steps explained below.

⚠ DANGER

Disconnect all power at source, before attempting maintenance or adjustments.

Figure 5-8. Drive Coupling "Hub"-Gap Check

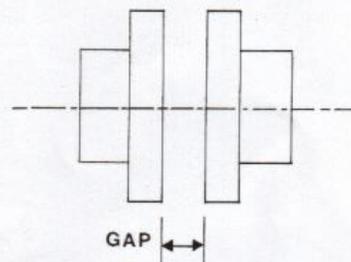


Table 1

INSTALLATION DATA — Series 12 & 16 (40 through 75HP)

SERIES & HP	Coupling Element	Coupling Hub Gap	Tightening Torque (Wet)
40 & 50	250004-641	1 13/16"	55 Ft-Lbs
60 & 75	250018-551	2 1/16"	110 Ft-Lbs

Section 5 MAINTENANCE

STEP 1 MOUNT HUBS—Mount the motor hub and the compressor hub on its respective shaft.

STEP 2 COUPLING HUB GAP CHECK

Position the compressor hub, on the compressor shaft, so that the hub is against the shaft shoulder, tighten the hub set screw. Position the motor hub on motor shaft and let it float.

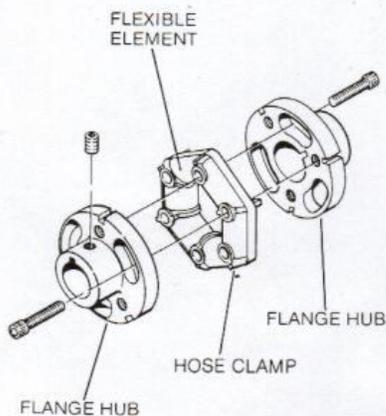
STEP 3 INSTALL THE FLEXIBLE ELEMENT—Insert the flexible element between the two hubs. The element should be compressed prior to insertion. The element can be compressed by tightening a suitable sized radiator hose clamp around the outer edge of the element as shown in Fig. 5-9. Slide the ferry head bolts with lockwashers through the holes in the hubs and element. Torque these bolts per Table 1. Note: Do not substitute the ferry-head bolts, supplied with the coupling. After tightening the bolts, tighten the set screws and remove the hose clamp from the flexible element. Check the coupling gap per Table 1. At this time the coupling is ready for operation.

DRIVE COUPLING DISASSEMBLY AND REMOVAL

Disassembly and removal of the drive coupling is done in the following manner:

1. Place a suitable sized radiator hose clamp over the flexible element as shown in Fig. 5-9 and tighten a sufficient amount to compress the rubber.

Figure 5-9 Drive Coupling



2. Remove the ferry head bolts from the hubs and element.
3. Rotate the element until the studs clear the hubs.
4. Remove the element from the hubs with the hose clamp still in place.
5. Loosen the shaft setscrews and remove the hubs.

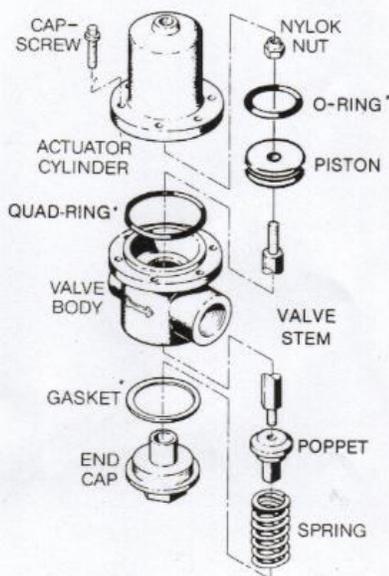
FLUID STOP VALVE MAINTENANCE

Refer to Figure 5-10.

When servicing valve no. 16741, order repair kit no. 1684. The following instructions are in accordance with repair kit no. 1684.

1. Remove the capscrews securing the cylinder to the valve body and remove the cylinder. Inspect for scratches, scuffing, etc..
2. Disassemble the o-ring from the piston.
3. Discard the old o-ring. Replace the o-ring with the new one provided in the kit.
4. Remove and replace the valve body quad-ring and reassemble the cylinder to the valve body.

Figure 5-10 Fluid Stop Valve 16741



Repair Kit #1684

Section 5 MAINTENANCE

PRESSURE REGULATOR VALVE MAINTENANCE

Refer to Figure 5-11.

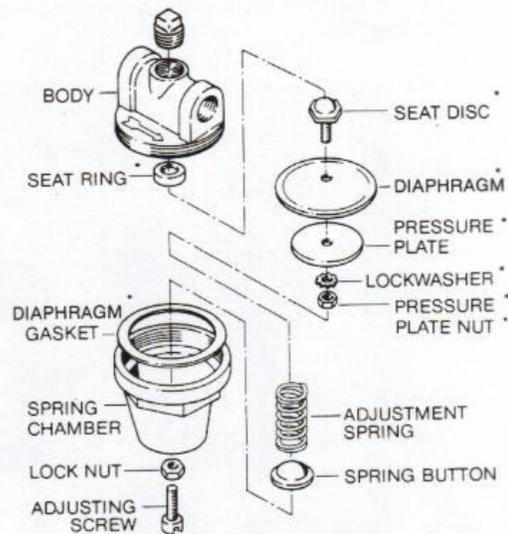
Pressure Regulator Maintenance normally requires the replacement of the internal diaphragm. Use repair kit No. 41742 and follow the procedure below for proper installation.

1. Loosen the locknut and turn the adjusting screw counterclockwise until the inner spring tension is relieved. The adjusting screw should turn freely when the spring tension is relieved.
2. Remove the spring chamber from the body to allow access to internal parts.
3. Next, remove the spring button and the spring. The dampener will stay inside the spring as it is removed. Leave the dampener inside the spring as there is no need to remove it.
4. After removing the spring, remove the gasket stop and brass gasket.
5. At this time, remove the pressure plate nut and disassemble the pressure plate, diaphragm, diaphragm gasket (rubberized asbestos), seat disc and seat gasket.
6. Remove and discard the seat ring.
7. The next step is to reassemble the regulator using the new parts provided in your repair kit.
8. Reassemble the diaphragm, pressure plate, gasket, seat disc, and seat disc gasket and tighten the nut. All of these parts with the exception of pressure plate are provided in the repair kit.
9. Replace the seat ring with the new seat ring provided.
10. Replace the existing brass gasket and diaphragm gasket stop.
11. Next, place these parts in their proper place on the body and replace the spring as it was prior to disassembly.
12. Place the spring button over the spring as shown.
13. With all parts in order replace the spring chamber and tighten.
14. Tighten the adjusting screw until tension is realized.
15. At this time, refer to Control System Adjustment Procedure to readjust the control regulator.

BLOWDOWN VALVE MAINTENANCE

Refer to Figure 5-12. Blowdown Valve Maintenance is limited to replacement of the internal diaphragm. Using Replacement Diaphragm Kit No. 46782 follow the instructions below for proper installation:

Figure 5-11 Pressure Regulator 406929



*Repair Kit 41742

1. Remove the four screws which hold the assembly together.
2. Pull the top cover away from the body.
3. Remove the old gasket and O-ring and replace with the new ones.
4. Align the top cover with the body, replace the four screws and tighten.

PILOT VALVE MAINTENANCE

Refer to Figure 5-13.

Pilot valve maintenance is quite minimal but a periodic cleaning is desirable. The time between cleanings will vary depending on operating conditions. In general, if the voltage to the coils is correct, sluggish valve operation or excessive leakage will indicate that cleaning is required. If parts replacement is required, order repair kit no. 250018-970 or 971 and follow the procedure explained below:

WARNING

Turn off all power, relieve line pressure, and disconnect coil lead wires to the valve before making repairs.

It is not necessary to remove the valve from the pipe line for repairs.

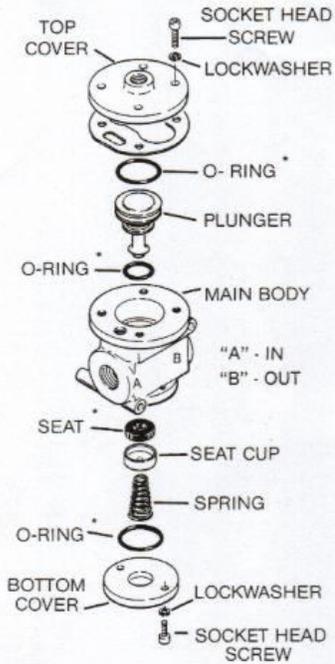
Disassembly and Reassembly

1. Remove the retaining cap and slip the entire solenoid off the solenoid base subassembly.

Section 5 MAINTENANCE

24

Figure 5-12 Blowdown Valve 44912



Replacement Kit #46782

2. Unscrew the solenoid base assembly. Remove the core assembly, core spring and body gasket.
3. Next, remove the end cap, body gasket, disc spring, and disc holder assembly.
4. All parts are now accessible for cleaning or replacement. Replace worn or damaged parts with kit 250018-970 for best results.
5. Reassemble in reverse order of disassembly.

Coil Replacement Kit (250018-971)

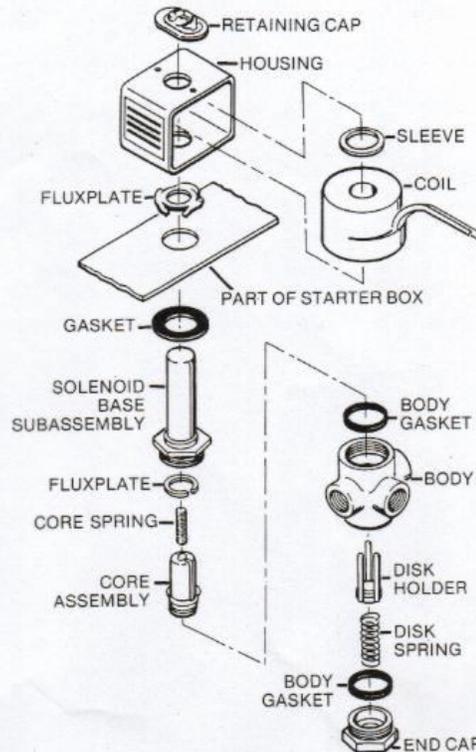
1. Remove the retaining clip.
2. Slip the yoke containing the coil and sleeves off the solenoid base sub-assembly.
3. Reassemble in reverse order of disassembly.

FLEXMASTER® COUPLING MAINTENANCE

Refer to Figure 5-14.

Flexmaster® coupling maintenance normally requires the replacement of the 2 gasket rings on the coupling. Select appropriate gasket rings from Table 3 and follow the procedure below for proper installation.

Figure 5-13 Pilot Valve



Valve Repair Kit 250018-970
Replacement Coil Kit 250018-971

PIPE END PREPARATION

1. Deburr and clean the pipe ends.
2. The pipe ends should be free of all deep scratches, gouges, dents, etc. A special finish is not required.

JOINT INSTALLATION

1. Install the retainer (1), gasket (2), and sleeve on one side of the pipe as shown in Step 1.
2. Install the remaining retainer (4) and gasket (5) on the other pipe end.
3. Position the retainer (4) and gasket to proper pipe insertion depth ("D") as shown in Table 1.
4. Slide the sleeve (3) to the gasket (5) and move gasket (2) and retainer (1) into position as shown in Step 2. The pipe *must be* inserted to the proper depth ("D") into both gaskets.

25 Section 5
MAINTENANCE

Figure 5-14 Flexmaster® Coupling

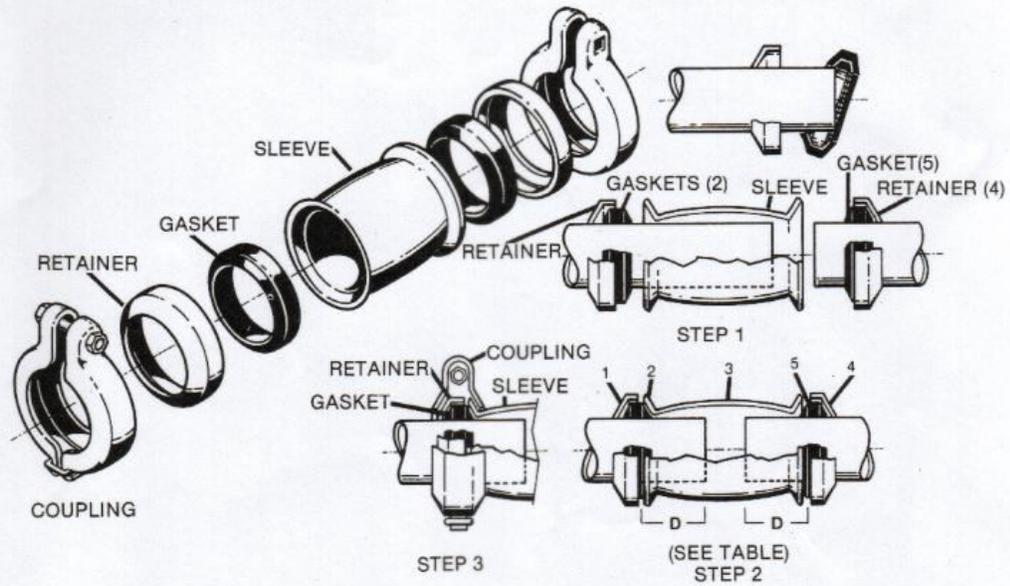


TABLE 1 INSERTION DEPTH

PIPE SIZE	"D" Min.	"D" Max.
2 1/2" 63.5mm	1.68" 42.7mm	2.38" 62.5mm

TABLE 2 ASSEMBLY TORQUE*

Size 2 1/2" (63.5mm)	180-200 in.-lbs. (20.27-22.52Nm)
----------------------------	-------------------------------------

* Tighten as shown in chart or a minimum of 1/16" (1.5mm) clearance between coupling lugs, whichever comes first.

TABLE 3 GASKET RING SELECTION

Size	Part Number Standard	Part Number 24KT
2 1/2"	40649	250007-564

Section 5 MAINTENANCE

COUPLER INSTALLATION

1. Install both V couplings as shown in Step 3, encompassing the retainer, gasket and sleeve. DO NOT tighten either coupling until the entire joint has been assembled.
2. Tighten the nuts to the torque values shown in Table 2. **RECOMMENDED ASSEMBLY TORQUE MUST BE MAINTAINED.** Retightening of the coupler will be necessary if leakage occurs.

SPECIAL NOTES

1. Assembly of the gaskets can be made easier by dipping the gaskets in water or the oil to be sealed. Do not use other rubber lubricants.
2. Flexmaster joints are not intended to support end loads caused by internal pressure or other forces causing pipe separation.

5.8 TROUBLESHOOTING

The information contained in the troubleshooting chart has been compiled from data gathered from field

service reports and factory experience. It contains symptoms and common causes for the service problems described, however, DO NOT assume that these are the only problems that may occur. All available data concerning the trouble should be systematically analyzed before undertaking any repairs or components replacement operations.

A detailed visual inspection is worth performing for almost all problems and may avoid unnecessary additional damage to the machine.

- a. Check for loose wiring.
- b. Check for damaged piping.
- c. Check for parts damaged by heat or high electrical power. Usually apparent by discoloration or burned odor.

Should your problem persist after making the recommended checks listed above, consult your nearest Sullair Distributor or the Sullair Corporation Service Department.

27

Section 5 MAINTENANCE

TROUBLESHOOTING

SYMPTOM	PROBABLE CAUSE AND REMEDY
1. Machine will not start. <i>Maquina no arranca</i>	1. Main disconnect switch open. <i>switch OFF</i> a. Close switch. 2. Line fuse blown. <i>Fosible. Linea rompido</i> Replace fuse. 3. Control transformer fuse blown. <i>trafo. Fosible rompido</i> a. Replace fuse. 4. Motor starter overloads tripped. a. Reset. Should trouble persist, check whether <i>Reset Hot</i> motor starter contacts are functioning properly. 5. Low incoming line voltage. a. Check voltage. Should voltage check low, <i>Voltage Bajo</i> consult your power company.
2. Machine shuts down with air demand present. <i>Maquina se apaga con demandas de aire.</i>	1. Loss of control voltage. <i>perdida de voltaje</i> a. Reset. If trouble persists, check that line pressure does not exceed max. operating pressure of your machine (specified on nameplate). 2. Low incoming voltage. <i>Bajo voltaje</i> a. Consult power company. 3. Excessive operating pressure. <i>Presion de trabajo alta</i> a. Defect in pressure switch: check pressure at which contact points open. b. Separator requires maintenance: check maintenance indicator under full load conditions. c. High pressure shutdown switch is adjusted too low: readjust to 135 PSIG. d. Defective pilot valve: pilot valve should cause control lever to move to unload stop when the pressure switch contacts open. Repair if defective. e. Defective Blowdown valve: blowdown valve should exhaust sump pressure to 40-55 PSI when maximum operating pressure is reached. Repair if defective. 4. Discharge temperature switch open. <i>switch temp. open.</i> a. Cooling water temperature too high: increase water flow (water-cooled only). <i>agua</i> b. Cooling water flow insufficient: check water lines and valves (water-cooled only). <i>agua</i> c. Cooler plugged: clean tubes. If plugging persists, install water conditioner (water-cooled only). <i>agua</i> d. Cooling air flow restricted: clean cooler and <i>Flujo de aire obstruido</i> check for proper ventilation. e. Ambient temperature is too high: provide sufficient ventilation. <i>temp. ambiente alta.</i> f. Low fluid level: add fluid. <i>Bajo fluido nivel</i> g. Clogged filter: change the fluid filter element and change the bearing filter element if maintenance indicator shows red. <i>Cambiar filtro fluido y filtro de aceite</i> h. Thermal valve not functioning properly: replace element (air-cooled only). <i>Valvulas termal malas</i> i. Water-flow regulating valve not functioning properly: change (water-cooled only). <i>agua</i> j. Defective discharge temperature switch. Check for a short or open circuit to probe and correct wiring. <i>con el estado del switch de temp.</i>

Section 5
MAINTENANCE

28

TROUBLESHOOTING

SYMPTOM

PROBABLE CAUSE AND REMEDY

3. Machine will not build up full discharge pressure.

Maquina no alcanza presion de descarga maxima

1. Air demand too great. *Demanda muy grande*
 - a. Check service lines for leak or open valves.
2. Dirty air filter. *Filtro sucio*
 - a. Check filter indicator and change or clean element if required.
3. Pressure Regulator out of adjustment. *regulador de pres*
 - a. Adjust regulator according to control adjustment instructions in the Maintenance Section.
4. Defective Pressure Regulator. *Regulador de presion male*
 - a. Check diaphragms and replace if necessary (kit available).

4. Line pressure rises above cut-out pressure setting on pressure switch.

Lineas de presion llegan arriba de la presion de corte setiadas en el switch de presion

1. Leak in control system causing loss of pressure signals. *Fuga en las lineas de control*
 - a. Check for leaks.
2. Defective pressure switch. *Switch de presion defectuoso*
 - a. Check that diaphragm and contacts are functioning properly and are not damaged. Replace if necessary.
3. Defective Pilot Valve. *Sullicon defectuoso*
 - a. Check that Sullicon Control lever is moved to unload stop when the Pressure Switch contacts open. Repair or replace if necessary (kit available).
4. Defective Blowdown Valve. *Cheq. presion del tanque separad*
 - a. Check that sump pressure is exhausted to the atmosphere when the pressure switch contacts open or repair or replace if necessary (kit available).
5. High Pressure Shutdown is defective or adjustment is incorrect. *Revisar presion de paro en el switch*
 - a. Re-adjust or replace.

5. Excessive fluid consumption.

Consumo excesivo de fluido.

1. Clogged return line strainer or orifice:
 - a. Clean strainer (screen and o-ring replacement kit available). *Strainer tapado o orificio tapado*
 - b. Clean orifice.
2. Separator element damaged or not functioning properly. *Separador de aceites dañado.*
 - a. Change separator.
3. Leak in lubrication system. *fugas en el sistema de fluido*
 - a. Check all pipes, connections and components.
4. Excess fluid foaming, drain and change.
5. Fluid level too high. *nivel de fluido alto.*

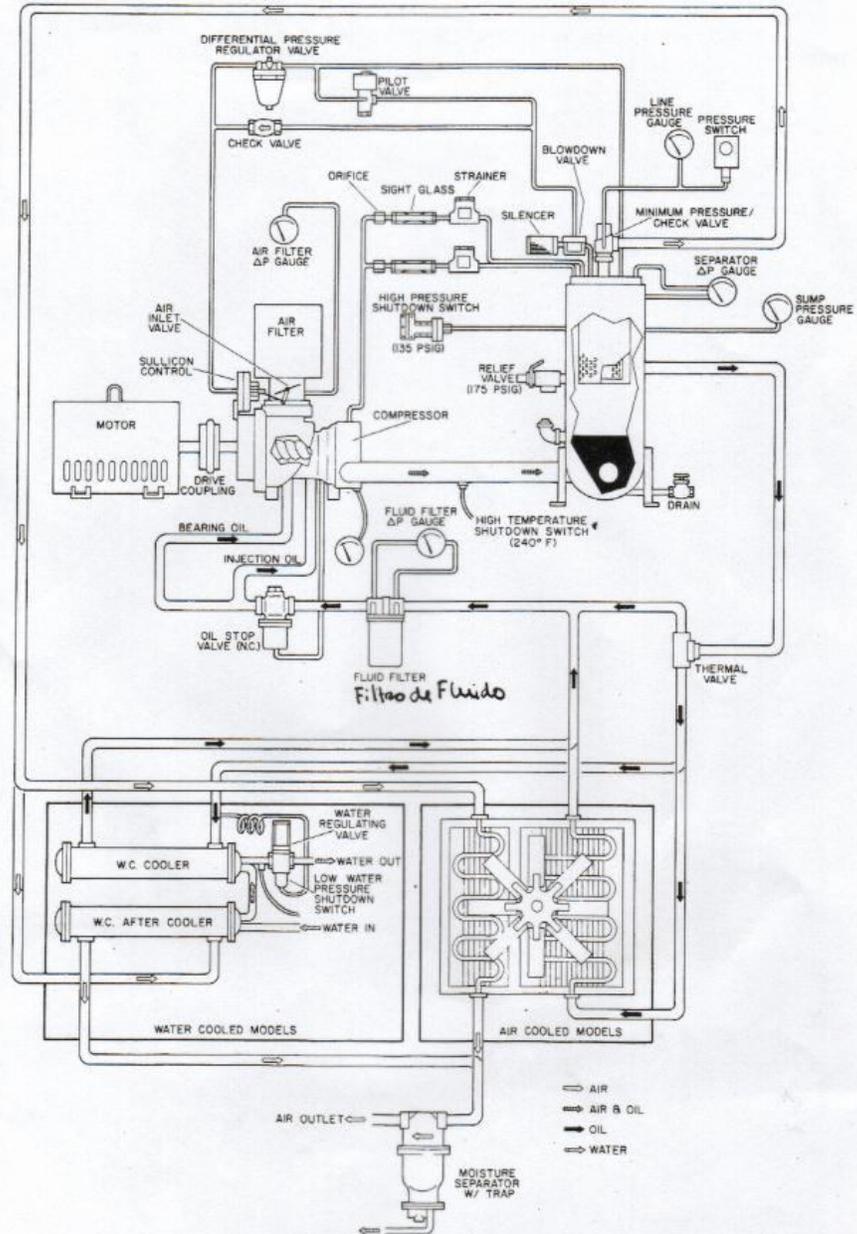
6. Pressure Relief valve opens repeatedly.

Válvulas de presión se abre constantemente.

1. High pressure shutdown switch is defective or out of adjustment (135 PSIG): *válvulas de presión mala regular*
Re-adjust below pressure relief valve setting (175 PSIG) or replace.
2. Defective Pressure Relief Valve:
Replace Pressure Relief Valve
3. Also check separator differential (plugged).

29 Section 5
MAINTENANCE

5.9 Piping and Instrumentation Diagram



Fuente: Manual de parte y operaciones Sullair Series 12 & 16, 40, 50, 60 y 75 HP

**C. FOTOGRAFIAS DE LAS MEJORAS LOGRADAS EN EL
PROCESO DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL**

Guardas de protección para equipo industrial



Protección de piezas en movimiento



Protección de turbo de aire

Implementación del código de colores en el equipo industrial



Bombas de agua



Cortadora de lámina

Equipo contra incendios



Depósitos de arena



Extintor de fuego

Indicadores de peligro



Bomba de bunker



Depósito de diesel

Reubicación de materiales de producción



Toneles de ácido



Tabletas de zinc

Reubicación de equipo para la producción de lámina



Rodillos de hule para transporte de lámina



Campana para la extracción de humos