



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

**ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA PARA MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL,
UTILIZANDO ENERGÍA MECÁNICA, Y UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA HIDRÁULICA FLUSHING**

Yoni Daniel Cardona Arriaza

Asesorado por el Ing. José Manuel Prado Abularach

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA PARA MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL,
UTILIZANDO ENERGÍA MECÁNICA, Y UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA HIDRÁULICA FLUSHING**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

YONI DANIEL CARDONA ARRIAZA

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL PRADO ABULARACH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

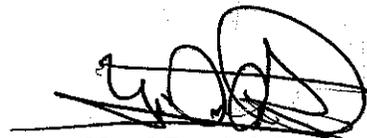
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA PARA MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL,
UTILIZANDO ENERGÍA MECÁNICA, Y UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA HIDRÁULICA FLUSHING**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 29 de agosto de 2014.



Yoni Daniel Cardona Arriaza

Guatemala, 29 de octubre de 2015

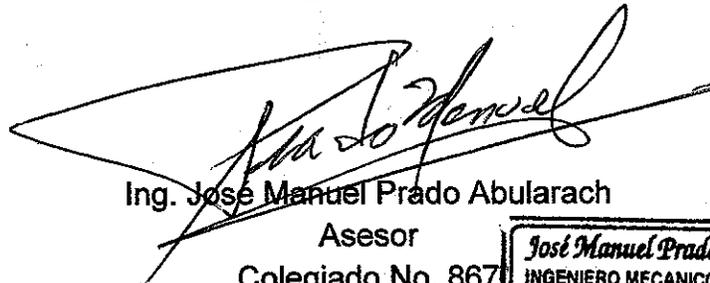
Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Señor Director:

Por medio de la presente, atentamente le informo que en mi calidad de asesor he revisado a satisfacción el informe final del trabajo de graduación titulado: **"ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA PARA MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL, UTILIZANDO ENERGÍA MECÁNICA, Y UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA HIDRÁULICA FLUSHING"**, desarrollado por el estudiante universitario Yoni Daniel Cardona Arriaza, con número de carné estudiantil **200915671**, de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial.

Luego de haber realizado la revisión y las correcciones pertinentes, apruebo su contenido. Sin otro particular me suscribo.

Atentamente



Ing. José Manuel Prado Abularach
Asesor
Colegiado No. 867





REF.REV.EMI.181.015

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA PARA MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL, UTILIZANDO ENERGÍA MECÁNICA, Y UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA HIDRÁULICA FLUSHING**, presentado por el estudiante universitario **Yoni Daniel Cardona Arriaza**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Guatemala, noviembre de 2015.

/mgp



REF.DIR.EMI.047.016

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 **ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA PARA MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL, UTILIZANDO ENERGÍA MECÁNICA, Y UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA HIDRÁULICA FLUSHING**, presentado por el estudiante universitario **Yoni Daniel Cardona Arriaza**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2016.

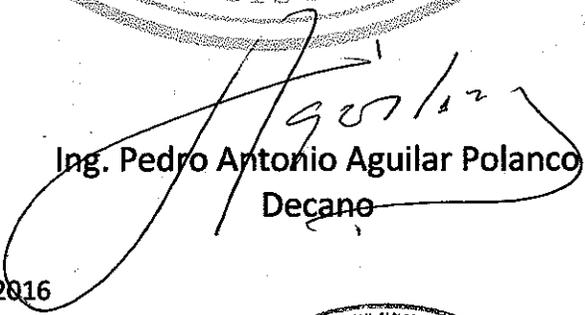
/mgp



DTG. 135.2016

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: **ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA PARA MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL, UTILIZANDO ENERGÍA MECÁNICA, Y UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA HIDRÁULICA FLUSHING,** presentado por el estudiante universitario: **Yoni Daniel Cardona Arriaza,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2016

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por guiarme en el sendero de la vida, por sus bendiciones y permitirme vivir este momento.
Mis padres	Daniel Cardona y Albertina Arriaza, por su apoyo incondicional y sus consejos invaluable.
Mis hermanos	Baldomero y Milton Cardona Arriaza, por apoyarme en mis decisiones y hacerme ver mis errores.
Mis primos	Todos me ayudaron, de alguna manera, a cumplir esta meta.
Mis amigos	Todos me ayudaron, con sus frases tan motivadoras, me daban ánimo para seguir en la lucha.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el centro de enseñanza y nuestra casa de estudios que nos proporciona educación gratuita y de la mejor calidad a nivel nacional.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionar la ciencia de la Ingeniería en nuestra casa de estudio.

**Mis amigos de la
Facultad**

Cada uno de mis amigos de la Facultad, todos contribuyeron para que este sueño sea una realidad.

1.2.8.	Servicios que ofrece AMS	7
1.3.	Energía.....	8
1.3.1.	Energía mecánica	9
1.3.2.	Tipos y características de energía mecánica	9
1.3.2.1.	Energía cinética.....	10
1.3.2.2.	Energía potencial	10
1.3.3.	Maquinaria y equipo industrial.....	11
1.3.3.1.	Tuberías	11
1.3.3.2.	Tanques	23
1.3.3.3.	Piezas de acero inoxidable.....	24
1.3.3.4.	Intercambiadores de calor	24
1.3.3.5.	Calderas	26
1.3.3.6.	Evaporadores	29
1.3.3.7.	Condensadores	31
1.3.3.8.	Generadores de vapor	32
1.3.3.9.	Motores de combustión	33
1.3.3.10.	Sistemas de combustión de turbinas....	33
1.3.3.11.	Sistemas de calentamiento	34
1.4.	<i>Outsourcing</i>	34
1.4.1.	Definición.....	34
1.4.2.	Ventajas	35
1.4.3.	Desventajas.....	35
1.5.	Mantenimiento.....	36
1.5.1.	Definición.....	36
1.5.2.	Tipos de mantenimiento	36
2.	SITUACIÓN ACTUAL	39
2.1.	Descripción y análisis del servicio actual	39
2.2.	Materia prima	41

2.3.	Descripción del equipo	52
2.3.1.	Maquinaria	52
2.3.2.	Herramienta	52
2.3.3.	Tipos de servicios que presta AMS	53
2.3.4.	Mantenimiento	53
2.3.4.1.	Tipos de mantenimiento	53
2.3.5.	Montaje e instalaciones	54
2.3.5.1.	Descripción	55
2.3.5.2.	Tipos	55
2.4.	Soldadura	59
2.4.1.	Tipos de soldadura	59
2.4.2.	Descripción de electrodos.....	61
3.	PROPUESTA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA Y EL ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO.....	63
3.1.	Estudio técnico	63
3.1.1.	Herramienta	66
3.1.1.1.	Descripción	66
3.1.1.2.	Tipos.....	68
3.1.2.	Equipo	69
3.1.2.1.	Tipos.....	73
3.1.2.2.	Descripción	76
3.1.3.	Materia prima.....	84
3.1.3.1.	Aceites.....	85
3.1.3.1.1.	Tipos.....	87
3.1.3.1.2.	Descripción.....	88
3.1.3.1.3.	Características.....	89
3.2.	Mantenimiento del equipo.....	90

3.2.1.	Análisis y descripción del mantenimiento utilizado	90
3.2.2.	Preventivo	92
3.2.3.	Correctivo	94
3.3.	Estudio económico	97
3.3.1.	Planilla:.....	98
3.3.2.	Materia prima	99
3.3.2.1.	Aceites.....	99
3.3.2.2.	Filtros.....	99
3.3.2.3.	Materia extra	100
3.3.3.	Insumos.....	100
3.3.4.	Costos del servicio	101
3.3.4.1.	Costos de materia prima	101
3.3.4.2.	Costos de mano de obra	102
3.3.4.3.	Costos de transporte	102
3.3.4.4.	Otros costos	103
3.3.5.	Equipo.	103
3.3.6.	Costos del mantenimiento	104
3.3.6.1.	Costos en mantenimiento preventivo .	104
3.3.6.2.	Costos de mantenimiento correctivo ..	105
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	107
4.1.	Plan de acción.....	107
4.1.1.	Descripción del plan	108
4.1.2.	Tiempo estimado para la implementación	109
4.2.	Implementación del plan	111
4.3.	Equipo para implementar el servicio	111
4.3.1.	Selección del equipo	112
4.3.2.	Características del equipo necesario	112

4.4.	Entidades responsables	118
4.4.1.	Gerencia	119
4.4.2.	Producción o servicio.....	120
4.5.	Análisis del plan.....	120
4.5.1.	Interpretación.....	120
4.5.2.	Aplicación	121
4.5.3.	Maquinaria	121
4.5.4.	Materia prima.....	122
4.5.5.	Desechos.....	122
4.5.6.	Mano de obra.....	123
4.5.7.	Equipo necesario	123
4.5.8.	Ventajas.....	124
4.5.9.	Desventajas	125
4.6.	Implementación del servicio	125
4.6.1.	Implementación física del servicio	126
4.6.2.	Evaluación de la implementación	126
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA.....	127
5.1.	Evaluación de la implementación	127
5.2.	Estadísticas	128
5.3.	Relación beneficio-costo.....	129
5.4.	Resultados obtenidos	131
5.4.1.	Interpretación.....	131
5.4.2.	Aplicación	133
5.4.3.	Alcance	133
5.5.	Ventajas y beneficios.....	133
5.6.	Acciones correctivas.....	134
5.7.	Propuestas de mejoras.....	136

CONCLUSIONES..... 145
RECOMENDACIONES 147
BIBLIOGRAFÍA..... 149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de AMS.....	3
2.	Caldera pirotubular.....	27
3.	Caldera acuatubular.....	28
4.	Evaporador.....	29
5.	Condensador.....	31
6.	Electrodo punto gris.	42
7.	Electrodo punto café.	44
8.	Electrodo punto azul.....	45
9.	Electrodo punto verde.	46
10.	Electrodo punto rojo.	47
11.	Oxígeno y acetileno para soldadura.....	50
12.	Instalación de una caldera.	55
13.	Calentador industrial.	56
14.	Tuberías.....	57
15.	Línea de vida a sellar.	58
16.	Línea de vida perfilada.....	58
17.	Línea de vida alzada.	59
18.	Soldadura de arco.....	60
19.	Soldadura de gas.	60
20.	Válvula de control.....	69
21.	Válvula de alivio.	70
22.	Bomba.....	71
23.	Depósito de aceite.....	71

24.	Mangueras hidráulicas.....	72
25.	Filtros... ..	72
26.	Válvula de palanca.....	73
27.	Válvula de corona.	74
28.	Válvula de pulsador.	74
29.	Válvula eléctrica o electrónica.	75
30.	Depósito del fluido.	76
31.	Bomba de aspas.....	78
32.	Bomba de pistones.	79
33.	Bomba de pistón axial.....	80
34.	Bombas de engranaje interno.....	81
35.	Bomba de bifurcación:	82
36.	Bomba hidráulica.	113
37.	Depósito para aceite.....	114
38.	Manguera hidráulica.	115
39.	Filtro de metal.	116
40.	Válvula de control	117
41.	Válvula de alivio.....	118
42.	Desecho de aceite industrial.....	123
43.	Tuberías rotas.....	134
44.	Lectura de exceso de presión.....	135
45.	Manómetro registrando baja presión.	135
46.	Círculo de Deming	137
47.	Kaizen.....	138
48.	Análisis del valor.....	139
49.	Seis sigma.	141
50.	Análisis FODA.....	143
51.	Equipo móvil para <i>flushing</i>	143

TABLAS

I.	Tipos y composiciones de aceros inoxidables I.....	14
II.	Límite de presión para tubos de acero inoxidable.....	16
III.	Descripción de las herramientas.....	66
IV.	Descripción de los tipos de válvulas.....	83
V.	Descripción de los aceites según su utilización.....	88
VI.	Características de aceites.....	89
VII.	Fallas en bombas.....	95
VIII.	Costo de mano de obra directa.....	98
IX.	Costos en aceites lubricantes.....	99
X.	Costos en filtros.....	100
XI.	Material extra.....	100
XII.	Costos en insumos.....	101
XIII.	Costos de materia prima.....	102
XIV.	Costos de mano de obra por servicio.....	102
XV.	Costos de transporte.....	103
XVI.	Otros costos.....	103
XVII.	Costo del equipo.....	104
XVIII.	Costos del mantenimiento por servicio.....	104
XIX.	Costos del mantenimiento preventivo.....	105
XX.	Depreciación del equipo.....	105
XXI.	Costos del mantenimiento correctivo.....	105

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
S	Azufre
C	Carbono
Cr	Cromo
ρ	Densidad
P	Fósforo
g	Gramo
Hp	<i>Horsepower</i> o caballo de fuerza
=	Igual que
kg	Kilogramo
L	Litros
Mn	Manganeso
>	Mayor que
Bar	Medida de presión
<	Menor que
mg	Miligramo
Min	Minutos
Ni	Níquel
#	Número
%	Porcentaje
Q	Quetzal, moneda de Guatemala
Si	Silicio

GLOSARIO

Adaptabilidad	Cualidad de adaptarse, a una cosa, a un ambiente, entre otros.
Aspas	Unión de dos brazos en forma de X, que giran por la fuerza del viento o la electricidad.
Caldera	Máquina diseñada para generar vapor.
Camisa	Revestimiento utilizado para proteger una pieza mecánica.
Condensador	Aparato que convierte un gas en líquido.
Densidad	Relación entre la masa y el volumen de una sustancia.
Flujo	Movimiento que tiene un fluido con dirección.
<i>Flushing</i>	Proceso de limpieza para tubería o circuitos hidráulicos.
Hidráulico	Que funciona por la acción que ejerce el agua o un fluido.
Inmersión	Introducir completamente un cuerpo en un líquido.

Intercambiador	Dispositivo diseñado para transmitir calor entre dos medios.
Micra	Medida de longitud, millonésima parte de un metro.
Montaje	Armar un objeto, máquina, entre otros.
Pistones	Pieza interna de un motor de combustión interna.
Recuperativo	Que puede o tiene virtud de recuperar.
Regenerativo	Máquina que puede regenerar un proceso por ella misma.
Reynolds	Número adimensional, utilizado para conocer el movimiento de un fluido.
Tubería	Conducto que transporta un fluido.
Turbina	Máquina que transforma la energía de un fluido en energía mecánica.
Viscosidad	Oposición de un fluido al movimiento.

RESUMEN

La empresa Alto Mantenimiento y Servicio (AMS) es una empresa dedicada a prestar servicios de mantenimiento industrial, utilizando maquinaria de corte, de soldadura y herramienta de mecánica en general. Cuando se realiza una instalación de tuberías como ducto para algún fluido, la soldadura que se realiza en la misma puede ser muy perjudicial para el buen funcionamiento del sistema debido a la escoria y residuos que deja dentro de la tubería, es por ello que, AMS se ve en la necesidad de implementar un método de limpieza que garantice la eliminación de dichos residuos y el buen funcionamiento del sistema.

El presente trabajo está enfocado en el método de *flushing*, actualmente en Guatemala son una o dos empresas las que prestan este servicio. Con este método se consigue la completa limpieza de la tubería que transporta cualquier fluido hidráulico, evitando que la maquinaria se dañe por culpa de las impurezas o restos de soldadura que quedan dentro de la tubería después de su instalación.

Se realiza un análisis de la maquinaria necesaria para implementar el servicio de limpieza por el método *flushing* y se estudia el costo de cada equipo, evaluando los beneficios y rentabilidad que tiene para AMS la implementación de dicho servicio.

OBJETIVOS

General

Analizar los métodos de limpieza para maquinaria y equipo industrial, utilizando la energía mecánica, y a la vez realizar un estudio técnico-económico para la implementación del servicio de limpieza hidráulica *flushing*.

Específicos

1. Establecer, mediante un estudio económico, la propuesta de la implementación del método de limpieza *flushing*.
2. Analizar los métodos de limpieza para maquinaria y equipo industrial, utilizando la energía mecánica.
3. Realizar un estudio técnico-económico para la implementación del método de limpieza *flushing*.
4. Identificar las ventajas y desventajas de utilizar un buen método de limpieza en maquinaria para la industria.
5. Conocer la aplicación industrial de dichos métodos de limpieza para poder determinar que método es el mejor.
6. Optimizar el aprovechamiento de la energía para evitar el exceso en el consumo del combustible.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la empresa AMS se dedica a prestar servicios de mantenimiento y soldadura industrial, aunque no cuenta con el método de limpieza *flushing*, el cual se utiliza en las instalaciones de tuberías para remover la suciedad en su interior, se pretende desarrollar una propuesta para la implementación de este método y lograr evitar gastos en contratar otra empresa para que realice este tipo de trabajos.

La limpieza en maquinaria industrial es parte de un mantenimiento preventivo, el cual sirve para prolongar la vida útil de la maquinaria, evitar paros inesperados, mejorar el aprovechamiento de la energía y disminuir los costos de producción.

El término *flushing* es empleado de diferentes formas, ya que tiene varios significados, algunas veces es usado en los automóviles cuando se lubrican ciertas piezas mecánicas, también es utilizado para designar un enrojecimiento de la piel. En el presente trabajo el término *flushing* se aplica al mantenimiento de maquinaria industrial y toma un significado distinto.

El *flushing* es un método usado para la limpieza preoperacional de circuitos que contienen aceites, ya sean aceites de lubricación, de refrigeración o de calefacción. Se pretende investigar la técnica del *flushing*, sus campos de aplicación y sus ventajas e inconvenientes.

El *flushing* se debe utilizar antes del proceso de puesta en marcha inicial de una instalación o bien en una parada programada, durante el proceso de

construcción o cuando se instalan tuberías nuevas que suelen contener restos de grasa, de metales y de soldadura.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Inicios de la empresa

La empresa Alto Mantenimiento y Servicio (AMS) nace en los años 90, fruto del ingeniero mecánico Max Enrique, como una empresa dedicada al mantenimiento industrial a pequeña escala, en un inicio AMS realizaba trabajos en pequeña magnitud, como soldadura eléctrica, instalaciones mecánicas, entre otros. El fundador de esta empresa estuvo laborando para otras empresas alrededor de 20 años, esta experiencia le permitió observar el mantenimiento industrial en Guatemala, fue así como decidió de iniciarse como empresario.

1.2. La empresa y su servicio

AMS tiene alrededor de 15 años prestando su servicio a diferentes empresas en el territorio nacional, a continuación se presenta una breve historia de la empresa.

1.2.1. Historia

AMS comenzó a tomar impulso en sus primeros años de servicio con la empresa, actualmente llamada Cempro S. A., por más de 10 años, en el transcurso de ese tiempo AMS se abasteció de herramienta; gracias a esto, actualmente en AMS cuentan con una gran variedad de herramienta y equipo para realizar todo tipo de trabajos en mantenimiento industrial. Después de dejar Cempro, AMS comenzó trabajando con diferentes tipos de industrias en Guatemala, ingenios, cervecería, hidroeléctrica, Vigua, entre otros.

1.2.2. Ubicación

Se encuentra localizada en la zona 8 de Mixco, por políticas de la empresa no se escribe la dirección exacta.

1.2.3. Valores

Los valores que practica y proyecta AMS son los siguientes:

- **Confianza:** es la base para prestar un servicio a través de una trayectoria de más de 30 años, AMS ha ganado un buen prestigio y la confianza de sus clientes.
- **Adaptabilidad:** es de gran importancia adaptarse a los diferentes ambientes de trabajo que tiene cada empresa, tomando en cuenta las políticas, exigencias y valores de cada industria.
- **Crecimiento:** es un valor que siempre tiene que estar presente en una empresa, se debe tener un constante crecimiento para poder estar a la vanguardia de la industria y evitar quedarse subdesarrollado con métodos antiguos.
- **Seguridad:** se da certeza de que el trabajo realizado se hará de la mejor manera y se garantiza cada servicio prestado por la empresa.

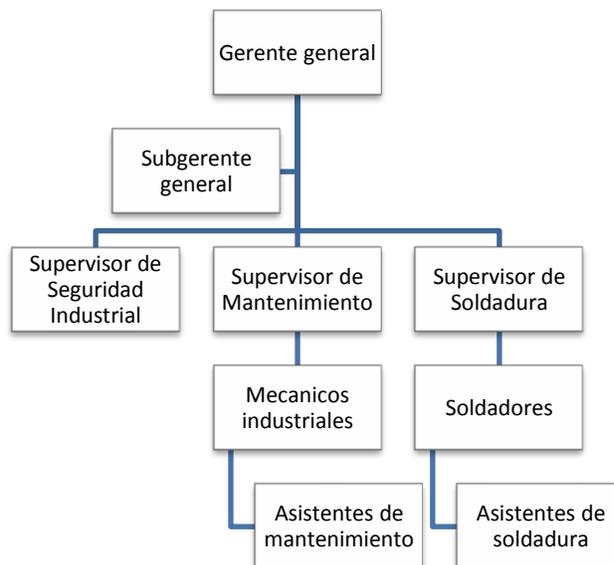
1.2.4. Organización

En AMS, la organización se compone desde el dueño de la empresa quien es el gerente general, el subgerente general, supervisor general, supervisor de seguridad industrial, jefe de empleados; dependiendo de la magnitud del trabajo la empresa contrata empleados extras para cumplir con el servicio en el tiempo estipulado.

1.2.4.1. Organigrama

AMS es una empresa con pocos empleados, su gerente y fundador es el encargado de dirigirla. La cantidad de empleados aumenta cuando un trabajo es demasiado grande. En la figura 1 se muestra la forma como está la organización de AMS.

Figura 1. Organigrama de AMS



Fuente: empresa AMS, febrero 2015.

1.2.4.2. Puestos de trabajo

En AMS los puestos de trabajo se nombran así:

- Gerente general
- Subgerente
- Supervisor de Seguridad Industrial

- Supervisor de Instalaciones y Mantenimiento
- Supervisor de Soldadura
- Soldadores
- Asistentes de soldadores
- Personal de mantenimiento
- Asistentes de mantenimiento
- Trabajadores extras

1.2.4.3. Descripción y especificaciones de los puestos de trabajo

- Gerente general: el ingeniero fundador de la empresa es propietario y a la vez gerente general, él es el encargado de velar porque todo en la empresa funcione adecuadamente.
- Subgerente: es el encargado de planear los trabajos a realizar, y cuando es necesario, dirige proyectos o supervisa.
- Supervisor de Seguridad Industrial: es el responsable de velar porque todos los trabajos se estén realizando con la seguridad debida, esto minimiza el riesgo de un accidente.
- Supervisor de Instalaciones y Mantenimiento: existe una persona encargada de revisar y supervisar cada instalación y mantenimiento realizado, esto garantiza el servicio prestado, aumenta la confiabilidad y la satisfacción del cliente.
- Supervisor de Soldadura: revisa cada soldadura; tiene los conocimientos necesarios para supervisar cada tipo de soldadura sea eléctrica, autógena, soldaduras especiales, entre otros.
- Soldadores: existen algunos que son trabajadores fijos, estos realizan todo tipo de soldaduras, autógenas, eléctricas, soldaduras de acero inoxidable, soldaduras especiales, entre otros.

- Asistentes de soldadores: encargados de proveer todo lo necesario para que los soldadores realicen un buen trabajo, estos realicen operaciones de mantenimiento sencillo, tienen el conocimiento necesario para identificar los tipos de herramientas, tipos de electrodos, voltaje de operación, amperajes, entre otros.
- Personal de mantenimiento: la mayoría de estas personas son mecánicos industriales graduados a nivel medio, realizan mantenimiento a motores, calderas, hornos, entre otros.
- Asistentes de mantenimiento: colaboran con el personal de mantenimiento, trabajando paralelamente, proveen y ayudan en dicha tarea.

1.2.5. Descripción de AMS

AMS es una empresa dedicada a prestar servicios (*outsourcing*) de mantenimiento para maquinaria industrial, también realiza una serie de instalaciones, cimentación, anclajes, líneas de vida, soldadura eléctrica, soldadura autógena, soldadura de acero inoxidable, soldaduras especiales, mantenimiento de calderas, para diferentes tipos de maquinaria.

1.2.5.1. Definición

AMS es una empresa de *outsourcing* para mantenimiento industrial, presta un servicio de alta calidad, brindando un servicio enfocado en la satisfacción del cliente, prolongando la vida útil de la maquinaria de las empresas que la contratan.

1.2.5.2. Visión

Ser una empresa líder en mantenimiento industrial y constantemente aumentar la competitividad de nuestros clientes, dando un servicio garantizado.

1.2.5.3. Misión

Entregar servicios y soluciones tecnológicas a la industria, basado en nuestra experiencia y conocimiento, generando un plus de confiabilidad con nuestros clientes.

1.2.5.4. Objetivos

- General

Brindar servicios de mantenimiento, reparaciones, montajes industriales, turbinas, calderas, generadores eléctricos, entre otros. Garantizando el trabajo realizado.

- Específicos

Reparar y comercializar equipos, componentes y partes para el mantenimiento industrial.

- Prestar servicios técnicos y profesionales
- Satisfacer las exigencias del cliente
- Prolongar la vida útil de la maquinaria
- Garantizar el servicio de mantenimiento
- Mejorar el aprovechamiento de la maquinaria

1.2.6. Capacidad del servicio

En AMS se ha ido evolucionando en cuanto a la capacidad del servicio, actualmente se cuenta con herramienta necesaria para cubrir hasta cinco mantenimientos de clase media, realizados simultáneamente.

1.2.7. Características del servicio

Los servicios prestados en AMS se basan en realizar un trabajo garantizado, de manera ordenada y dejando una grata satisfacción en el cliente, que este tenga la seguridad que podrá seguir trabajando sin tener paros no programados en la producción.

1.2.8. Servicios que ofrece AMS

En cuanto a los servicios que presta AMS se tienen:

- Soldadura: se presta servicio en diferentes tipos, desde eléctrica hasta especiales como las soldaduras de acero inoxidable y con argón; también se tienen soldaduras radiografiadas que se utilizan para asegurar que el sellado de la soldadura se realizó perfectamente, evitando que cualquier fluido pueda escapar por orificios generados por una soldadura en malas condiciones.
- Instalación de líneas de vida: se pueden definir como un sistema de protección a daños físicos, estas permiten la realización del movimiento o tránsito, permanencia, o realización de algún trabajo en zonas donde existe riesgo de caídas desde una altura considerable. Básicamente una línea de vida es un sistema que garantiza la seguridad del usuario correctamente conectado a ellas mediante equipos de protección individual, estos equipos

de protección individual están compuestos de arnés de protección, cabos de anclaje, bloqueadores de longitud, conectores, entre otros. Existen dos tipos de líneas de vida, las provisionales y las definitivas. Las provisionales se utilizan para trabajos o actuaciones temporales, y las definitivas que se toman en cuenta desde el diseño de la construcción. Desde el plano en que se encuentran se pueden tener líneas horizontales (son sistemas en planos inclinados, horizontales, sistemas aéreos) y las líneas de vida verticales (sistemas para ascenso y descenso).

Desde el punto de vista de materiales que las componen se puede hacer mención de líneas de vida para exteriores, están compuestas de sistemas especiales preparados para soportar la degradación causada por el ambiente, y los sistemas para interiores se usan en industrias con atmósferas no agresivas para el material empleado en la construcción de la línea, es decir, que en sistemas para interiores es necesario que la atmósfera interna no dañe los materiales empleados en la construcción de la línea de vida.

Mantenimiento general: existe una diversidad de mantenimientos que realiza AMS y, que no es necesario mencionar, para poder tener una mejor idea de estos tipos de mantenimiento, van desde una cerca hasta tuberías sencillas y que no requieren mucho esfuerzo en su mantenimiento.

1.3. Energía

Es la capacidad de realizar un trabajo. En algunos de sus estados la energía no se puede ver, solo se pueden notar sus movimientos, efectos, entre otros. La energía es lo que hace que todo en el universo sea como es, la vida, el movimiento, entre otros. La energía no se pierde sino que se transforma, no se puede crear ni se puede destruir.

1.3.1. Energía mecánica

Se dedica al estudio del equilibrio y los movimientos de los cuerpos sometidos a la acción de fuerzas. Se deriva de la energía cinética y la energía potencial.

Esta puede manifestarse de diversas maneras. La energía mecánica es la que se debe a la posición y al movimiento de un cuerpo. Para sistemas abiertos formados por partículas que interactúan mediante fuerzas puramente mecánicas o campos conservativos, la energía se mantiene constante con el tiempo.

Es importante resaltar que la energía mecánica permanece constante solo si únicamente actúan fuerzas conservativas sobre las partículas. Sin embargo, existen ejemplos de sistemas de partículas donde la energía mecánica no se conserva, sistemas de partículas cargadas en movimiento. Este caso se da cuando los campos magnéticos no derivan de un potencial y la energía mecánica no se conserva, una pequeña parte de la energía mecánica se convierte en energía del campo electromagnético y viceversa.

La energía mareomotriz: producto del movimiento de las mareas y las olas del mar, esta se transforma en energía eléctrica.

1.3.2. Tipos y características de energía mecánica

Para realizar el servicio de limpieza *flushing*, se aprovecha la energía cinética del fluido, obtenida a partir de la energía mecánica en el sistema.

Algunos tipos de energía mecánica son:

- Hidráulica: se aprovecha el flujo del agua (energía cinética) y se aprovecha la energía obtenida en el sistema. Este movimiento del agua se utiliza por hidroeléctricas para generar energía eléctrica.
- Eólica: este tipo de energía se produce por los flujos de aire generados en la atmósfera terrestre. Esta se utiliza para generar energía eléctrica.

1.3.2.1. Energía cinética

Es la que posee un cuerpo en movimiento, es decir, la energía cinética es producto del movimiento y todo cuerpo que está moviéndose posee energía cinética, puede ser utilizada para realizar un trabajo o generar otro tipo de energía.

Son consideradas como energía cinética los siguientes tipos de energía:

- Por vibraciones: son pequeños movimientos vibratorios y el cuerpo que los produce no se desplaza.
- Calórica: esta es la producida por el calor, se encuentra relacionada con el movimiento de las partículas.
- Rotacional: este tipo de energía la posee un cuerpo que está rotando sobre su mismo eje o un eje imaginario sin necesidad de desplazarse.

1.3.2.2. Energía potencial

Es la que posee un cuerpo en reposo, es decir, la energía potencial es la energía almacenada en un cuerpo o sistema.

También se puede medir la energía potencial, midiendo el trabajo que puede generar un cuerpo después de salir de un estado en reposo.

Tipos de energía potencial:

- Elástica: es la que posee un resorte cuando esta estirado, es la medida del trabajo que este puede entregar al soltarse.
- Química: es la que posee un combustible que es capaz de liberar calor para poder realizar un trabajo.
- Eléctrica: se mide en un condensador o en una batería, ya que almacenan energía y esta es capaz de encender un foco.

1.3.3. Maquinaria y equipo industrial

A continuación se menciona la principal maquinaria y equipo utilizado en el servicio de limpieza *flushing*, este método de limpieza es utilizado para limpiar internamente tuberías de diámetro de 0,4 pulgadas hasta diámetros superiores a las 8 pulgadas. Muchas fallas se dan cuando un sistema se pone en marcha debido a los altos niveles de contaminación que se generan durante su instalación, esta contaminación puede ser producida por escorias de soldadura y arenillas.

1.3.3.1. Tuberías

Son conductos utilizados para transportar un fluido, se pueden elaborar de diferentes materiales dependiendo del tipo de fluido a transportar. Se pueden transportar fluidos derivados del petróleo y gases. El método de *flushing* solo se trabaja con tuberías para fluidos derivados del petróleo, estas se dividen en:

- Tuberías metálicas: se utilizan para transportar fluidos que necesitan un sellado hermético y evitar fugas, el material más utilizado para la fabricación de tuberías metálicas es el acero al carbón, el cual es

fabricado de diversidad de tamaños y en forma de barras sólidas, para facilitar su obtención y las necesidades de cada empresa de producción.

- Tuberías de acero inoxidable: cuando las condiciones de trabajo o ambiente de trabajo requieren un material resistente a la corrosión se recomiendan las tuberías de acero inoxidable, existen diferentes tipos, los más utilizados son: acero tipo 300, 303, 304, 316 y 318.
 - Acero inoxidable tipo 300: este tiene aproximadamente 18 por ciento de cromo y 8 por ciento de níquel. Esto hace que se le conozca como acero inoxidable 18-8. La serie 300 tiene la mejor resistencia a la corrosión entre los aceros inoxidables de diferentes grados.
 - Acero inoxidable tipo 303: es similar al acero inoxidable del tipo 304 y 316. Sus propiedades mecánicas son similares, pero tiene una mayor facilidad de mecanización, debido al alto contenido de azufre. Es ideal para la fabricación de ejes, engranajes, roscas, accesorios de aeronaves y bujes.
 - El acero inoxidable tipo 304: es el que más se utiliza para la evitar la corrosión general. Tiene un contenido máximo de carbono del 0,08 %.
 - Acero inoxidable tipo 316: es usado principalmente en la industria del papel, en la fabricación de plantas químicas, en equipos fotográficos, entre otros. Tiene un contenido máximo de carbono del 0,03 por ciento. Se utiliza casi exclusivamente para tuberías de acero inoxidable que tienen que ser soldadas entre sí.

- Acero inoxidable tipo 318: tiene una aleación del 2-3 por ciento de molibdeno en su composición. Esto permite una resistencia mucho mayor a la fisura en el tubo que otras aleaciones de níquel cromo, como el tipo 304. Es utilizado en tuberías que transportan componentes corrosivos, como sales, ácidos, azufre, agua de mar, entre otros.

Existen muchos tipos de aceros inoxidables, en la tabla I se presenta los tipos de aceros inoxidables y su composición química:

Tabla I. Tipos y composiciones de aceros inoxidables I

TIPO AISI AUSTENITICOS	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	OTROS
201	0,15	5,5-7,5	1,00	16,0-18,0	3,5-5,5	0,06	0,03	0,25N
202	0,15	7,5-10,0	1,00	17,0-19,0	4,0-6,0	0,06	0,03	0,25N
205	0,12-0,25	14,0-15,5	1,00	16,5-18,0	1,0-1,75	0,06	0,03	0,32-0,40N
301	0,15	2,00	1,00	16,0-18,0	6,0-8,0	0,045	0,03	
302	0,15	2,00	1,00	17,0-19,0	8,0-10,0	0,045	0,03	
302B	0,15	2,00	2,0-3,0	17,0-19,0	8,0-10,0	0,045	0,03	
303	0,15	2,00	1,00	17,0-19,0	8,0-10,0	0,20	0,15min	0,6 Mo
303Se	0,15	2,00	1,00	17,0-19,0	8,0-10,0	0,20	0,06	0,15min Se
304	0,08	2,00	1,00	18,0-20,0	8,0-10,5	0,045	0,03	
304H	0,04-0,10	2,00	1,00	18,0-20,0	8,0-10,5	0,045	0,03	
304L	0,03	2,00	1,00	18,0-20,0	8,0-12,0	0,045	0,03	
304LN	0,03	2,00	1,00	18,0-20,0	8,0-12,0	0,045	0,03	0,10-0,16N
302Cu	0,08	2,00	1,00	17,0-19,0	8,0-10,0	0,045	0,03	3,0-4,0Cu
304N	0,08	2,00	1,00	18,0-20,0	8,0-10,5	0,045	0,03	0,10-0,16N
305	0,12	2,00	1,00	17,0-19,0	10,5-13,0	0,045	0,03	
308	0,08	2,00	1,00	19,0-21,0	10,0-12,0	0,045	0,03	
309	0,20	2,00	1,00	22,0-24,0	12,0-15,0	0,045	0,03	
309S	0,08	2,00	1,00	22,0-24,0	12,0-15,0	0,045	0,03	
310	0,25	2,00	1,50	24,0-26,0	19,0-22,0	0,045	0,03	
310S	0,08	2,00	1,50	24,0-26,0	19,0-22,0	0,045	0,03	
314	0,25	2,00	1,5-3,0	23,0-26,0	19,0-22,0	0,045	0,03	
316	0,08	2,00	1,00	16,0-18,0	10,0-14,0	0,045	0,03	2,0-3,0Mo
316F	0,08	2,00	1,00	16,0-18,0	10,0-14,0	0,20	0,10min	1,75-2,5Mo
316H	0,04-0,10	2,00	1,00	16,0-18,0	10,0-14,0	0,045	0,03	2,0-3,0Mo
316L	0,03	2,00	1,00	16,0-18,0	10,0-14,0	0,045	0,03	2,0-3,0Mo
316LN	0,03	2,00	1,00	16,0-18,0	10,0-14,0	0,045	0,03	2,0-3,0Mo;0,10-0,16N
316N	0,08	2,00	1,00	16,0-18,0	10,0-14,0	0,045	0,03	2,0-3,0Mo;0,10-0,16N
317	0,08	2,00	1,00	18,0-20,0	11,0-15,0	0,045	0,03	3,0-4,0Mo
317L	0,03	2,00	1,00	18,0-20,0	11,0-15,0	0,045	0,03	3,0-4,0Mo
321	0,08	2,00	1,00	17,0-19,0	9,0-12,0	0,045	0,03	5x% C min Ti
321H	0,04-0,010	2,00	1,00	17,0-19,0	9,0-12,0	0,045	0,03	5x% C min Ti
330	0,08	2,00	0,75-1,5	17,0-20,0	34,0-37,0	0,04	0,03	
347	0,0,8	2,00	1,00	17,0-19,0	9,0-13,0	0,045	0,03	10x%C min Nb
347H	0,04-0,10	2,00	1,00	17,0-19,0	9,0-13,0	0,045	0,03	8x%Cmin-1,0max-Nb
348	0,08	2,00	1,00	17,0-19,0	9,0-13,0	0,045	0,03	0,2Co;10x%C
348H	0,04-0,10	2,00	1,00	17,0-19,0	9,0-13,0	0,045	0,03	
384	0,08	2,00	1,00	15,0-17,0	17,0-19,0	0,045	0,03	

Continuación de la tabla I.

FERRITICOS	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	OTROS
405	0,08	1,00	1,00	11,5-14,5		0,04	0,03	0,10-0,30Al
409	0,08	1,00	1,00	10,5-11,75	0,50	0,045	0,045	6x%C min - 0,75 max Ti
429	0,12	1,00	1,00	14,0-11,75		0,04	0,03	
430	0,12	1,00	1,00	16,0-16,0		0,04	0,03	
430F	0,12	1,25	1,00	16,0-18,0		0,06	0,15min	0,6 Mo
430F Se	0,12	1,25	1,00	16,0-18,0		0,06	0,06	0,15 min Se
434	0,12	1,00	1,00	16,0-18,0		0,04	0,03	0,75-1,25 Mo
436	0,12	1,00	1,00	16,0-18,0		0,04	0,03	0,75-1,25Mo;5x%Cmin-0,70mx Nb
								0,15Al;12x%Cmin-1,10Ti
439	0,07	1,00	1,00	17,0-19,0	0,50	0,04	0,03	
442	0,20	1,00	1,00	18,0-23,0		0,04	0,03	1,75;2,50Mo;0,025N;
								0,2+4(%C+%N)min-0,8max(Ti+Nb)
444	0,025	1,00	1,00	17,5-19,5	1,00	0,04	0,03	0,25N
446	0,20	1,50	1,00	23,0-27,0		0,04	0,03	

MARTENSITICOS	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	OTROS
403	0,15	1,00	0,50	11,5-13,0		0,04	0,03	
410	0,15	1,00	1,00	11,5-13,5		0,04	0,03	
414	0,15	1,00	1,00	11,5-13,5	1,25-2,50	0,04	0,03	
416	0,15	1,25	1,00	12,0-14,0		0,06	0,15min	0,6Mo
416Se	0,15	1,25	1,00	12,0-14,0		0,06	0,06	0,15min Se
420	0,15min	1,00	1,00	12,0-14,0		0,04	0,03	
420F	0,15min	1,25	1,00	12,0-14,0		0,06	0,15min	0,6Mo
422	0,20-0,25	1,00	0,75	11,5-13,5	0,5-1,0	0,04	0,03	0,75-1,25Mo,0,75-1,25W,0,15-0,3V
431	0,20	1,00	1,00	15,0-17,0	1,25-2,50	0,04	0,03	
440A	0,60-0,75	1,00	1,00	16,0-18,0		0,04	0,03	0,75Mo
440B	0,75-0,95	1,00	1,00	16,0-18,0		0,04	0,03	0,75Mo
440C	0,95-1,20	1,00	1,00	16,0-18,0		0,04	0,03	0,75Mo

Fuente: MELÉ, Joan. www.indura.net. Consulta: 15 de octubre de 2015.

La presión máxima que soporta cada tubería dependerá del tipo de acero con el que se fabricó, el grosor o espesor de la tubería y la temperatura de trabajo.

Tabla II. Límite de presión para tubos de acero inoxidable

DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO	ESPESOR DE PARED DEL TUBO																					
	0.010 psi	0.012 psi	0.014 psi	0.016 psi	0.020 psi	0.028 psi	0.035 psi	0.049 psi	0.065 psi	0.083 psi	0.085 psi	0.109 psi	0.120 psi	0.134 psi	0.156 psi							
mm	0.254	0.305	0.356	0.406	0.508	0.711	0.889	1.245	1.650	2.108	2.413	2.769	3.048	3.404	3.962							
1/16	5600	6800	8100	9400	643	12000	821															
1/8	3,175				8900	582	10900	746														
3/16	4,762				5400	369	7000	479	10200	699												
1/4	6,350				4000	274	5100	349	7500	514	10200	699										
5/16	7,937						4000	274	5800	397	8000	548										
3/8	9,525						3300	228	4800	329	6500	445										
1/2	12,700						2600	178	3700	253	5100	349	6700	459								
5/8	15,875							2900	199	4000	274	5200	356	6000	411							
3/4	19,050							2400	164	3300	226	4200	288	4900	336	5600	397					
7/8	22,225							2000	137	2800	192	3600	247	4200	288	4800	329					
1	25,400									2400	164	3100	212	3600	247	4200	288	4700	322			
1-1/4	31,750										2400	164	2800	192	3300	226	3600	247	4100	281	4900	336
1-1/2	38,100											2300	158	2700	185	3000	205	3400	233	4000	274	
2	50,800												2000	137	2200	151	2500	171	2900	199		

Tubos de acero inoxidable AISI 304 o 316, recocido, s/ASTM A 269.
 Basadas en una resistencia de rotura a la tracción de 5167 bar /75000psi=.
 Temperaturas entre -30 a 40 C.
 Cargas de presiones de trabajo admisibles calculadas a partir de valores S de 1378bar s/ANSI B 31.3
 Para tubos con soldadura multiplicar por 0,80

Fuente: RAYXON, Eduar. www.fillinox.com. Consulta: 24 de octubre de 2015.

- Tuberías de aluminio: la principal ventaja de estas es su peso, la resistencia a la corrosión y su gran duración. La principal desventaja es su alto costo.
- Tuberías de cobre: son de bajo costo, su durabilidad es muy grande, tienen alta resistencia a la corrosión. Se utiliza para transportar gas, agua, aceite, entre otros.
- Tuberías de aluminio-bronce: se encuentran desde media pulgada a cuatro pulgadas, se utilizan para transportar fluidos pesados y a diferentes temperaturas, estos tipos de tuberías soportan más temperatura que las tuberías de aluminio.

Debido a que todas las tuberías de un tamaño nominal dado tienen el mismo diámetro exterior, las de celula más grande tienen un diámetro interior más pequeño. Los tipos de series más completas de tuberías de acero que se encuentran en el mercado son las cédulas 40 y 80. Las tuberías de acero se pueden galvanizar, esto es un proceso electroquímico en el cual un metal se adhiere a otro, cubriendo la superficie, esto cambia las propiedades del acero, dando mayor dureza y resistencia a la corrosión, el metal más usado para la galvanización es el zinc.

Tubos de hierro dúctil: el uso de las tuberías de hierro dúctil es bastante frecuente en tuberías de agua, algunos tipos de gases y drenaje estén hechas de tubo de hierro dúctil, esto se hace con la finalidad de aumentar la resistencia, ductilidad y facilidad de manejo de la tubería hecha con este material. En la mayoría de las aplicaciones el hierro dúctil tiende a reemplazar al hierro fundido por la diferencia que existe en sus propiedades.

También con este tipo de tuberías se deben suministrar accesorios para trabajar con el ajuste necesario y la adaptabilidad que un accesorio del mismo material le puede brindar a la línea que sirve como conducto del fluido con el que se va a trabajar.

El hierro dúctil es hierro puro, sin ningún tipo de impurezas o mezclas y el acero dulce es la mezcla de hierro con carbono, el contenido de carbono varía entre 0,18 y 2 %.

Tubos de fundición: las tuberías de agua y de gas son la mayor aplicación de las tuberías de fundición o tuberías de hierro dulce. Este tipo de tuberías son de bajo costo, aunque requieren mayor mantenimiento.

Tubos de acero moldeado: son piezas de acero de las acererías, el acero se funde y se cuela en moldes de arena o moldes metálicos. Este tipo de tuberías se van construyendo por partes como un enlace, se puede realizar instalación de tamaños muy distintos, dependiendo de las necesidades de la línea de producción, en la mayoría de los casos se construyen de tubos muy cortos, codos y piezas de enlace o uniones.

Tipos de tubos de acero dulce

- Tubos con rosca: en cada extremo se suministran con tubos sin costuras para gas y vapor o en algunas construcciones más económicas, como tubos para gas y vapor soldados al tope, este tipo de tuberías tienen varias desventajas: la falta de la propiedad de flexibilidad; al perderse, pueden originarse una diversidad de problemas al momento de la instalación, ya que la mayoría de estas instalaciones se debe hacer en línea recta o evitando que la tubería se doble libremente. Estos tubos se

construyen con diámetros nominales desde un octavo hasta seis pulgadas.

- Tubos sin costura: en este tipo de tuberías se tiene la ventaja y la facilidad de trabajo, ya que estas se pueden trabajar en frío o en caliente, logrando hasta un estiramiento del diámetro nominal de aproximadamente veinticinco milímetros, para un diámetro nominal mayor de aproximadamente 600 milímetros son trabajados, en este caso, laminados en caliente.
- Tubos soldados: se pueden suministrar como tubos soldados, para diámetros mayores a los 300 milímetros con todas las dimensiones que se deseen y para todas las presiones, o como tubos con soldadura autógena por encima de 50 milímetros de diámetro, en los cuales, sin embargo, la presión admisible depende del tipo y calidad de la soldadura que se haya aplicado.
- Tubos remachados: cuando se piensa en remachar un tubo, la mayoría o el mayor punto clave es el costo, estos remaches poseen un bajo precio, aunque el tiempo de vida útil es bastante corto, para este tipo de tuberías solo entran en consideración a partir de un diámetro nominal de sesenta milímetros, los mismos que los de soldadura autógena, no son recomendados más que para presiones pequeñas, debido a que en el remache se crean puntos muy débiles que podrían no soportar una presión media o mayor.
- Tubos de cobre, bronce y de latón: este tipo de tuberías hechas con soldadura fuerte o con costura, se encuentran en el mercado en una diversidad de longitudes, por otro lado, los tubos estirados o sin costura se encuentran en longitudes desde tres metros hasta siete metros y la mayoría de la veces se encuentran como tubos de cobre y bronce con diámetros de tres hasta 400 milímetros y el grueso de la pared desde uno

hasta diez milímetros según la Norma Internacional DIN 1754. Las tuberías hechas de latón desde un diámetro exterior de 5 milímetros, hasta doscientos milímetros y un espesor de 0,5 milímetros hasta 5 milímetros. Tubos de cobre sin costura o sin soldadura con diámetros desde cinco hasta 38,80 milímetros aproximadamente y un grosor de pared de 0,5 milímetros hasta 15 milímetros. Las tuberías de mayores diámetros solo se fabrican con costura o soldados, esto se debe a la facilidad de trabajo con la soldadura y así evitar cortes, debido a que el material se debilita con el largo del tubo, aumenta el momento producido directamente en este material.

Tipos de tuberías de cobre

- Tipo K: se utiliza para servicios con agua, combustibles, gas; en su mayoría gas natural y aire comprimido.
- Tipo L: parecido al tipo K, trabaja con las mismas especificaciones, pero con un espesor de pared mucho menor.
- Tipo M: este tipo de tubería de cobre es bastante similar a los tipos K y L, pero con la diferencia que el espesor de pared de este tubo es mucho menor al tipo M o L. Es indicado utilizarlo para la mayoría de servicios hidráulicos o fluidos hidráulicos (aceites) y aplicaciones de calor a presión media o moderada.
- Tipo DWV: su principal aplicación es en la utilización como tubos de drenaje, desechos y ventilación para sistemas de plomería.
- Tipo ACR: en cuanto a su aplicación, se puede utilizar en aire acondicionado, gas para refrigeración, gas natural, gas propano y aire comprimido.

- Tipo OXY/MED: es utilizado en hospitales y aplicaciones medicinales, debido a su bajo efecto contaminante. En la mayoría de los casos se emplea para la distribución de oxígeno o gases medicinales, aire comprimido en la medicina (cuando se necesita un cierre hermético) y aplicaciones de vacío. Existen diferentes tamaños similares a los tipos K y L, pero con características distintas que le permiten tener una limpieza mayor.

Mangueras flexibles de metal

- Mangas metálicas sin costura: básicamente son tubos estirados sin soldadura. Estas tuberías están protegidas por una envoltura, simple o doble, de tejido metálico prensado que no afecta a las propiedades flexibles del tubo.
- Tubos metálicos flexibles: están formados por una cinta de propiedades especiales enrollada en hélice de modo que sus bordes encajen logrando una flexibilidad transversal y longitudinal.
- Flexibles sencillos: su principal característica es que cuentan con un trenzado metálico, con refuerzo de espiral de alambre cubriendo o enrollando a toda la superficie del tubo. No se pueden destorcer.

Tuberías no metálicas

Las tuberías no metálicas que se utilizan en algunos procesos del tipo industrial están fabricadas con una diversidad de materiales que aportan propiedades de gran utilidad y que no se encuentran en materiales metálicos, dentro de los materiales empleados, se pueden destacar: plásticos, materiales cerámicos, vidrio, entre otros.

De todos estos materiales utilizados para fabricar tuberías no metálicas, el grupo más utilizado es el de los materiales plásticos. Las tuberías de plástico presentan una gran resistencia a las soluciones alcalinas, cerca de todo tipo de ácidos y otros fluidos corrosivos. Además son resistentes a todo tipo de bacterias, algas y, principalmente son no tóxicas.

Dentro de las ventajas que presentan las tuberías plásticas sobre las de metal se pueden mencionar la diferencia de peso, una de plástico pesa menos de la mitad que una de metal.

La principal desventaja de las tuberías de plástico es la facilidad con la que estas se rompen y la tendencia a sufrir algún tipo de deformación cuando están sometidas a determinadas temperaturas de trabajo e igualmente a determinados esfuerzos de trabajo, Por otra parte, los termoplásticos también tienen una gran importancia comercial en las tuberías de polietileno PE, PVC, ABS, CAB.

- Tubería de PE: dentro de los termoplásticos, este es el más utilizado; Este posee excelentes cualidades en su peso, flexible y muy buenas propiedades para soportar los impactos, además tiene una muy buena resistencia a la corrosión. La principal desventaja de las tuberías de PE es la baja resistencia mecánica a los esfuerzos y estructuras rígidas. Las tuberías PE se utilizan, generalmente a temperaturas no mayores a 120 °C.
- Tubería de PVC: tienen una considerable resistencia al esfuerzo y al módulo de elasticidad; es la más fuerte de las tuberías fabricadas con termoplásticos. Se pueden utilizar a temperaturas mayores de 150 °F.

- Tuberías de ABS: también poseen una alta resistencia a los golpes o al impacto. Además poseen la mayor resistencia al calor que la mayoría de las tuberías fabricadas con los materiales termoplásticos, estas pueden utilizarse a temperaturas sobre los 180 °F, sin embargo, su resistencia al ataque de químicos es menor que la del PVC.
- Tuberías de CAB: tienen una buena resistencia al impacto y poseen una ventaja adicional, es la tubería más transparente de las fabricadas con termoplásticos. Sin embargo, tienen bajas cualidades mecánicas y una moderada resistencia a las temperaturas, químicos y al calor.
- Manguera hidráulica: son utilizadas en los sistemas de fluidos de potencia y en diferentes aplicaciones industriales, donde las líneas de flujo deben cambiarse o reemplazarse periódicamente, se usan con frecuencia las mangueras flexibles, esta manguera representa una gran ventaja debido a la facilidad de operación y manejo de la misma. Los materiales con que se fabrican incluyen caucho simple, caucho sintético, caucho de silicón, elastómeros termoplásticos y *nylon*. El trenzado interno de una manguera flexible está constituido en la mayoría de veces de alambre de acero, kevlar, poliéster y tela. Dentro de las aplicaciones industriales se pueden mencionar aplicaciones en donde se trabaje con fluidos de vapor, aire comprimido, traslado de químicos, enfriadores, calentadores, transferencia de combustible, lubricantes, refrigerantes, almacenamiento de papel, fluidos de potencia para dirección, gas propano, agua, alimentos, bebidas, entre otros.

1.3.3.2. Tanques

Los tanques de agua o cualquier otro fluido son un elemento muy importante, ya que son fuente de abastecimiento esencial para la producción,

los tanques pueden colocarse subterráneos, apoyados sobre la superficie del suelo y por encima del nivel del suelo.

1.3.3.3. Piezas de acero inoxidable

Es esencialmente un acero de bajo carbono, el cual contiene un mínimo de aproximadamente 10 % de cromo, esto lo hace más resistente a los tipos de corrosión, el acero inoxidable es uno de los mayores adelantos tecnológicos de la industria metalúrgica.

Para formar un acero inoxidable se debe hacer que las moléculas de oxígeno se adhieran a las moléculas de cromo, en lugar de las de hierro formando una película o baño de óxido de cromo que protege el hierro de la oxidación, y lo hace un material más limpio y útil para industrias en donde se requiera un metal limpio y libre de contaminantes.

Si la pieza sufre un daño físico, se dobla o la película de inoxidable se daña, esta se autorepara solamente con la aplicación de oxígeno sobre la parte que se daña.

1.3.3.4. Intercambiadores de calor

Es un dispositivo diseñado para que dos cuerpos estén en contacto térmico y así poder intercambiar su temperatura. Los tipos de intercambiadores de calor son los siguientes:

- De contacto directo: las corrientes del fluido tienen un contacto interno en el intercambiador de calor, la corriente más caliente sede el calor a la corriente más fría.

- De contacto indirecto regenerativo: la corriente caliente de un gas, transfiere su calor a una corriente de un gas frío, ambas corrientes están en el mismo espacio.
- De contacto directo recuperativo: el calor de los fluidos se intercambia de un fluido a otro a través de una pared que los divide.
- De contacto directo de una sola corriente: es un intercambiador en el que cambia la temperatura solo de un fluido, sin importar la dirección del flujo.
- Dos corrientes en flujo paralelo: en este tipo de intercambiador, los dos fluidos fluyen en la misma dirección de forma paralela.
- Dos corrientes en contracorriente: los dos fluidos se mueven en sentido opuesto, pero de forma paralela.
- Dos corrientes en flujo cruzado: las corrientes se mueven en forma perpendicular, intercambiando el calor de la más caliente a la más fría sin mezclarse.
- Dos corrientes en contraflujo cruzado: las corrientes se mueven en forma perpendicular y en sentido contrario a las corrientes de flujo cruzado.
- Dos corrientes a pasos múltiples: se da cuando dos tubos están en el interior de una coraza y están dispuestos en uno o más pasos.

En los intercambiadores de calor que no poseen almacenamiento de calor las corrientes de contacto interactúan una con otra, entonces la corriente a mayor temperatura cede su calor a la corriente más fría, hasta llegar a un estado de equilibrio térmico, es decir, que ceden su calor hasta que las dos corrientes tienen la misma temperatura.

También existen intercambiadores de calor en los cuales uno de los fluidos circulantes se disuelve sobre el otro, un ejemplo se da en los sistemas aire-agua, el intercambiador de contacto directo en este caso sería el agua, es

de gran importancia, ya que al momento del contacto este se disuelve o evapora.

Regenerativos: estos tienen una corriente caliente de gas que transfiere su calor a un sólido intermedio, después cede calor almacenado a una segunda corriente de un gas frío. El tubo de calor transporta calor muy eficazmente desde un lugar a otro.

1.3.3.5. Calderas

Es una máquina diseñada para generar vapor por medio de la transferencia de calor. Originalmente el fluido se encuentra en estado líquido, se calienta para que cambie al estado gaseoso.

Principales tipos de calderas: existen muchos diseños y diferentes formas de fabricación de calderas, cada tipo características distintas, aunque a grandes rasgos, las calderas se pueden clasificar en dos grupos:

- Piro tubulares
- Acu tubulares

Calderas piro tubulares: los gases calientes producto de la combustión, circulan a través de tubos que en su exterior están sumergidos en agua de la caldera.

Figura 2. **Caldera pirotubular**



Fuente: BOHORQUEZ ARIZA, Hernando Enrique. [https://www.google.com.gt/calderas pirotubulares](https://www.google.com.gt/calderas-pirotubulares). Consulta: 19 de octubre de 2015.

El combustible es quemado en un hogar, en el cual se da lugar la transmisión de calor por radiación, y los gases resultantes de esta combustión, se hacen circular a través de los tubos que forman el haz tubular de la caldera, y es aquí donde se da el intercambio de calor por conducción y convección.

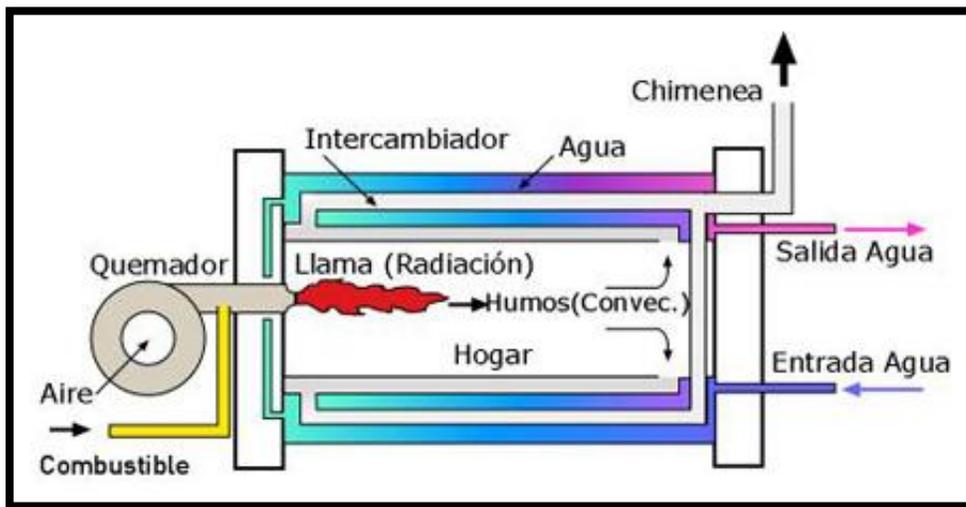
Dependiendo de la cantidad de veces que pasen los gases por estos tubos, las calderas se clasifican en:

- De un solo paso
- De varios pasos

Una vez realizado el intercambio térmico entre los gases y el agua, los humos son expulsados al exterior a través de la chimenea.

Calderas acuatubulares: en este tipo, el agua circula por el interior de los tubos que conforman un circuito cerrado a través de los calderines que constituyen la superficie de intercambio de calor de la caldera.

Figura 3. **Caldera acuatubular**



Fuente: BOHORQUEZ ARIZA, Hernando Enrique. www.google.com/calderasacuatubulares.
Consulta: 19 de octubre de 2015.

Las calderas acuatubulares constan de un hogar formado por tubos de agua, tubos y material refractario, o solamente refractario, en el cual se produce la combustión. En este hogar, los gases calientes resultantes de la combustión son conducidos a través del circuito de la caldera, configurado este por paneles de tubos y constituyendo la zona de convección de la caldera.

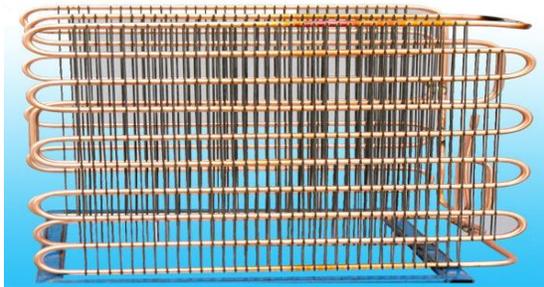
Finalmente, los gases son enviados a la atmósfera a través de la chimenea.

1.3.3.6. Evaporadores

Es un intercambiador de calor en el que interactúan en la transferencia de calor, un medio o ambiente a ser enfriado por la circulación de un fluido refrigerante.

Los evaporadores se pueden observar en una refrigeradora casera, una nevera, el radiador de un automóvil, entre otros.

Figura 4. Evaporador



Fuente: BOHORQUEZ ARIZA, Hernando Enrique. www.google/evaporador. Consulta: 19 de octubre de 2015.

Los evaporadores pueden clasificarse según los métodos de aplicación del calor:

- Equipos calentados a fuego directo o calentados por el calor solar: son los equipos que están en contacto directo con el calor, proporcionan cambios de temperatura rápidos.
- Equipos calentados mediante camisas o dobles paredes: este tipo de equipos se encuentra en motores de combustión interna, las camisas o

paredes dobles son las encargadas de mantener el calor aislado y así evitar pérdidas de calor al ambiente.

- Equipos calentados mediante vapor, con tubos como superficies calefactoras: el líquido pasa por los tubos para atrapar el calor del ambiente y regresa como un gas, este proceso se repite constantemente con el objetivo de mantener la temperatura deseada.

De esta clasificación, los más importantes son los evaporadores tubulares. Una clasificación de estos es:

- Evaporadores de un solo paso y de circulación: en la manera de trabajar de un solo paso, la alimentación pasa una sola vez a través de los tubos, desprende el vapor y sale como líquido concentrado.
- Evaporadores de tubos horizontales: una de las principales características de estos evaporadores es que son relativamente baratos, requieren poca altura disponible, fácil instalación, proporcionan una buena transmisión de calor, pequeña circulación de líquido, no son adecuados para líquidos viscosos, y son adecuados para líquidos que no cristalicen.
- Evaporadores de tubos verticales: existen de tubos cortos y de tubos largos. Los evaporadores de tubos largos pueden tener circulación forzada, son utilizados para líquidos viscosos.
- Evaporador de placas: estos tienen una serie de placas provistas de juntas montadas en un marco. El evaporador funciona con un solo paso, constando cada unidad de una película ascendente, otra descendente, y dos secciones de vapor. El líquido concentrado y el vapor son transferidos

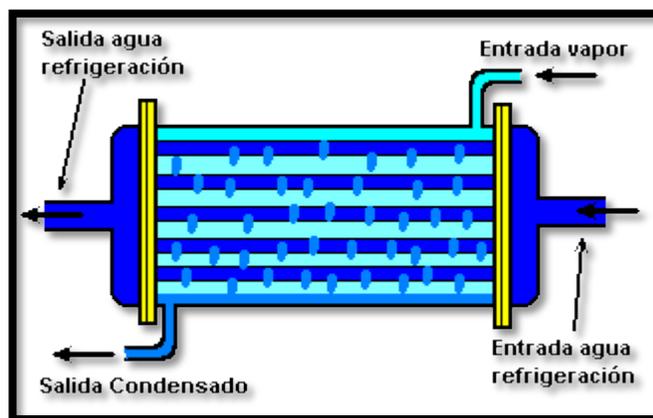
a un separador tipo ciclón, en este separador se separan ambos, pasando el vapor a un condensador o al siguiente efecto.

1.3.3.7. Condensadores

Un condensador es un intercambiador de temperatura, en el cual se pretende que el fluido que lo recorre cambie a fase gaseosa desde la fase líquida mediante el intercambio de calor producido por el fluido a enfriar.

El agua de condensación puede ser alimentada desde una torre de refrigeración, un río, entre otros. En el caso de emplear agua dulce se utilizan filtros para eliminar impurezas que puedan ensuciar los tubos del condensador. Cuando se emplea agua de mar los tubos deben ser de aleaciones capaces de soportar la corrosión producida por la sal, además es recomendable que el condensador esté dotado de un ánodo de sacrificio.

Figura 5. Condensador



Fuente: BOHORQUEZ ARIZA, Hernando Enrique. www.google.com/condensador. Consulta: 20 de octubre de 2015.

Condensadores de inmersión: están formados por un envolvente metálico atravesado por serpentines, con un muy alto coeficiente de transferencia de calor por conducción, que contiene el agua.

El agua circula por el interior de los tubos y va cediendo el calor al refrigerante que se encuentra acumulado en estado líquido en la parte baja de dicho condensador.

Condensadores de doble tubo: está formado por dos tubos concéntricos, permitiendo que, por el tubo interior circule el agua y por el tubo exterior el refrigerante a contraflujo.

Condensadores multitubulares: en estos el agua circula por el interior de los tubos, mientras que el refrigerante va cediendo su calor desde el exterior encerrado en un envolvente, también llamado calandria.

Los tubos del condensador pueden estar fabricados de superficies extendidas o lisas y este puede ser colocado de manera vertical u horizontal.

1.3.3.8. Generadores de vapor

Tiene la función de producir vapor para que este pueda ser utilizado en la generación de energía mecánica y eléctrica, también este vapor es usado para la alimentación a equipos de procesos.

Un generador de vapor es la combinación de una caldera y un sobrecalentador, el generador de vapor es el encargado de generar el vapor sobrecalentado o vapor seco, y la caldera genera vapor saturado o húmedo.

1.3.3.9. Motores de combustión

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible al momento de quemarse en la cámara de combustión.

1.3.3.10. Sistemas de combustión de turbinas

Un sistema de combustión para turbinas aplica solo a las turbinas térmicas, en el sistema de combustión se quema el combustible, generando gases y estos son enviados hacia la turbina, provocando el trabajo necesario para el funcionamiento de la turbina.

Las turbinas térmicas se clasifican de la siguiente manera:

- Turbinas de vapor: el fluido de trabajo es vapor de agua, el agua se calienta hasta llegar a su fase gaseosa, después el vapor de agua es enviado a la turbina con la suficiente presión para girar las aspas de la misma, esto provoca el trabajo necesario para el funcionamiento de la turbina. La turbina de vapor convierte la energía cinética de una corriente de agua, vapor o gas, por medio de un motor rotativo.
- Las corrientes de agua, vapor o gas, golpean las aspas de la turbina provocando una fuerza tangencial a la circunferencia que forman las aspas, esta fuerza tangencial hace girar las aspas produciendo energía mecánica, esta energía se transfiere a través de un eje para generar el movimiento de una máquina, ya sea un compresor, un generador o una hélice.

- Turbinas de gas: su funcionamiento es similar a las de vapor, con la excepción de que se usa el aire del ambiente en lugar del agua. El aire del ambiente se mezcla con combustible, y es comprimido dentro de un compresor, esta mezcla es quemada por una chispa eléctrica, generando una explosión y los gases generados son enviados a una alta presión hacia las aspas, provocando la fuerza tangencial necesaria para hacer girar las aspas.

1.3.3.11. Sistemas de calentamiento

Son los sistemas que producen la elevación de la temperatura en un medio, por la acción de algún equipo o fuente de calor.

1.4. Outsourcing

También llamado tercerización o subcontratación, consiste en transferir las responsabilidades del cumplimiento de ciertas tareas a sociedades externas, por ejemplo, una empresa de producción puede subcontratar a una empresa encargada de realizar la limpieza de sus instalaciones.

1.4.1. Definición

El *outsourcing* es la ejecución por parte de terceras personas, es decir, es una empresa formada por empleados ajenos a la empresa o de fuente externa, que prestan su servicio para solucionar un problema dentro de una empresa.

1.4.2. Ventajas

- Facilita la reacción de la empresa a un problema al confiar la solución a otra empresa.
- Los gastos de contratación de personal y recursos humanos descienden de manera considerable.
- Con esta herramienta se puede lograr obtener productos o servicios de mejor calidad, ya que el negocio únicamente se concentra en realizar un trabajo y satisfacer la necesidad del cliente.
- Con esta actividad se pueden eliminar los trabajos rutinarios que pudieran existir dentro de la empresa, ya que estas actividades las puede desarrollar el *outsourcing*.
- Utilizando este método, se puede contratar a personal especializado para una función determinada dentro de la empresa.
- Gracias al *outsourcing* se puede lograr adaptar las operaciones y sus costos a las necesidades actuales del mercado.

1.4.3. Desventajas

- Se corre el riesgo de contratar a personas no especializadas y esto puede perjudicar la producción de la empresa contratista.
- Llegar a crear una dependencia o incapacidad, pues siempre se buscará la solución de un determinado problema en otra empresa.
- En ciertos momentos se puede perder el control de la producción de la empresa.
- Es difícil controlar la calidad del trabajo que una empresa de *outsourcing* esté realizando, ya que su personal no se identifica con el valor del producto.

- Poca afinidad de los trabajadores por la empresa que contrata el *outsourcing*, lo que significa bajo compromiso de trabajo de los subcontratados.
- La rotación de personal puede provocar que en ningún momento alguien se vuelva experto en su área de trabajo y se pueden presentar otros problemas sistemáticamente.

1.5. Mantenimiento

El mantenimiento es de gran importancia en una empresa, prolonga la vida útil de la maquinaria y evita paros inesperados o producción detenida por fallas en la maquinaria.

1.5.1. Definición

El mantenimiento es una acción que busca mejorar el estado actual en un determinado establecimiento o empresa, esto se realiza con el objetivo de mejorar el aprovechamiento de un proceso o maquinaria.

1.5.2. Tipos de mantenimiento

- Correctivo: este tipo de mantenimiento, también es conocido como reactivo, es el tipo de mantenimiento que se aplica cuando se produce algún error en el sistema, ya sea porque algo se averió o rompió, es decir corrige un problema ya existente, no anticipa un problema, solo lo corrige. Cuando se realiza este mantenimiento, el proceso productivo se detiene, por lo que disminuyen las cantidades de horas productivas y se vuelve a producir hasta que el problema sea corregido. En este mantenimiento no

se predice los costos que se pueden generar y el tiempo que puede llevar solucionar el problema.

- Preventivo: este mantenimiento, también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema, es decir, con este mantenimiento se anticipan las fallas en el sistema y se prolonga la vida útil de la maquinaria. Como se hace de forma planificada, no como el mantenimiento correctivo, se aprovechan las horas de trabajo y se planifica a conveniencia para que la producción no sea afectada. Este mantenimiento sí es predecible, con respecto a los costos que implicará, así como también el tiempo que demandará.
- Predictivo: con este mantenimiento se busca determinar la condición técnica, ya sea eléctrica o mecánica de la maquinaria mientras está funcionando. Para poder desarrollar este mantenimiento se recurre a provisiones tecnológicas que permitan conocer las condiciones de funcionamiento del equipo.
- Proactivo: es un tipo de mantenimiento dirigido a la detección y corrección de las causas que pueden generar el desgaste y conducen a que la maquinaria falle.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción y análisis del servicio actual

El servicio actual que presta AMS engloba todo lo relacionado a mantenimiento de máquinas estacionarias. En esta empresa se realizan servicios como instalación de tuberías para transportar cualquier fluido, utilizando los materiales requeridos para dicha instalación.

También se realizan las instalaciones de líneas de vida sobre techos, se realiza para proteger la vida de los trabajadores a determinada altura, la instalación de una línea de vida sobre el techo se realiza con el propósito de evitar accidentes, que pueda causar daños físicos a los trabajadores. Consta de colocar cables anclados al techo de manera que se instalen por el área donde transita el empleado, se utilizan para atar a los trabajadores y evitar accidentes por caídas.

Los trabajos de soldadura son realizados por empleados con certificados de soldador radiografiado, esto garantiza que el tipo de soldadura no tendrá grietas, cordones dañados, entre otros. Este tipo de soldadura es utilizando en empresas alimenticias, evita la contaminación del aire en ciertos productos.

También hay aspectos en los que se debe mejorar, AMS es una empresa seria y comprometida con proporcionar un buen servicio, pero a veces ocurren retrasos por mala planeación, estos son aspectos que se deben ir observando y solucionando para ofrecer un mejor servicio.

Se realizan diferentes tipos de trabajos en los cuales AMS se encarga de ofrecer la mejor calidad posible. Generalmente, el servicio es bastante bueno, pero se deben hacer algunos ajustes, AMS es una empresa que está implementando la seguridad e higiene industrial dentro de sus procesos de trabajo, este es un cambio que beneficiará a la empresa. La seguridad y la higiene industrial se están aplicando a procesos como anclajes, soldaduras, instalación de techos, instalaciones de líneas de vida, entre otros. Todos estos procesos que se realizan en AMS son de alta calidad y con la implementación de seguridad e higiene industrial será el complemento para mejorar dichos servicios.

Actualmente, se cuenta con la herramienta y equipo necesario para poder prestar un buen servicio. Se tiene equipo para soldadura, corte, herramienta de mecánica en general, entre otros. El equipo es de alta calidad, existe una variedad de equipo y herramienta, pero se debe tener una mejor administración de bodega, y tener inventariado cada herramienta y equipo, esto ayudará a encontrar con facilidad lo que se va a usar en el próximo trabajo a realizar.

El personal es el adecuado para poder realizar un trabajo de alta calidad, garantizando la satisfacción del cliente. AMS cuenta con personal capacitado en el área que se les corresponde, tiene soldadores a nivel de radiografía, es una soldadura muy precisa y de alta calidad.

El problema se da cuando en el trabajo a realizar se necesita más personal, entonces se tiene que contratar a personas ajenas a la empresa, es aquí cuando varía la calidad del trabajo, porque la capacidad de la mano de obra es muy distinta. AMS cuenta con el programa de capacitación AMS Total, en este, a cada empleado se le capacita de acuerdo a sus tareas a realizar.

2.2. Materia prima

La materia prima utilizada depende del servicio que se preste, AMS cuenta con la suficiente materia prima sin tener excedentes de la misma. La utilizada es; filtros, aceites y paños de limpieza.

La materia prima, herramienta y equipo utilizado es la siguiente:

- Electroodos punto gris

Esta clase de electrodo (E6013) posee resistencia a desgastes compuestos de calor e impacto, desgaste friccional de metal-metal y choque térmico. Se puede emplear con electrodo al positivo o con corriente alterna.

Se utiliza para soldadura en todas posiciones, inclusive la vertical descendente. Contiene un gran porcentaje de dióxido de titanio en su revestimiento y compuestos de potasio suficientes para estabilizar el arco en la corriente de soldadura alterna.

Generalmente es utilizado en aceros comunes por su diseño de buen encendido, arco suave, penetración baja, cordones de buen aspecto, fluidez y rapidez de fusión del electrodo, buen desprendimiento de escoria y terminación; se encuentra en la clasificación de electrodos rútilicos, por obtener las características anteriormente mencionadas, así como la buena resistencia y excelente calidad de los depósitos de soldadura no magnéticos.

Algunas de sus aplicaciones son:

- Fabricación de carrocerías
- Cajas de volteo
- Depósitos de lámina
- Especial para soldar planchas delgadas
- Muebles de acero
- Soldadura de última pasada para obtener un fino acabado
- Vigas
- Industria naval
- Maquinaria agrícola

Figura 6. Electrodo punto gris



Fuente: CHA, Alice. www.google.com-electrodo punto gris. Consulta: 23 de octubre de 2015.

- Electrodo punto café

Su recubrimiento es predominantemente una capa de celulosa modificada con silicatos minerales, silicato de sodio y oxidantes. Como la masa de celulosa se quema durante la soldadura, la escoria es mínima y, por lo general,

fácilmente desmontable; solidificación rápida, buenas características de resistencia, elasticidad y ductilidad.

El arco tiene una penetración profunda y con la manipulación apropiada del arco se obtienen soldaduras de buena calidad, puede ser depositado en todas las posiciones.

Sus formulaciones especiales se utilizan en la soldadura de tuberías en progresión descendente. Aplicable con corriente directa electrodo positivo + (CDPI) y CA.

Aplicaciones:

- Cañerías.
- Depósitos.
- Tuberías.
- Tanques.
- Calderas.
- Calentadores.
- Fabricación de ductos de ventilación.
- Para soldadura de todas las uniones a tope que requieren una buena penetración en el primer pase.
- Aceros de construcción no aleados (estructurales).
- Soldadura de aceros con bajo carbono, cuando se desea penetración profunda, poca escoria y cordones no abultados.
- Planchas y corrientes galvanizadas.
- Recipientes a presión, entre otros.

Figura 7. **Electrodo punto café**



Fuente: GODINEZ, Eliseo. www.google.com/electrodopuntocafe. Consulta: 24 de octubre de 2015.

- Electrodo punto azul

Son similares a los electrodos punto café, excepto que los compuestos de potasio se añaden en cantidades suficientes al revestimiento para estabilizar el arco y permitir que el electrodo se utilice con corriente alterna la penetración es ligeramente inferior al electrodo E6010. Diseñado para uso con corriente alterna o continua.

El metal es protegido por una atmósfera gaseosa neutra al momento de la fusión debido a su revestimiento.

Aplicaciones:

- Para ejecución de pases de raíz en el fondo de un chaflán, en las uniones de tope.

- Para soldadura de unión en cualquier posición, en especial para vertical descendente, ascendente y sobrecabeza.
- Soldadura recomendable para aceros no templables (aceros dulces).
- Carpintería metálica.
- Estructuras y bastidores para máquinas.
- Fabricación de tanques, reservorios y tuberías.
- Construcciones navales.

Figura 8. **Electrodo punto azul**



Fuente: DAGO, Marco. www.google.com/electrodopuntoazul. Consulta: 23 de octubre de 2015.

- **Electrodo punto verde**

Su revestimiento es celulósico, su arco es suave y estable, con facilidad de encendido y el reencendido del electrodo, además, presenta fácil remoción de su escoria. Puede aplicarse en todas las posiciones de soldadura debido a que el metal depositado se solidifica con rapidez; presenta buena soldabilidad sobre superficies ligeramente contaminada con óxidos.

Los cordones que deja son de buena apariencia. Diseñado para uso con corriente alterna o corriente continua.

Aplicaciones:

- Diseñado exclusivamente para soldadura de unión de aceros de bajo carbono: perfiles, ángulos, platinas, entre otros en el sector cerrajero.
- Ideal para trabajos de fabricación de carpintería metálica en general y fabricación de estructuras livianas.
- Se recomienda para la fabricación de puertas, ventanas, portones, fabricación de rejas, estanques.

Figura 9. **Electrodo punto verde**



Fuente: DE LA BARRERA, Juan, www.metalsandsupplies.com. Consulta: 23 de octubre de 2015.

- **Electrodos punto rojo**

Es un electrodo de aluminio de propósito general para la soldadura arqueada con aleaciones de aluminio; diseñado para trabajar con corriente directa con electrodo al positivo, el arco es estable y opera a bajas temperaturas con salpicaduras mínimas, la soldadura es fuerte, densa y libre de porosidad.

Es una gran opción cuando se sueldan piezas de aluminio con tratamiento térmico. Algunas típicas aplicaciones son soldaduras con arco aleado con cobre de silicio y magnesio, es excelente para la unión de los grados diferentes de aluminio. Puede ser utilizada en tipos de soldadura fuerte.

Figura 10. **Electrodo punto rojo**



Fuente: JO CHONG, Gium. www.ebay.com. Consulta: 25 de octubre de 2015.

Oxígeno y acetileno

El acetileno (C_2H_2) denominado etino en el sistema UIQPA de nomenclatura, es un alquino preparado a partir de la adición de agua con carburo de calcio. Los alquinos poseen un grupo funcional de triple enlace carbono-carbono, son conocidos como hidrocarburos insaturados. Su olor característico como de todos los alquinos es semejante al del ajo.

Al combinarse el acetileno con el oxígeno se da lugar a una reacción de combustión, la cual es altamente exotérmica. Debido a dicha propiedad, se

utiliza en equipo de soldadura con gas oxiacetileno y corte por las elevadas temperaturas que alcanza la combinación de acetileno y oxígeno.

Se obtiene una llama luminosa y humeante que permite soldar piezas ferrosas, ya que la misma alcanza una temperatura de 3 200 °C (5 792 °F). Los límites inferior y superior de inflamabilidad son 2,8 y 93 % en volumen de acetileno en aire respectivamente.

El procedimiento por permitir la unión de metales, utilizando el calor producido por la combustión de gases oxígeno-acetileno se denomina soldadura a oxigás; y existen dos tipos de acuerdo con la presión de trabajo del acetileno.

Alta presión: cuando el acetileno trabaja a una presión, que varía entre 0,3 a 0,5 kg/cm² (4,26 a 7,1 lb/pulg²).

Media presión: cuando el acetileno trabaja a una presión, que varía entre 0,1 a 0,3 kg/cm² (1,42 a 4,26 lb/pulg²).

Debido a que el acetileno es muy inflamable, no tóxico ni corrosivo, deben tomarse las debidas precauciones al hacer uso del mismo. Es explosivo al contacto con plata, mercurio o aleaciones que contengan cobre en un 70 %; debido a esto se deben conocer los materiales de las tuberías u objetos a los que se soldarán. El acetileno no puede ser comprimido solo, sino debe disolverse para su almacenamiento generalmente con acetona.

Según la cantidad de oxígeno con la que se mezcle el acetileno la combustión se da completamente o parcialmente generándose tres tipos de llamas:

- Oxidante: llama color azul, el gas se quema por completo.
- Neutra: llama blanco-verde. Ambos reactivos están uno a uno, es decir, en proporciones estequiométricas iguales.
- Carburante: el reactivo que se encuentra en exceso es el etino por lo que da origen a una combustión irregular, la llama es blanca.

Los tres tipos de llamas son útiles para el tipo de soldadura que se va a emplear.

Las ventajas de esta combinación son: la alta temperatura de la llama y la soldadura de materiales ferrosos y no ferrosos.

Las desventajas son: es un proceso más caro al compararse con la combustión de oxígeno-propano; produce deformaciones; por la gran concentración de calor, la soldadura en espesores gruesos resulta antieconómico.

- Equipo para soldar con oxiacetileno

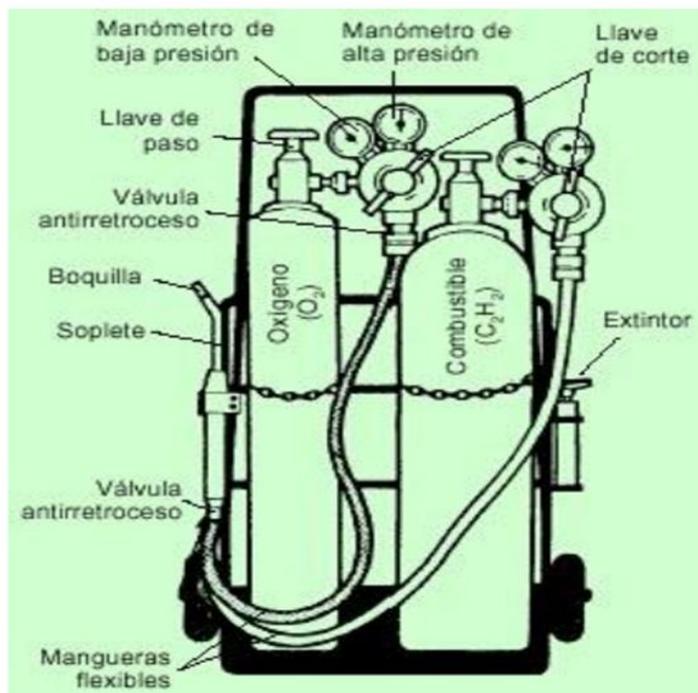
Consta de un conjunto de elementos que permiten el paso de los gases, hasta un soplete donde en su interior se produce la mezcla, con el contacto de una chispa se da la reacción de combustión, la cual puede ser regulada según la cantidad de oxígeno y acetileno que se desea utilizar.

Partes que componen el equipo:

- Cilindro de oxígeno

- Cilindro de acetileno
- Válvulas
- Regulador para oxígeno
- Regulador para acetileno
- Mangueras
- Soplete
- Boquilla
- Carro transporte

Figura 11. Oxígeno y acetileno para soldadura



Fuente: Casanowe. www.canstockphoto.es. Consulta: 25 de octubre de 2015.

Mantenimiento del equipo:

Es indispensable que al terminar de utilizar el equipo se desconecte totalmente, limpiarse con trapos secos las mangueras, sopletes, reguladores, entre otros. También deben limpiarse las boquillas con la aguja correspondiente al orificio de la misma, debe evitarse el contacto con grasa o aceite para así evitar una reacción de combustión explosiva.

- Hierro fundido

Es un término que se refiere a una familia de aleaciones ferrosas compuestas de hierro, carbono y silicio.

En la mayoría de los casos, la soldadura de hierro fundido implica la reparación de piezas fundidas, no se unen de lanzamiento a otros miembros. Las reparaciones pueden realizarse en la fundición donde se producen las piezas de fundición, o se pueden hacer para reparar defectos de fundición que se descubren después de la parte que se mecaniza. Piezas de hierro fundido mecanizadas pueden requerir reparación de soldadura, por ejemplo, cuando se taladran agujeros en el lugar equivocado. Con frecuencia, las piezas de hierro fundido rotos se reparan mediante soldadura.

Cuando se realizan piezas de fundición, el hierro fundido se vierte en un molde y se deja enfriar lentamente. La soldadura exitosa con hierro fundido está sujeta de las aptitudes del operador. El hierro fundido puede soldarse con el método de oxiacetileno o el método de arco metálico protegido. Pueden utilizarse otros métodos, pero no se consideran efectivos.

Otros materiales y equipos utilizados en AMS son los siguientes:

- Aluminio

- Cromo
- Madera
- Alambre
- Guantes especiales
- Soldadoras
- Batas
- Herramienta manual
- Lentes para soldar
- Baterías

2.3. Descripción del equipo

Actualmente, AMS no cuenta con suficiente herramienta y equipo para implementar el servicio de limpieza *flushing*. La maquinaria que se tiene actualmente es la siguiente.

2.3.1. Maquinaria

La maquinaria actual se puede resumir en: máquinas para soldadura autógena, maquinaria para soldadura eléctrica, generadores eléctricos, máquinas de transporte, polipastos, grúas, entre otros.

2.3.2. Herramienta

En cuanto a la herramienta se tienen: cajas de herramientas, llaves de diferentes tamaños, juegos de copas, guantes, caretas, mascarillas, batas, zapatos industriales, entre otros.

AMS cuenta con diferentes tipos de herramientas, aunque la maquinaria varía dependiendo del diseño que le da su fabricante.

2.3.3. Tipos de servicios que presta AMS

Actualmente AMS presta distintos tipos de servicios, los principales son los siguientes:

- De instalación mecánica
- De mantenimiento preventivo
- De mantenimiento correctivo
- Instalación de líneas de vida
- Soldadura
- Otros servicios

2.3.4. Mantenimiento

En AMS se ofrecen diferentes tipos de mantenimiento, a continuación se presentan una descripción de los mismos.

2.3.4.1. Tipos de mantenimiento

Básicamente los mantenimientos que trabaja AMS son los siguientes:

Mantenimiento preventivo: este se realiza buscando anticipar la falla de la maquinaria y así evitar paros no programados, se realiza cada cierto tiempo, la

frecuencia con que se realiza el mantenimiento preventivo depende del tipo de maquinaria, lubricantes utilizados, horas de trabajo, entre otros.

Cuando se realiza un mantenimiento preventivo, en AMS se lleva un control del tiempo en el que se realizó, también la fecha, estos datos se realizan con el objetivo de cerciorarse del momento en que se debe realizar otro mantenimiento.

En el mantenimiento preventivo se sabe aproximadamente el tiempo de duración de cada mantenimiento, dependiendo de la maquinaria a la que se le realizará este trabajo.

También se trabajan mantenimientos correctivos, estos son utilizados para corregir problemas ya existentes, ya sea provocado por una ruptura o un mal funcionamiento del equipo o maquinaria. Es muy difícil calcular el tiempo que se tarda para realizar este tipo de mantenimiento, depende del daño causado y del problema a corregir.

2.3.5. Montaje e instalaciones

En AMS se realizan diferentes tipos de montaje, aunque la mayoría de estos son realizados por otra empresa y solo se presta el personal de trabajo.

Se realizan montajes de instalaciones como: calderas, motores de combustión interna, intercambiadores, entre otros.

Los montajes realizados van desde montajes muy simples hasta montajes de líneas completas de producción, todo dependen de las necesidades del cliente.

2.3.5.1. Descripción

AMS es una empresa capaz de realizar la mayoría de montajes, aunque cuando son montajes desconocidos se apoya en los conocimientos de una persona ajena a su empresa, pero que sea lo suficientemente capaz de realizar toda la instalación, es decir, esta persona actúa como supervisor y da indicaciones y observa que todo el trabajo se esté haciendo de la mejor manera, para evitar fallas inesperadas o un funcionamiento inadecuado del equipo o maquinaria a instalar.

2.3.5.2. Tipos

- Instalaciones de calderas: el sitio oportuno de instalación de una caldera es un lugar con buena ventilación, debe estar protegida de la humedad y otros agentes externos que puedan perjudicar a los materiales o el equipamiento de la caldera, así como los golpes externos. Al utilizar la caldera continuamente, es indispensable inspeccionar anualmente el intercambiador de calor, revisar los filtros todos los meses y limpiarlos o cambiarlos, si fuera necesario, para así prolongar la vida útil de la caldera.

Figura 12. **Instalación de una caldera**



Fuente: GOMEZ, Velter. www.galeria.vulka.es. Consulta: 26 de octubre de 2015.

Para que el funcionamiento de la caldera sea óptimo y económico, debe controlarse el agua de alimentación y el agua de la caldera, continuamente, para corroborar que estén en las condiciones químicas necesarias.

- Motores
- Intercambiadores
- Chimeneas
- Calentadores industriales: son utilizados para esterilizar por lo que comúnmente se encuentran en hospitales, restaurantes, hoteles, entre otros.

Figura 13. **Calentador industrial**



Fuente: Casolar. www.casolar.com.mx. Consulta: 26 de octubre de 2015.

Tuberías: su funcionamiento es el traslado de un fluido, sus materiales de elaboración son numerosos. Según el tipo de fluido que se esté transportando, se utilizan diversos términos como oleoducto (petróleo), gasoducto (gas); las tuberías no solo pueden desplazar los fluidos, sino también materiales como cereales, hormigón, entre otros.

Figura 14. **Tuberías**



Fuente: Polaris. www.poolaria.com. Consulta: 28 de octubre de 2015.

Líneas de vida: son artefactos de anclaje y se encuentran mayormente en lugares con alta probabilidad de caídas debido a una gran altura; las líneas de vida permiten que el operador esté provisto con arnés anticaídas juntamente con el equipo de protección.

Cuando se está trasladándose a lo largo del anclaje la persona se mantiene conectada para así evitar caídas, obtiene un mayor acceso al trabajo que realizará.

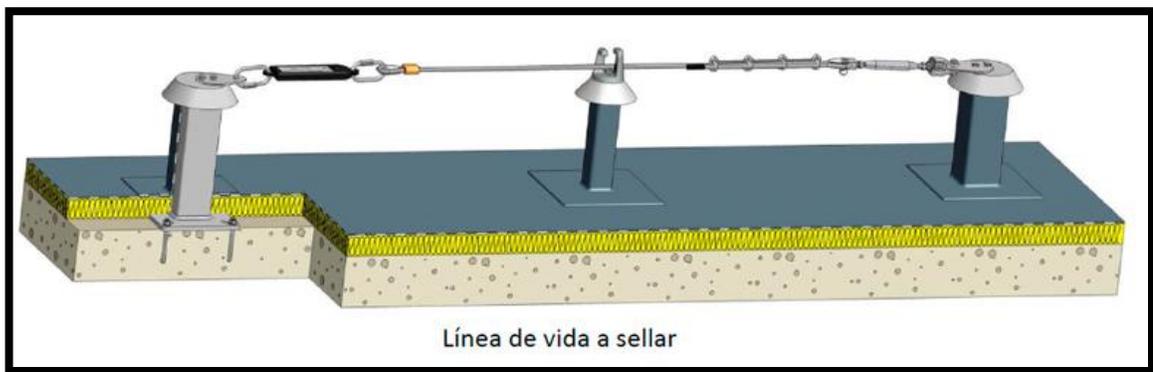
Algunas líneas de vida pueden utilizarse horizontal y verticalmente; estas se diferencian según la unión pero todas utilizan el arnés anticaídas. Pueden ser rígidas o flexibles.

La indumentaria de la línea de vida es:

- Anclaje inicial: comienzo de la línea de vida.
- Anclaje terminal: terminación de la línea de vida.
- Tensor: provee la tensión necesaria al sistema.

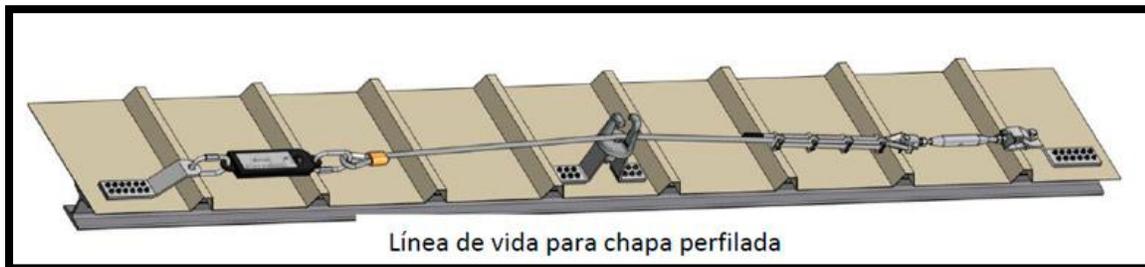
- Absorbedor: absorbe la energía producida en caso de caída.
- Anclaje intermedio: fija la línea al soporte, en zonas entre las placas de anclaje inicial y terminal, permite el paso del anclaje móvil.
- Anclaje móvil: dispositivo de conexión a línea de vida.

Figura 15. **Línea de vida a sellar**



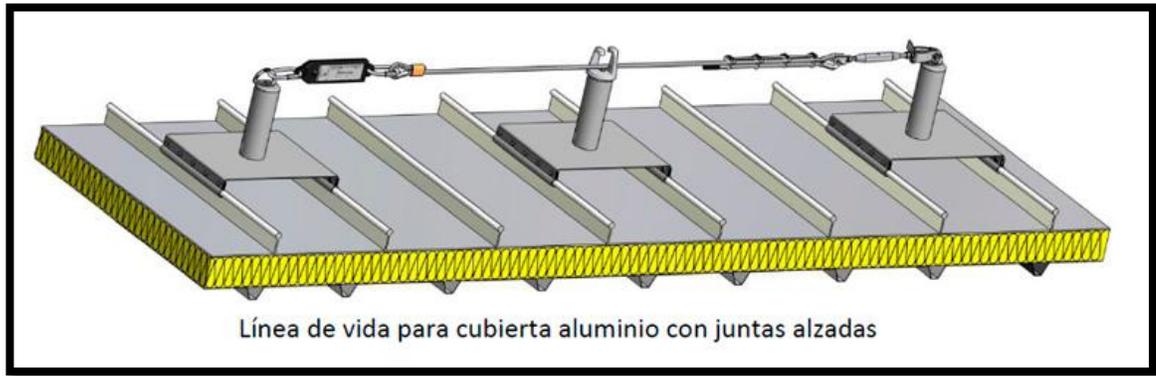
Fuente: ICOSA. <http://www.grupiconsas.net/instalacion-de-lineas-de-vida-horizontales.html>.
 Consulta: 28 de octubre de 2015.

Figura 16. **Línea de vida perfilada**



Fuente: ICOSA. <http://www.grupiconsas.net/instalacion-de-lineas-de-vida-horizontales.html>.
 Consulta: 28 de octubre de 2015.

Figura 17. **Línea de vida alzada**



Fuente: ICOSA. <http://www.grupiconsas.net/instalacion-de-lineas-de-vida-horizontales.html>.

Consulta: 28 de octubre de 2015.

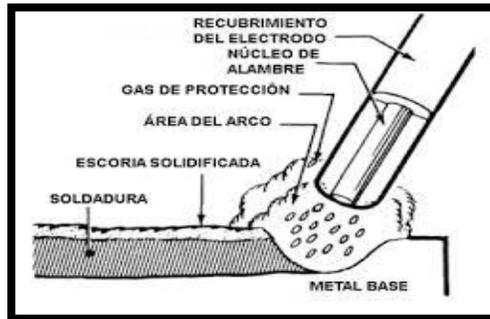
2.4. Soldadura

Existen diferentes tipos de soldadura, los utilizados en AMS se detallan a continuación.

2.4.1. Tipos de soldadura

- Soldadura de arco: esta utiliza una fuente de alimentación de corriente alterna, cuando se pone en funcionamiento y con el amperaje adecuado, de acuerdo al material que se desea soldar, se crea un arco voltaico entre el electrodo y el metal que se está soldando.

Figura 18. **Soldadura de arco**



Fuente: FERNANDEZ, Carlos. www.tecnoficio.com. Consulta: 29 de octubre de 2015.

Soldadura con gas: también se le conoce con el nombre de soldadura oxiacetilénica, es uno de los tipos de soldadura más antiguos. Utiliza gas acetilénico como llama y es alimentado por oxígeno para poder ejercer un tipo de corte en el metal. Una de las ventajas de la soldadura oxiacetilénica es que puede usarse para soldar y para cortar, todo depende del objetivo planteado, también presenta la desventaja que calienta bastante y tarda mucho en enfriar para poder ser manipulada nuevamente, ya sea para moverla o transportarla.

Figura 19. **Soldadura de gas**



Fuente: JUÁREZ, Alberto. www.dirind.com. Consulta: 30 de octubre del 2015.

2.4.2. Descripción de electrodos

Un electrodo de soldadura se emplea como polo de un circuito y en su extremo se genera el arco eléctrico cuando se cierra este circuito, en otras aplicaciones sirve como material de fundición para unir dos piezas. El electrodo es una varilla recubierta de materiales especiales y distintos, dependiendo el material que se desea soldar; así se elige el tipo de electrodo.

Los recubrimientos de los electrodos son de gran importancia, ya que sin estos el electrodo se oxida y pierde sus propiedades de fusión. Las funciones de un recubrimiento de electrodo pueden ser: conseguir una buena ionización de los electrones, facilitar una buena formación del cordón de soldadura y conseguir mejores propiedades en el material que eviten la oxidación y la corrosión.

Los electrodos deben mantenerse en un ambiente sin humedad y cubiertos para evitar su contaminación. Es recomendable mantenerlos en recipientes cerrados y cubiertos con papel, esto evitará que el electrodo se contamine y así preservar sus propiedades hasta su utilización.

3. PROPUESTA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA Y EL ESTUDIO TÉCNICO-ECÓNOMICO

3.1. Estudio técnico

El estudio técnico permite encontrar la base para el cálculo financiero, y este el poder interpretar los datos para tomar una decisión sobre el proyecto de inversión, el estudio técnico debe mostrar todas las formas en las que se puede realizar el proceso que se está analizando, en este caso el servicio de limpieza *flushing*; es fundamental profundizar en el proceso para determinar la maquinaria necesaria, el equipo de producción y la mano de obra. La información necesaria para determinar todo el equipo y maquinaria necesaria, es recabada en distintas empresas que venden maquinaria industrial en Guatemala, empresas como Incaprosa, IMI, Tecnotools, entre otros.

Los altos niveles de contaminación producidos en la instalación de un sistema provocan el 80 % de las fallas en el arranque del sistema. Las partículas sólidas pueden provocar un daño considerable al sistema.

Durante el procedimiento del *flushing* se debe tomar en cuenta lo siguiente:

El principal objetivo del servicio de limpieza *flushing* es eliminar las fallas en un sistema hidráulico durante la puesta en marcha inmediata después de la instalación de dicho sistema. Es muy importante que el flujo que circula por el

interior de la tubería sea turbulento para que la limpieza sea efectiva. El número de Reynolds indica la turbulencia del fluido, este es un valor adimensional que depende del caudal de circulación del diámetro de la tubería y de la viscosidad del fluido. Es necesario tener un número de Reynolds mayor a 5 000 para garantizar la efectividad de la limpieza. El fluido que se utiliza en la limpieza por *flushing*, debe ser compatible con el funcionamiento de la maquinaria a limpiar.

Para realizar un estudio técnico se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Ubicación: este de tipo de servicios para maquinaria industrial, es un *outsourcing* o servicio de tercerización, por lo tanto no es imprescindible tener una ubicación para este equipo, ya que todo el trabajo se realiza en las instalaciones de la empresa que paga por este servicio. La empresa AMS no permite conocer la ubicación de la herramienta y el equipo utilizado por seguridad de la misma, pero basta con almacenarlas en una bodega, ya que las empresas que requieren el servicio están ubicadas en diferentes partes del país y AMS se transporta hasta donde sea necesario.
- Tamaño de la empresa: para este tipo de servicios, el tamaño de la empresa dependerá de la cantidad de equipo que se tenga para cumplir con la demanda de las empresas que necesitan el servicio. AMS es una empresa que, en promedio, presta alrededor de dos servicios mensuales, por lo tanto, no es necesario comprar más de un equipo completo para realizar el servicio de limpieza por el método de *flushing*.
- El equipo: percatarse de las características que posee cada equipo, elaborando una investigación técnica para cada uno. Tomando en cuenta las diferencias entre los tipos de maquinaria y equipo que existen. Para elegir el equipo que se adecúe a las necesidades de la empresa, se deben

tener varias opciones, para analizar las especificaciones de cada máquina y los costos. Teniendo varias opciones, se facilita la toma de decisiones considerando los factores que la empresa considera necesarios en cuanto a sus requerimientos y exigencias.

- Mano de obra: para este servicio se tendrá mano de obra directa e indirecta, directa debe estar debidamente capacitada para realizar el servicio de limpieza *flushing*, es importante que la mano de obra directa conozca las medidas de las presiones de trabajo generadas por la bomba, cantidad de flujo volumétrico introducido a la tubería que se desea limpiar, entre otros. Se debe tener cautela en la selección del personal para la mano de obra, ya que se requieren trabajadores con valores y ética imperturbables; con esto se eluden despidos rápidos y evitan costos de reclutamiento.
- Materia prima: para el servicio de limpieza por el método de *flushing*, la materia prima a utilizar es muy poca, se requiere aceite del mismo tipo con el que la máquina opera invariablemente y varios filtros que tendrán como función atrapar las impurezas del aceite. Es posible que en ocasiones se necesite realizar una limpieza química para disolver o eliminar la oxidación, grasas, aceites, entre otros. Se puede usar un desincrustante Siamex o un producto similar, 20 litros de este en 100 litros de agua, y dejar circular por el sistema por 5 horas.
- Proceso productivo: el servicio de limpieza *flushing* es un servicio de mantenimiento y, por lo tanto su producto final será una tubería libre de contaminantes diversos.
- Distribución de la planta: para el proceso de limpieza por el método de *flushing* no es posible aplicar una distribución de planta, debido a que es un servicio de tercerización y el trabajo se realiza en las empresas que solicitan dicho servicio. Puede necesitarse un plano de las áreas de

trabajo cuando el sistema a limpiar es muy grande, esto para facilitar el trabajo y la división de la planta.

3.1.1. Herramienta

El tipo de herramienta varía dependiendo de la maquinaria, tipo de tornillo, tuerca, tipo de rosca, poleas, entre otros. Son elementos que varían en forma y tamaño, dependiendo del fabricante, debido a que existen productores de diferentes países que trabajan con medidas y estándares respectivos a su país.

3.1.1.1. Descripción

Se utiliza una variedad de herramientas que van a depender del tipo de maquinaria que se este trabajando, a continuacion se presenta una descripcion general de estas:

Tabla III. **Descripción de las herramientas**

Herramienta	Descripción
Llaves y juegos de llaves	La maquinaria a la que se pretende realizar el servicio de limpieza, tiene tornillos y tuercas de diferentes medidas y formas, se debe contar con una variedad de llaves para evitar inconvenientes con los diferentes tipos de maquinaria.
Alicates	Tienen diferentes funciones, desde un sujetador de piezas hasta utilizarlo como herramienta de corte sencillo.

Continuación de la tabla III.

Juego de destornilladores	Los destornilladores varían en forma, grosor y longitud, existen universales o de cabezas intercambiables para poder adaptarse a las formas de los tornillos.
Martillos	Existen de metal y goma, varían según su peso y la superficie a la que se desea martillar.
Extractores	Los principales extractores utilizados en el método de limpieza <i>flushing</i> son los extractores de pernos.
Limas	Son utilizadas para ocasionar un afinado y desgaste favorable o intencional.
Instrumentos de medición	Dentro de los instrumentos de medición necesarios para trabajar en el método de limpieza <i>flushing</i> se pueden mencionar: vernier, cinta metrica, micrómetro, medidores de presión, medidores de temperatura, entre otros.
Instrumentos de corte	Son utilizados para realizar una división de secciones, con el objetivo de aumentar la adaptabilidad de la superficie de corte.
Cajas	Se utilizan para guardar la herramienta, mantenerla ordenada, segura y de fácil acceso.

Continuación de la tabla III.

Brocas	Las brocas se usan para crear agujeros por medio del cual se hará pasar un tornillo, un cable, entre otros.
Elementos de seguridad	Es de suma importancia mantener la seguridad de los operarios, por lo que es fundamental que se cuente con guantes de látex, de cuero, caretas, lentes para pulir, tapones para oídos, entre otros.
Herramientas de taller	En las herramientas de taller, se encuentran: pulidoras, taladros, cierras, entre otros.

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.2. Tipos

Los tipos de herramienta necesaria para realizar el servicio de limpieza *flushing* dependen de la maquinaria a la que se le pretende realizar dicho servicio, básicamente la herramienta en común en cada servicio es la siguiente:

- Llaves y juegos de llaves
- Alicates
- Juego de destornilladores
- Martillos y accesorios
- Extractores
- Limas
- Instrumentos de medición
- Maquinaria de corte

- Cajas
- Brocas
- Elementos de seguridad
- Herramientas de taller

3.1.2. Equipo

En la realización del servicio de limpieza por el método de *flushing*, es necesario tener el equipo adecuado para poder desarrollar satisfactoriamente el trabajo. El equipo a utilizar es el siguiente:

Válvula de control: debe ser una válvula con actuador neumático que soporte presiones hasta de 400 bar y temperaturas hasta 800 grados centígrados. Esta válvula controla el paso del fluido, regulando la presión y el caudal del mismo.

Figura 20. **Válvula de control**



Fuente: BVALVE. <http://www.bvalve.es/empresa/presentacion>. Consulta: 2 de noviembre de 2015.

Válvula de alivio: válvula de accionamiento manual para facilitar la liberación de presión, el rango de nivelación se encuentra en el giro de la manivela.

Cuando en una tubería se genera una sobrepresión que puede dañar todo el sistema, entonces se activa la válvula de alivio, liberando el exceso de presión en el sistema y evitar que las tuberías o equipos se dañen.

Figura 21. **Válvula de alivio**



Fuente: Humberto. catálogo, *Provindus*, p. 5. Consulta: 2 de noviembre de 2015.

Bomba: debe trabajar con presiones hasta 300 psi, proporcionando un flujo constante. Este equipo sirve para obtener un flujo turbulento, necesario para poder realizar la limpieza en la tubería.

Figura 22. **Bomba**



Fuente: GRAY, Russell. <http://www.graco.com/uy/es/products>. Consulta: 2 de noviembre de 2015.

Depósito: es necesario un depósito con un volumen mínimo de 50 galones. El volumen que debe tener el depósito es necesario que sea mayor en un 20 % al volumen del sistema que se desea trabajar.

Figura 23. **Depósito de aceite**



Fuente: BRANDELL, George. *Catálogo, provid, depósito de aceite*, p. 32. Consulta: 3 de noviembre de 2015.

Mangueras: diseñadas para soportar altas presiones, con tubos de neopreno, reforzados con capas de alambre de acero y en el exterior cubiertas de caucho sintético. Con diámetro gradual de 2 pulgadas hasta 10 pulgadas. Las mangueras son necesarias para transportar el fluido de una manera rápida y sin obstrucciones.

Figura 24. **Mangueras hidráulicas**



Fuente: Sinopulse. www.sinopulse.com. Consulta: 5 de noviembre de 2015.

Filtros: deben tener una fineza de filtrado de 1 a 40 micras como mínimo y capacidad de superficie de filtrado de 20 metros cuadrados. Los filtros mantienen limpio el aceite que está circulando en el sistema cuando se realiza la limpieza por el método de *flushing*.

Figura 25. **Filtros**



Fuente: Siebec. www.siebec.com. Consulta: 5 de noviembre de 2015.

3.1.2.1. Tipos

Existen diversas opciones en cuanto al equipo se refiere, las principales variaciones en cada uno son las siguientes:

- Válvula de control: es la encargada de graduar el caudal, la presión y la velocidad del fluido, existen diferentes tipos de válvulas de control:
 - Válvulas de palanca: son accionadas manualmente girando una palanca que gradúa el paso del fluido.

Figura 26. **Válvula de palanca**



Fuente: Gebruder. www.google.com-valvulasdepalanca. Consulta: 7 de noviembre de 2015.

- Válvulas de corona: este tipo de válvulas tienen una corona como sustituto de la palanca en las válvulas de palanca.

Figura 27. **Válvula de corona**



Fuente: Gebruder. www.providus.com. Consulta: 6 de noviembre de 2015.

- Válvulas de pulsador: este tipo de válvulas no gradúan el paso del fluido, simplemente se presiona el pulsador y flujo se corta.

Figura 28. **Válvula de pulsador**



Fuente: Gebruder. www.google.com-valvulasdepulsar. Consulta: 11 de noviembre de 2015.

- Válvula eléctrica o electrónica: es accionada desde un control eléctrico, es de fácil accionamiento, aunque no se recomienda para altas presiones de trabajo.

Figura 29. **Válvula eléctrica o electrónica**



Fuente: Ferroneumatica. www.ferroneumatica.com. Consulta: 11 de noviembre de 2015.

Válvula de alivio: las principales características en variación son:

- Tipo de apertura: el tipo de apertura varia en el accionamiento, puede ser de palanca, corona, pulsador, automática o eléctrica.
- Material de construcción: pueden construirse de acero inoxidable, hierro dulce, entre otros.
- Diámetro: el diámetro de entrada y de salida debe ser el mismo en todo el sistema, esta medida dependerá del equipo que se adquiera o las medidas de la maquinaria a la cual se le realiza el servicio.

Bomba: las variaciones en una bomba hidráulica dependen de la velocidad del flujo, la potencia, la presión de trabajo, entre otros.

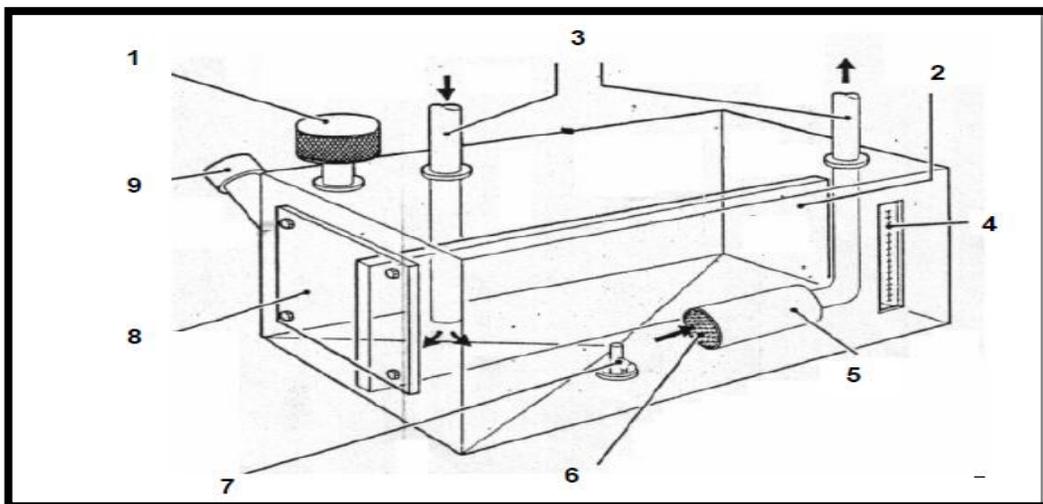
- Depósito: su principal variación es en el volumen del fluido que puede almacenar, también varían en forma y el tipo de material con el que se construye.

A continuación se presentan estas variaciones.

3.1.2.2. Descripción

- Depósito: su función principal es suministrar el fluido hidráulico al sistema en funcionamiento.

Figura 30. Depósito del fluido



Fuente: FLORES ROLDÁN, Manuel Lizandro. *Guía para el control de contaminantes de un fluido*. Consulta: 12 de noviembre de 2015.

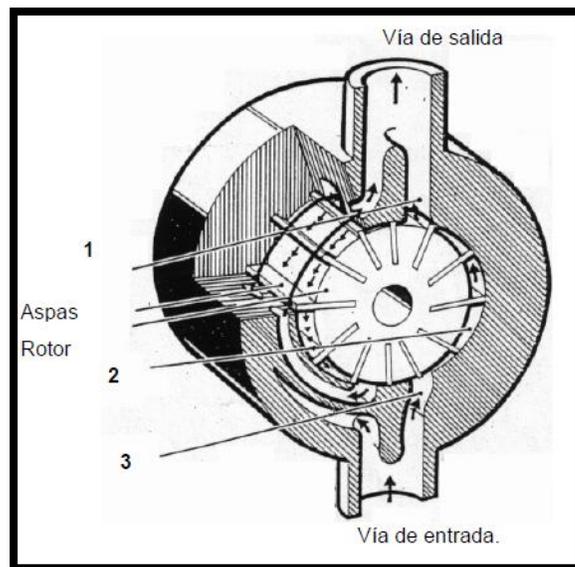
- Características:
 - Tamaño adecuado para poder almacenar el fluido que el sistema requiere cuando está en pleno funcionamiento.
 - Respiradero de aire: su función es dejar entrar el aire al depósito para prevenir la formación de un vacío en el mismo, el respiradero debe tener un filtro para retener las impurezas del aire que está ingresando.
 - Placas para prevenir la turbulencia del fluido.
 - Indicador de nivel: este debe ser visual para evitar medidas erróneas que puedan surgir con los flotadores o indicadores eléctricos.
 - El fondo del depósito debe ser cóncavo con el tapón hacia abajo para facilitar el drenado.
 - El depósito se debe desarmar de una manera fácil para mejorar la manera de limpieza.
 - Debe tener filtros tanto en la entrada y salida del depósito como en el agujero para el llenado.

Bomba: la finalidad de una bomba hidráulica es elevar la presión de un fluido hidráulico, existen varias clases de bombas según su tipo de trabajo y diseño. Las bombas pueden variar en la presión de trabajo, velocidad de salida del flujo, potencia (HP), consumo de combustible o consumo eléctrico, tipo de arranque manual o eléctrico, flujo de salida, presión de salida, tipo de fluido con el que trabaja, entre otros.

- Bomba de aspas: generalmente se utilizan en máquinas herramientas. Consiste en un rotor que contiene un conjunto de aspas, cuando este

rotor gira la fuerza centrífuga es aprovechada para elevarle la presión al fluido debido al diminuto espacio entre el rotor y la carcasa.

Figura 31. **Bomba de aspas**



Fuente: FLORES ROLDÁN, Manuel Lizandro. *Guía para el control de contaminantes de un fluido*. Consulta: 12 de noviembre de 2015.

- Cuando el espacio entre el rotor y la carcasa se reduce entonces el fluido se libera.
- Las cavidades de la carcasa bombean el fluido para poder ser transportado.
- El fluido es turbulento cuando el espacio entre el rotor y la carcasa aumenta.

Ventajas: la bomba de aspas produce un desgaste menor que el de las bombas de engranajes, ya que cuando las aspas giran pueden desplazarse hacia afuera evitando la fricción y el contacto aspa-aro es más constante.

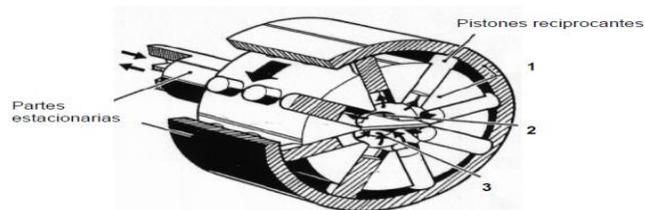
Desventajas: los fluidos pueden contener materiales abrasivos que causan agrietamiento en diferentes partes de la bomba de aspas, sin embargo, existen fluidos hidráulicos desarrollados antidesgaste para mermar el desgaste que se ocasiona en las bombas hidráulicas.

Bomba de pistones: este tipo de bombas son utilizadas cuando se requieren altas presiones, existen diversidad de estas bombas, pero todas trabajan bajo el mismo principio de pistón radial o axial.

Las bombas de pistón radial están conformadas con un bloque rotativo que contiene cilindros radiales y carcasa exterior con la cual los pistones están constantemente en contacto.

El volumen del fluido bombeado puede variarse, la dirección del caudal puede ser dirigida o revertida.

Figura 32. **Bomba de pistones**

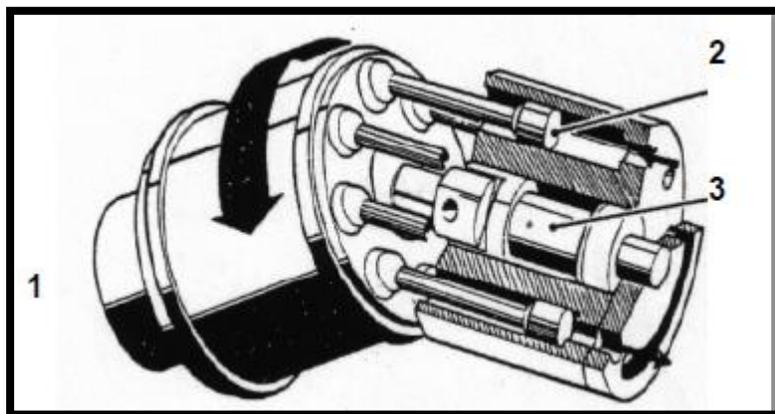


Fuente: QUIRION, Patrick. *Fundamentos de hidráulica*. Consulta: 12 de noviembre de 2015.

Las bombas de pistón axial se componen de un eje, con los pistones unidos a varillas y estas están conectadas a la base de una palanca.

La carrera del pistón es limitada por el ángulo del cilindro y la placa.

Figura 33. **Bomba de pistón axial**



Fuente: QUIRION, Patrick. *Fundamentos de hidráulica*. Consulta: 12 de noviembre de 2015.

- La energía proporcionada se puede variar por medio del giro del cilindro sobre su arco.
- El cilindro gira sobre su eje mientras los pistones también lo hacen.
- Estos componentes rotan por medio de un motor.

Características

- La eficiencia de este tipo de bombas es muy alta
- Tienen mayor desgaste
- Se deben lubricar ciertas partes de la bomba

Bomba de engranajes

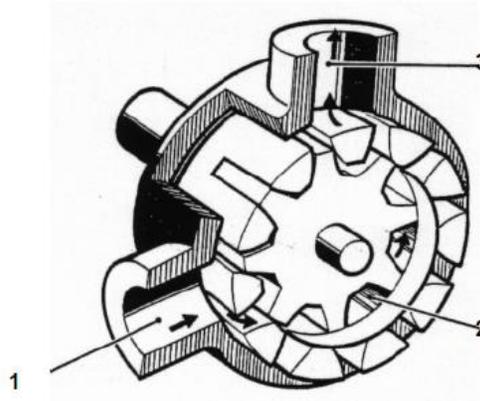
Sufren mucha consunción y por ello pierden su eficiencia rápidamente, además tienden a agrietarse debido a los abrasivos del aceite, también tienden a agitar el fluido, esto hace de suma importancia la selección del fluido y su filtro.

Hay de dos tipos

Bombas de engranaje interno

- El fluido se desplaza a través del espacio entre los dientes
- Los engranajes empujan al fluido hacia la salida

Figura 34. **Bombas de engranaje interno**



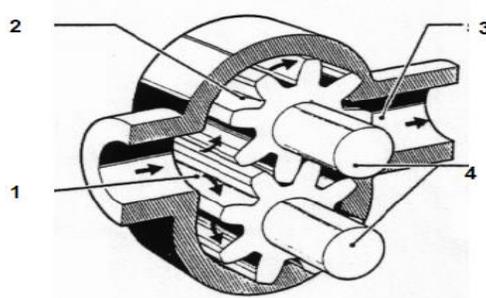
Fuente: QUIRION, Patrick. *Fundamentos de hidráulica*. Consulta: 12 de noviembre de 2015.

Las partes señaladas en la imagen anterior, son las siguientes:

1. Entrada el fluido

2. Aumento de presión
3. Salida

Figura 35. **Bomba de bifurcación**



Fuente: QUIRION, Patrick. *Fundamentos de hidráulica*. Consulta: 12 de noviembre de 2015.

La imagen 35 se señala las siguientes partes:

1. El fluido es succionado por el vacío que se genera entre los dientes.
2. Se transporta el fluido hacia la salida.
3. El fluido es expulsado en la medida que los dientes regresan a engranarse.
4. El empuje axial en los ejes es causado por la presión de la salida.

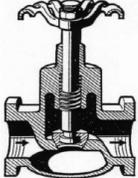
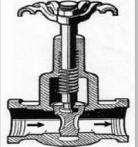
Características:

- Entregan un volumen constante de caudal
- Son ideales para aplicaciones de operación suave

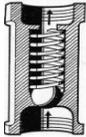
Válvulas: son utilizadas para graduar la presión del fluido, cambiar la dirección del caudal y graduar el volumen de fluido suministrado. Pueden ser operadas por sistemas hidráulicos, neumáticos, mecánicos, entre otros.

Las válvulas son mecanismos de precisión, su operación eficiente depende de su selección, instalación y mantenimiento del fluido.

Tabla IV. Descripción de los tipos de válvulas

Tipo de Válvula	Descripción	Imagen
Grifo	De fácil uso, utilizadas para sangrar, accionar manómetros, eliminar aire, entre otros.	
Globo	Confiables, causa turbulencia, ofrece resistencia al flujo.	
Compuerta	No ofrecen resistencia al flujo, aun de gran tamaño pueden ser controladas por mecanismos automáticos.	
Solenoide	Acción rápida y segura, controlan la dirección del fluido.	
Aguja	Usada para medir caudal, sensible, funciona bien a cualquier posición.	

Continuación de la tabla IV.

Retención	Flujo en una sola dirección, poca resistencia al flujo.	
Bola	Una sola dirección de flujo, tamaños pequeños, son válvulas de alivio.	

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Materia Prima

La utilizada para este servicio es poca, solamente se necesita aceite y filtros.

Aceite: el utilizado para la operación de *flushing* es el mismo que la empresa utiliza en su maquinaria, en algunos casos se emplea un aceite de viscosidad ligeramente mayor, con el objetivo de mejorar la fricción entre el aceite y la pared de contacto y así difundir una presión mayor, las incrustaciones se remueven con facilidad.

Filtro: se utilizan para atrapar las impurezas que el aceite transporta hacia el final de su período de circulación, la cantidad de filtros utilizados depende de la impureza de dicho aceite y las condiciones de trabajo de la maquinaria. Normalmente se deben utilizar dos o tres filtros en todo el proceso.

3.1.3.1. Aceites

Aceite reutilizable: es con el que la máquina ha estado operando por un periodo de tiempo determinado, este aceite se reutiliza como aceite de limpieza en la bomba encargada de elevar la presión del mismo. El aceite antes de ser reutilizado debe estar completamente libre de partículas o impurezas que puedan causar algún daño a la maquinaria, para que un aceite esté totalmente limpio debe ser filtrado varias veces.

Después del proceso de filtrado el aceite se puede reutilizar como aceite de limpieza para este método.

Nota: no todos los aceites se pueden reutilizar, se debe observar su apariencia buscando algún exceso de partículas o impurezas que impedirían poder reutilizarlo.

Aceite nuevo: este tipo de aceite es el mismo que la máquina utiliza para trabajar, teniendo las mismas propiedades es más fácil poder trabajar y asegurar que la máquina no correrá ningún riesgo ocasionado por el mal estado del aceite (como en el aceite reutilizable).

Aceite con aditivos para limpieza: es un tipo especial de aceite utilizado para dar una limpieza más profunda y con mayor efectividad, con sus aditivos extras permite una mayor penetración, para retirar incrustaciones y un mayor desprendimiento de partículas producidas por el desgaste de la maquinaria.

Propiedades de los aceites: existen muchas propiedades de los aceites, las más importantes son la viscosidad, índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de fluidez, demulsibilidad, oleosidad y estabilidad térmica.

- La viscosidad es la medida de la resistencia que el aceite tiene al fluir.
- Índice de viscosidad es un parámetro indicador de la variación de la viscosidad con los cambios de temperatura.
- El punto de inflamación es la temperatura mínima a la cual el aceite produce llama.
- El punto de fluidez, es el valor de la temperatura más baja a la que el aceite fluye sin alterar su viscosidad.
- Demulsibilidad es la propiedad que indica si el aceite se puede o no mezclar con el agua.
- La oleosidad es la propiedad de adherirse a los elementos móviles que necesitan lubricación.
- La estabilidad térmica de un aceite determina la capacidad de este para oponer resistencia a la oxidación causada por los cambios de temperatura.

Aditivos de los aceites: sustancias químicas que mejoran las propiedades de los aceites. Los principales aditivos son; antidesgaste, anti-oxidantes, antiespumantes, detergentesdispersantes, depresores del punto de fluidez, entre otros.

- Antidesgaste: son sustancias que se combinan con la película de lubricación que deja el aceite para crear una capa protectora de dicha película, evitando que el aceite o película lubricante sufra el desgaste, es decir este aditivo actúa como de sacrificio.
- Antioxidantes: estos previenen la oxidación de los metales con los que tiene contacto el aceite.
- Antiespumantes: permiten reducir la formación de burbujas de aire que perjudican la resistencia del aceite.

- Detergentes-dispersantes: son indispensables para mantener las superficies limpias y así evitar estancamiento por suciedad.
- Depresores del punto de fluidez: son aditivos que sirven para que el aceite fluya más fácilmente a temperaturas bajas.
- Mejoradores del índice de viscosidad ayudan a mantener el nivel de viscosidad sin que este sea afectado por los cambios de temperatura.
- Aditivos de extrema presión son utilizados para darle un mayor soporte de cargas a la película lubricante.

3.1.3.1.1. Tipos

Los aceites se clasifican de acuerdo al grado de viscosidad, estos son medidos por normas que establecen los grados conocidos como SAE, ISO, SUS y AGMA.

En actualidad se utilizan las Normas:

- SAE
- ISO

Los aceites SAE se utilizan en aplicaciones automotrices y los aceites ISO son aceites de aplicación industrial.

Los aceites del tipo industrial se subdividen en:

- Fluidos hidráulicos resistentes al fuego
- Fluidos hidráulicos antidesgaste
- Fluidos hidráulicos contra la herrumbre y oxidación

Los aceites también se clasifican de acuerdo a su base de fabricación: aceites minerales y aceites sintéticos.

Es de suma importancia que el personal encargado de mantenimiento mecánico, conozca todos los conceptos relacionados con los aceites, para tomar la mejor decisión y elegir la alternativa que más se adecúe a sus necesidades.

3.1.3.1.2. Descripción

Existe una clasificación para cada tipo de aceite, según su utilización, los aceites se clasifican de la siguiente manera:

Tabla V. **Descripción de los aceites según su utilización**

Tipos	Descripción
SAE	Son aceites utilizados en motores de combustión interna.
ISO	Aceite del tipo industrial utilizado en todo tipo de maquinaria.
Aceite mineral	Son utilizados en la industria automotriz, cosmética, farmacéutica y metal mecánica.
Aceite sintético	Utilizados en la industria automotriz y maquinaria industrial.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.1.3. Características

Cada aceite tiene una clasificación distinta, esta se da dependiendo de las características de cada uno, en la siguiente tabla se amplía la información para conocer más de estas características.

Tabla VI. **Características de aceites**

Tipos	Características
SAE	Multigrado y monogrado, facilitan un arranque en frío, viscosidad estable a los cambios de temperatura, ahorra consumo de combustible y aceite.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización, se creó el sistema ISO para especificar la viscosidad de los aceites industriales.
Aceite mineral	Más usado y económico, se obtiene del petróleo, soporta diversas condiciones de trabajo, altas temperaturas, facilidad de mezcla, alto índice de viscosidad, higroscopicidad definida.
Aceite sintético	Artificial, puede o no provenir del petróleo, estabilidad térmica, resistencia a la oxidación, bajo coeficiente de tracción, elevado índice de viscosidad.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Mantenimiento del equipo

El mantenimiento que se le dará al equipo utilizado en el proceso de *flushing*, es de mucha importancia ya que de este depende el tiempo de vida útil que llegue a tener dicho equipo.

Existen varios tipos de mantenimiento, cada uno se adapta a las condiciones que la empresa y las instalaciones de la misma, la mayoría de empresas en Guatemala trabajan con dos tipos de mantenimiento que son; preventivo y correctivo.

3.2.1. Análisis y descripción del mantenimiento utilizado

Actualmente en AMS, el mantenimiento utilizado es del tipo correctivo, esto ha llevado a la empresa a incurrir en gastos imprevistos y pérdida de tiempo debido a que no existe una programación en sus mantenimientos, la maquinaria falla y es cuando se revisa para encontrar que produjo la falla, a largo plazo esto genera pérdidas económicas muy importantes.

El *flushing* consiste en hacer circular el fluido por todo el sistema, a una velocidad muy superior a la de su trabajo normal, creando una circulación de flujo turbulento. Para el *flushing* se debe aplicar el doble de velocidad de la velocidad normal de operación.

El procedimiento para realizar un *flushing* es el siguiente:

- Desconectar todos los actuadores, estos son: válvulas, bombas, filtros, entre otros., crear un circuito cerrado, uniendo los tubos de entrada y

salida. Si las instalaciones son muy grandes, es preferible dividir las instalaciones o sectorizar.

- Es necesario instalar la bomba especial para el *flushing*, no usar la bomba habitual del circuito, ya que se podría forzar y dañarse. La bomba instalada debe ser capaz de bombear el doble de caudal que el caudal de operación normal, para conseguir el doble de velocidad del flujo.
- Es importante instalar filtros que atrapen la suciedad que va liberando la tubería, los filtros se deben colocar en forma sucesiva de la siguiente manera: se lo coloca un primer filtro de 25 micras o más, en este van a quedar retenidas las partículas más grandes. Luego se coloca un segundo filtro de menos de 10 micras, se monta en el mismo lugar del filtro anterior. Por último se coloca un filtro entre 1 y 5 micras para atrapar las partículas de menor tamaño.
- Es conveniente disponer de una carcasa dúplex en la cual se puedan ir cambiando los filtros sin detener la circulación del fluido. Se debe colocar un medidor de presión antes y después del filtro, esto para detectar cuando el filtro empieza a taparse, el tiempo de circulación varía dependiendo de la suciedad del sistema y del tamaño de las instalaciones. Cuando el último filtro aparezca completamente limpio esto indicará que el proceso ha terminado.

Las bombas y actuadores que se desconectaron se deben limpiar por aparte. Para seleccionar el fluido utilizado para realizar el *flushing* hay dos opciones:

Utilizar aceites detergentes, estos facilitan la limpieza, el desprendimiento de partículas contaminantes, y aceleran todo el proceso. Aunque si se utiliza este aceite, será necesario realizar un segundo *flushing* para eliminar los restos del aceite detergente.

La segunda opción es utilizar el aceite de trabajo normal, esto es lo más recomendable, las partículas se desprenden por la turbulencia y no por agentes químicos.

Dentro de las consecuencias que puede tener trabajar solo con un mantenimiento correctivo se encuentran las siguientes:

- Detener el proceso de *flushing* debido a una falla.
- Pérdida de tiempo para encontrar y corregir la falla.
- No tener un *stock* de repuestos.
- Tener que comprar en otro país la pieza que falló.
- Perjudicar a la empresa contratista, atrasando su proceso productivo, entre otros.
- Incumplimiento del servicio, por ende emitir malas referencias de la empresa.

3.2.2. Preventivo

Este tipo de mantenimiento se utiliza para prevenir la falla, y evitar anomalías inesperadas que puedan ocasionar pérdidas monetarias a la empresa. En el mantenimiento preventivo se han desarrollado diversas formas de protección a la maquinaria utilizada en el método de limpieza *flushing*, algunas de estas son:

- Incorporar filtros: se realiza con el fin de limpiar el aceite utilizado y evitar que la maquinaria se pueda dañar por impurezas que este contenga.
- Sensores de temperatura: son utilizados para monitorear el rango de temperatura a la que se está realizando el método de limpieza *flushing*.
- Sensores de presión: para realizar el proceso de *flushing*, es de vital importancia conocer la presión a la que se está enviando el fluido; esta presión debe ser igual o levemente superior a la presión de trabajo de la maquinaria.
- Filtración externa: el proceso de filtración externa consiste en hacer pasar el aceite reutilizado por una serie de mallas o filtros encargados de retener impurezas que puedan dañar la maquinaria o el equipo utilizado.
- Monitoreo de vibraciones: se debe observar la vibración con la que trabaja la maquinaria normalmente, con el objetivo de prevenir un excedente de vibraciones durante la limpieza.
- Análisis del aceite utilizado: consiste en buscar partículas o impurezas dentro del aceite ya utilizado en el proceso *flushing* y así poder diagnosticar el estado interno de la maquinaria o la tubería, por donde circula el aceite encargado de realizar dicha limpieza.

Descripción de cómo hacer el mantenimiento del equipo:

- Bomba: se debe desarmar completamente la bomba, dar una limpieza a todas sus partes, cambiar rodamientos y sellos mecánicos, revisar conexiones eléctricas, cables, remover incrustaciones, limpiar corrosión y pintar áreas que lo necesiten.
- Filtros: lo recomendable para un filtro usado y sucio, es cambiarlo por uno nuevo, pero a veces el costo es muy elevado, entonces para estos casos

se debe limpiar cuidadosamente con aire y agua a presión, puede aplicarse algún detergente para facilitar la limpieza.

- Válvulas: actualmente no se fabrican válvulas a las que se les pueda dar un mantenimiento, la única opción es sustituirlas.
- Manómetros: para el mantenimiento de un manómetro se debe realizar: limpieza general, calibración del manómetro, pruebas de mediciones para comprobar su exactitud y precisión.
- Aceite: si el aceite es reutilizable, se debe filtrar para poder retirar impurezas, el aceite contaminado no se debe reutilizar, ya que puede dañar la maquinaria y el equipo, se recomienda trabajar con un aceite nuevo y que cumpla con las especificaciones necesarias.
- Deposito: la mayoría de depósitos tienen dos filtros localizados, uno en la entrada del fluido y el otro en la salida. Para brindar mantenimiento preventivo a estos depósitos se debe limpiar completamente el interior, limpiar los filtros o cambiarlos, revisar tuberías y mangueras.
- Mangueras: en el mantenimiento de las mangueras, debe observarse si el diámetro aumentó, ya que esto puede provocar que la manguera explote, causar daños y derrames del fluido; se debe reemplazar la manguera en mal estado.

Nota: lo más recomendable es utilizar el manual del fabricante de cada equipo para poder realizar un mantenimiento adecuado y así evitar posibles retrasos o daños durante el mantenimiento.

3.2.3. Correctivo

Se utiliza este mantenimiento cuando la falla ha surtido efecto, es decir, se emplea para corregir un inconveniente, con este tipo de mantenimiento

difícilmente se conoce la falla que se pueda dar, simplemente se busca la falla, se cambia la pieza y se continua trabajando.

No es recomendable este tipo de mantenimiento, debido a que puede ocasionar problemas como retrasos en el servicio por el fallo de piezas sumamente importantes y de las cuales no se tiene en el *stock* de repuestos.

A continuación, se presenta una tabla con los problemas más comunes que puede tener el equipo utilizado en limpieza *flushing*.

Tabla VII. **Fallas en bombas**

Anomalía	Posible causa
La bomba no genera ningún flujo y no tiene presión.	Eje quebrado, la bomba no fue cebada. (Las bombas centrifugas son las únicas que se deben cebar).
La bomba genera presión pero sin generar fluido.	Aire en bomba o tubería, la línea de succión esta obstruida y no permite el paso del fluido, válvulas atascadas, filtros tapados, tubería achatada, velocidad del motor muy baja.
La bomba desarrolló poco flujo.	Entra aire al sistema, baja velocidad del motor, la presión máxima de la bomba no es baja, instrumentos mal calibrados o mal instalados, pérdida de fluido a través de la tubería, empaques y sellos, viscosidad del fluido muy alta, válvulas atascadas, obstrucción en la succión del fluido, filtros sucios, nivel del depósito muy bajo, mala instalación de la bomba.

Continuación de la tabla VII.

<p>Exceso en la potencia de la bomba</p>	<p>Alta velocidad del motor, viscosidad del líquido aumentada, la densidad del fluido no es la indicada para la bomba, rodamientos defectuosos, sellos mal instalados, exceso de lubricante en rodamientos, eje torcido, instrumentos de medición estropeados o mal calibrados.</p>
<p>La bomba no trabaja bien y todo en el sistema parece normal.</p>	<p>Instrumentos de medición dañados, mal instalados, o mal calibrados. Tubería tapada o atascada. Conexión eléctrica mal instalada o sucia.</p>
<p>El desempeño de la bomba disminuye a corto tiempo después del encendido.</p>	<p>Entra aire en el sistema.</p>
<p>Vibración en la bomba.</p>	<p>Ejes desalineados (motor y bomba). Rozamiento. Entra aire en la bomba. Filtro tapado. La Velocidad de operación es crítica. La Superficie de apoyo de la bomba no es uniforme.</p>
<p>Los rodamiento se dañan muy rápido</p>	<p>Elementos rotativos no balanceados, exceso en la carga axial, ejes torcidos, rodamientos mal instalados, excesiva grasa en los rodamientos, contaminación del lubricante del rodamiento.</p>

Fuente: elaboración propia.

Filtros: son desechables, se deben cambiar cada cierto tiempo o verificar la suciedad que estos tengan y reemplazarse inmediatamente si estuvieran demasiado sucios.

Válvulas: se fabrican de manera que no se les puede cambiar ninguna pieza, solo se deben reemplazar si ocurre una falla.

Manómetros: se deben tener en constante observación, si estos dan una mala referencia, deben ser calibrados o reemplazados inmediatamente.

Depósito: puede presentar fugas, la solución inmediata sería limpiar y soldar el depósito para evitar la fuga, o se puede sellar la fuga con algún material indicado para este uso.

Mangueras: solo pueden ser reemplazadas independientemente del tipo de falla.

Aceite: el aceite con excesiva impureza debe ser reemplazado por un aceite nuevo. Se puede tener un aceite con poca suciedad, este solo debe ser filtrado.

3.3. Estudio económico

Con el estudio técnico se determina el monto de los recursos financieros que se necesitan para realizar la implementación del servicio de limpieza *flushing*.

En el estudio económico para este método de limpieza, se deben tomar en cuenta los siguientes costos:

- Costos de producción: de materia prima, de mano de obra directa e indirecta, combustibles y transporte, de mantenimiento, depreciaciones y amortizaciones, costos para evitar la contaminación, entre otros.
- Costos de administración: AMS es una empresa pequeña, entonces solo incurren los siguientes costos: sueldos del gerente y supervisores.
- Costos de ventas: en estos costos se toman en cuenta las llamadas telefónicas, visitas a empresas, presupuestos, entre otros.
- Costos financieros: son los intereses o ganancias que el dueño espera.
- Inversión total inicial: incurren toda la maquinaria, equipo y personal que se necesita para comenzar con el proyecto.

3.3.1. Planilla

Para poder ejecutar este método de limpieza es necesario tener dos empleados, que serán los encargados de instalar el equipo, ponerlo en marcha y velar porque todo el proceso se realice con las medidas de seguridad necesarias.

Tabla VIII. **Costo de mano de obra directa**

Personal	Cantidad	Sueldo Mensual	Sueldo/Año
Operarios	2	Q. 3 000,00	Q 72 000,00
Prestaciones		35 %	Q 25 200,00
Total			Q 97 200,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Materia prima

Los principales costos en materia prima son aceites y filtros, esto es lo que más se usará durante el servicio de limpieza *flushing*, existen otros costos que se detallan a continuación:

Las cotizaciones son realizadas para una instalación con tuberías de 0,5 pulgadas de diámetro y aceite lubricante ISO 32 marca Shell.

3.3.2.1. Aceites

El aceite utilizado es el Shell ISO 32, este se tomó como ejemplo, ya que es el más común que utiliza la maquinaria industrial en Guatemala. Los aditivos detergentes son de muy poca utilización, aunque pueden ser aplicados si se necesita.

Tabla IX. Costos en aceites lubricantes

Concepto	Costo (quetzales)
Aceite Shell ISO 32 (1 tonel).	5 960,00
Aditivo detergente (1 gal)	720,00
Total	7 760,00

Fuente: Distribuidora San Jerónimo, S. A.

3.3.2.2. Filtros

Para este tipo de velocidad de flujo y diámetro de la tubería, se recomienda utilizar filtros son de 10, 20, 40 micras.

Tabla X. **Costos en filtros**

Concepto	Costo (quetzales)
1 filtros 10 micras.	3 100,00
1 filtros 20 micras.	1 800,00
1 filtros 40 micras.	1 200,00
Total	6 100,00

Fuente: Llamasa.

3.3.2.3. **Materia extra**

El material extra no se toma en cuenta en la mayoría de costos, pero representa un costo importante y significativo para los cálculos realizado en el servicio de *flushing*.

Tabla XI. **Material extra**

Concepto	Costo (quetzales)
<i>Wipe</i> , aserrín, limpiadores, entre otros.	300,00
Detergentes, jabones, entre otros.	350,00
Total	650,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. **Insumos**

Los costos en insumos son costos que ocurren al inicio de cada mantenimiento, esto se debe a que cada maquinaria varía en su estructura, y es necesario comprar la herramienta adecuada.

Tabla XII. **Costos en insumos**

Concepto	Costo (quetzales)
Herramienta extra.	1 500,00
Alimentación del personal, entre otros.	800,00
Total	1 300,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.4. Costos del servicio

El servicio de limpieza *flushing*, engloba varios costos, los principales son de materia prima, mano de obra, transporte, entre otros.

A continuación se desglosa cada costo con el objetivo de dar a conocer algunos que pueden no tomarse en cuenta, pero que son muy importantes:

3.3.4.1. Costos de materia prima

La materia prima es necesaria para completar un trabajo, la cantidad de la misma varía, dependiendo el tamaño de la instalación a la cual se le pretende realizar el servicio de mantenimiento y limpieza utilizando el método de *flushing*.

Estos costos se presentan tomando un servicio como ejemplo y un tamaño de instalación promedio.

Tabla XIII. **Costos de materia prima**

Concepto	Costo (quetzales)
Filtros, material extra	12 000,00
Aceites	7 760,00
Total	19 860,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.4.2. **Costos de mano de obra**

El costo de mano de obra se calcula tomando en cuenta la duración promedio de un servicio.

Tabla XIV. **Costos de mano de obra por servicio**

Concepto	Costo (quetzales)
1 servicio (6 servicios/mes)	1 000,00
Total	1 000,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.4.3. **Costos de transporte**

Estos fueron evaluados para servicios realizados dentro de la ciudad capital.

Tabla XV. **Costos de transporte**

Concepto	Costo (quetzales)
Consumo de gasolina promedio por servicio.	900,00
Total	900,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.4.4. Otros costos

El equipo para protección del personal es necesario en cada trabajo realizado.

Tabla XVI. **Otros costos**

Concepto	Costo (quetzales)
Equipo de protección	2 500,00
Equipo de limpieza	800,00
Total	3 300,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.5. Equipo

Con un diámetro de tubería de 0,5 pulgadas, para que se dé un flujo turbulento se necesita un número de Reynolds mayor a 4 000, entonces si se utiliza aceite ISO 32, se necesita una bomba de engranajes de 1 500 psi con una velocidad del flujo de 2-3 galones/min.

Tabla XVII. **Costo del equipo**

Concepto	Costo (quetzales)
Bomba, mangueras.	9 570,00
Depósito, válvulas, entre otros.	3 800,00
Total	13 370,00

Fuente: Sintec.

3.3.6. Costos del mantenimiento

El mantenimiento del equipo se realizará después de cada servicio, esto con el objetivo de prolongar la vida útil del equipo.

Tabla XVIII. **Costos del mantenimiento por servicio**

Concepto	Costo (quetzales)
Mantenimiento del equipo.	100,00
Mantenimiento del vehículo.	50,00
Total	150,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.6.1. Costos en mantenimiento preventivo

Estos sirven para prolongar la vida útil del equipo, y anticiparse a fallas inesperadas en los componentes del equipo.

Tabla XIX. **Costos del mantenimiento preventivo**

Concepto	Costo (quetzales)
Limpieza del equipo.	75,00
Lubricación del equipo.	125,00
Total	200,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Depreciación del equipo**

Concepto	Costo (quetzales)	Depreciación 10 % anual (quetzales).
Bomba, mangueras.	9 570,00	957,00
Depósito, válvulas.	3 800,00	380,00
Total		1 337,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.6.2. Costos de mantenimiento correctivo

Para estos costos se tomo en cuenta las fallas inesperadas de componentes más propensos.

Tabla XXI. **Costos del mantenimiento correctivo**

Concepto	Costo (quetzales)
Equipo	800,00
Total	800,00

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Plan de acción

Para la implementación de un plan de acción del servicio de limpieza por el método de *flushing*, es necesario tomar en cuenta todos los factores que influyen en dicha implementación.

Los principales factores a tomar en cuenta son los siguientes:

Elaborar un plan paso a paso: es necesaria la elaboración de un plan para tener un orden claro de cómo se va desarrollando la implementación del servicio de limpieza *flushing*.

Cantidad de involucrados: se deben seleccionar con mucho detalle, elegir personal comprometido y con características de liderazgo, responsabilidad, compromiso, entre otros.

Tiempo estimado para la implementación: el tiempo que dure la implementación dependerá de cómo se trabaje el plan elaborado, se recomienda no apresurar el desarrollo del mismo, trabajar con solidez y seguridad es lo ideal para una buena implementación.

Equipo necesario: el encargado de tomar las decisiones del tipo de equipo que se debe comprar es el dueño y gerente de la empresa, dependerá de cuánto dinero desea invertir y el uso que se le dé al equipo.

En la elaboración de dicho plan de acción, se trabaja con bases que la empresa AMS ya tiene, es decir se tienen empresas a las cuales se les presta otro tipo de servicios y se pretende trabajar con estas empresas.

4.1.1. Descripción del plan

El objetivo principal del plan de implementación es lograr con éxito la acción física de la propuesta del servicio, en este caso la propuesta es poner en funcionamiento el método de limpieza *flushing*.

Lo que se pretende es ofrecer un nuevo servicio a las empresas con las que trabaja AMS, es decir: si se presta un servicio de instalación de tubería industrial, se aprovecha dicha oportunidad para ofrecer el servicio de limpieza *flushing* y así englobar ambos servicios en un solo costo para que la empresa no tenga la necesidad de contratar a otra empresa para que limpie la tubería instalada.

Propósito de la propuesta: ofrecer un servicio complementario a los que ya tiene AMS, con esto se pretende cubrir todos los servicios de instalación para maquinaria industrial, es decir AMS podrá ofrecer todos los servicios necesarios, desde un proyecto de instalación, hasta dejar la maquinaria en funcionamiento pleno.

Involucrados: para la implementación de dicho servicio son los siguientes: gerente general, subgerente general, supervisor de seguridad industrial, supervisor de instalaciones y mantenimiento, supervisor de soldadura, soldadores y personal de mantenimiento.

Delimitación de tiempo: el tiempo necesario para la implementación del servicio de limpieza *flushing*, lo delimita la compra de la maquinaria y equipo, es necesario comprar algunas máquinas en otro país y esto se tarda algunos meses, aproximadamente el tiempo será de 3 meses.

Delimitación de recursos: son la materia prima y el recurso humano, para poner en marcha dicho proyecto solo se comprará el equipo necesario para un servicio, es decir no se podrán hacer servicio en paralelo, con los servicios correctamente planeados no se tendrán necesidades insatisfechas para las empresas que solicitan un servicio de instalación o mantenimiento.

Resultados deseados: el indicador de un resultado satisfactorio será una buena implementación y funcionamiento adecuado de la maquinaria a la cual se efectuó la limpieza, los resultados podrán obtenerse en el primer servicio que se preste. Después de este servicio se analizarán los resultados y se mejorarán las actividades no satisfechas.

4.1.2. Tiempo estimado para la implementación

Se considera un tiempo de tres meses para la implementación, previo a la implementación se debe capacitar al personal para la operación de la maquinaria utilizada en este método, teniendo todo el equipo y la maquinaria necesaria y el personal capacitado; se bosqueja un plan de cómo se realizará el proceso para aplicar dicho método de limpieza.

Para tener una estimación confiable del tiempo empleado y poder monitorear el desarrollo de cada etapa, se presenta un cronograma de actividades para los tres meses que tarda la implementación del servicio de limpieza *flushing*.

A continuación se presenta detalladamente la descripción de cada etapa programada en el cronograma de actividades:

- Se pretende que la implementación del servicio de limpieza *flushing* dure tres meses, se iniciará reuniendo al gerente general, subgerente, supervisor de mantenimiento y supervisor de seguridad industrial. En esta reunión se deben nombrar a los encargados del proyecto y asignación de responsabilidades a cada uno.
- Después de haber seleccionado a los encargados para la implementación de dicho servicio, se hace entrega del cronograma de actividades, para que cada integrante tome la responsabilidad que le corresponde, también se elige a un supervisor y dos empleados que serán capacitados para la utilización del equipo y maquinaria.
- La empresa AMS se pondrá de acuerdo con otra empresa encargada de proveer la maquinaria, equipo y la capacitación necesaria para su utilización.
- Toda la información de la planeación será entregada al dueño de la empresa para que pueda supervisar cada etapa de la implementación.
- Calendarizar reuniones periódicas para discutir el avance en la implementación del servicio; en estas juntas se pueden hacer correcciones y buscar soluciones a problemas no considerados o que en la planeación no se tomaron en cuenta.

4.2. Implementación del plan

Para la implementación del plan se necesita el equipo y maquinaria, personas encargadas de llevar a cabo la implementación, capacitaciones de funcionamiento de la maquinaria y seguridad industrial.

4.3. Equipo para implementar el servicio

El equipo necesario para implementar el servicio de limpieza *flushing* es el siguiente:

- Válvula de control: su función principal es controlar el paso del flujo, variando su volumen y velocidad, según los requerimientos de la instalación que se esté trabajando.
- Válvula de alivio: cuando en el sistema se genere una sobrepresión que puede causar daños a la tubería y maquinaria, la válvula de alivio se abre liberando dicha presión excesiva.
- Bomba: es el componente principal y el más importante para lograr una limpieza requerida, la bomba es la encargada de mandar el fluido a una velocidad que genere turbulencia del mismo, esta velocidad depende también del diámetro de la tuberías que se esté trabajando.
- Depósito: este debe contener un volumen superior al 20 % del volumen con el que trabaja el sistema cuando está operando de una manera normal.

- Mangueras: estas varían en diámetro, ya que su resistencia a la turbulencia y presión generada en el sistema dependerá del tipo de material que se hallan fabricado.
- Filtros: son los encargados de retener las impurezas del fluido, el diámetro de las impurezas y cantidad de la misma son tomados en cuenta para seleccionar el tipo de filtro.

4.3.1. Selección del equipo

La selección del equipo se hará con la ayuda de una empresa que ofrece el servicio de limpieza *flushing*, se debe tener mucha precaución para seleccionar el equipo debido a que este punto depende el éxito del servicio.

En todos los equipos se debe tomar en cuenta la garantía que da el proveedor, la calidad del equipo, el precio, un costo bajo en mantenimiento, entre otros.

El equipo más costoso es la bomba hidráulica, se debe tener una bomba para cada instalación. La elección de la bomba dependerá de la velocidad del flujo, ya que para que produzca un flujo turbulento se necesita cierta velocidad del flujo.

4.3.2. Características del equipo necesario

- Bomba

Las características de la bomba utilizada para la realización del servicio de limpieza *flushing* son las siguientes:

- Flujos mayores a la velocidad normal de la instalación a la cual se le pretende realizar el servicio.
- Presión de trabajo máximo 40 bar.
- Potencia hasta 150-200 hp.
- Reynolds sobre 3000 con flujo turbulento, para garantizar un correcto *flushing*.
- Fácil de operar.
- Bajos costos de mantenimiento.
- Compactos en diseño.
- Libre de mantenimiento.
- Accionamiento automático.
- Tipo de garantía.

Figura 36. **Bomba hidráulica**



Fuente: Fundación de Energía de Madrid, España. www.renovebombaseficientes.com.

Consulta: 2 de diciembre de 2015.

- Depósito

- Hecho de acero inoxidable
- Fácil instalación
- Almacenaje mínimo
- Fácil de drenar
- Liviano
- Filtrado incorporado

Figura 37. Depósito para aceite



Fuente: GIRÓN ROBLES, Sergio. www.directindustry.es. Consulta: 2 de diciembre de 2015.

- Mangueras
 - Alta flexibilidad
 - Resistentes a presiones altas
 - Resistentes a la temperatura
 - Fácil instalación
 - Sellados herméticos
 - Resistentes a la turbulencia
 - Libre de incrustaciones

- Interior deslizante
- Fácil de maniobrar
- Peso liviano
- Poco grosor
- Sección uniforme

Figura 38. **Manguera hidráulica**



Fuente: Industrias químicas. www.quiminet.com. Consulta: 3 de diciembre de 2015.

- **Filtros**
 - Retención de sólido 1 kg
 - Filtrado de 1 micra
 - Lavables
 - Reutilizables

Figura 39. **Filtro de metal**



Fuente: Central de filtros en Argentina. www.centraldelfiltro.com.ar. Consulta: 3 de diciembre de 2015.

- Válvulas de control
 - Fáciles de accionar
 - Inoxidables
 - Libres de mantenimiento
 - Fáciles de cambiar
 - Variación de presión
 - Variación de velocidad
 - Variación de flujo

Figura 40. **Válvula de control**



Fuente: Salinas Instrumentación y Automatización S. A. www.mexicosiasa.com. Consulta: 4 de diciembre de 2015.

- Válvula de alivio
 - Sensible a la sobrepresión
 - Accionamiento rápido
 - Drenado libre sin obstrucciones

Figura 41. **Válvula de alivio**



Fuente: Distrivalvulas Colombia. www.distrivalvulas.com. Consulta 3 de diciembre de 2015.

4.4. Entidades responsables

Para la implementación del servicio de limpieza *flushing*, las partes involucrados son las siguientes:

- Gerencia: es la entidad de mayor responsabilidad y la encargada de velar porque el servicio de limpieza *flushing* sea implementado con éxito. Más adelante se hará un mayor énfasis en esta entidad, resaltando lo que debe hacer para implementar dicho servicio.
- Subgerente: es el encargado de organizar y asignar tareas a las demás partes involucradas, también debe coordinar las capacitaciones, las compras de materia prima, maquinaria y equipo, entre otros.

- Supervisor de seguridad industrial: su principal objetivo es velar por la seguridad y minimizar los riesgos laborales del empleado, debe conocer el funcionamiento, las temperaturas de trabajo, presiones, toxicidad de la materia prima, riesgos durante la operación y la instalación, entre otros.
- Supervisor de instalaciones y mantenimiento: En AMS, él tiene un amplio conocimiento en esta rama, su principal tarea es conocer la instalación y el funcionamiento del servicio de limpieza *flushing*, debe comprobar el aprendizaje de cada uno de los seleccionados y encargados de trabajar directamente con la maquinaria y el equipo.
- Personal de instalaciones y mantenimiento: dentro de los involucrados, son los más importantes, ya que ellos estarán en contacto directo con la implementación del servicio, de este personal depende, en su mayoría, el éxito de la implementación. Este personal es el encargado de operar la maquinaria y brindar el servicio directamente.

4.4.1. Gerencia

El gerente o dueño de la empresa AMS recibirá toda la información necesaria para poder implementar el servicio de limpieza *flushing*, con esta información y con el apoyo del proveedor de dicho servicio, queda a criterio del dueño si se lleva o no a cabo la implementación de este servicio de limpieza.

El gerente de la empresa AMS es el encargado de tomar las decisiones importantes sobre la implementación del servicio de limpieza *flushing*, también él elige el equipo de trabajo, ya que es el más indicado porque conoce muy bien a sus empleados.

4.4.2. Producción o servicio

Se pretende que la implementación del servicio de limpieza *flushing*, sea un complemento al resto de servicio que ya presta AMS, se posee una buena cantidad de clientes con los cuales se puede iniciar la implementación del servicio. AMS es una empresa conocida y consolidada en el mercado nacional, su principal característica es la calidad de sus servicios, se espera que el servicio de limpieza *flushing* no se aleje de esta característica.

El servicio de limpieza *flushing* tiene como finalidad obtener una tubería libre de impurezas, facilitando el paso del líquido a través de la misma.

4.5. Análisis del plan

En la planeación de la implementación se tomaron en cuenta la mayoría de factores que pueden incidir en el resultado del mismo, pero se recomienda realizar un análisis más profundo y darle seguimiento a la implementación.

Uno de los factores más importantes es el precio de la maquinaria y equipo, con el objetivo de tener diferentes opciones de compra a proveedores distintos, se realizaron cotizaciones en empresas como Llamasa, Sintec, Multiválvulas, entre otros.

4.5.1. Interpretación

La interpretación de los resultados en la implementación, se puede observar en el primer servicio, para medir e interpretar los resultados, se debe tomar en cuenta el tiempo en el que se hizo el servicio, la calidad del mismo y la satisfacción del cliente.

El tiempo en el que se realiza un servicio de limpieza, lo determina el tamaño de la instalación, se debe cumplir con lo estipulado para finalizar un servicio.

4.5.2. Aplicación

La aplicación del plan para la implementación se debe realizar siguiendo los siguientes pasos:

- Realizar una reunión para nombrar a los involucrados y asignar las tareas que se deben llevar a cabo. Los responsables de cada tarea quedan a elección del gerente general.
- Se asignará un supervisor para cada área; capacitaciones, instalaciones, compras y mantenimiento. A cada uno se le darán instrucciones de lo que se necesita que haga para llevar a cabo la implementación del servicio de limpieza *flushing*.
- Coordinar las compras de la maquinaria y equipo.
- Capacitación de los involucrados en la instalación.
- Capacitación del supervisor de seguridad industrial.
- El gerente es el encargado de ofrecer el servicio a las empresas con las que se trabaja.

4.5.3. Maquinaria

La maquinaria utilizada para la implementación de servicio de limpieza *flushing* la proveerá una empresa conocida por el gerente de AMS, no ha sido permitido difundir la información de la empresa.

El gerente de AMS es el responsable de tomar la decisión de la implementación del servicio, el tipo de maquinaria que desea tener en dicho servicio y los precios que desea pagar; en este documento solo se da la información necesaria para poder realizar una buena elección, teniendo la base de los conocimientos necesarios para poder implementar este servicio.

4.5.4. Materia prima

Para el servicio de limpieza *flushing*, la materia prima utilizada será la siguiente:

- Aceite.
- Filtros: son los encargados de limpiar y retener las impurezas del aceite.
- *Wipe* o trapo para limpieza: son utilizados para limpiar piezas de las instalaciones para facilitar y diferentes partes que tengan suciedad.
- Aserrín: principalmente se utiliza para limpiar los derrames de aceite.
- Desengrasantes: son utilizados como limpiadores de grasa y aceite, los desengrasantes dejan una superficie limpia y libre de grasa.

4.5.5. Desechos

Para reducir el trabajo y minimizar costos; si la empresa contratista tiene un programa adecuado para el manejo de este tipo de desechos, se pretende responsabilizarla de los mismos.

Si la empresa no cuenta con un programa para manejar dichos desechos, AMS se encargará de entregar estos desechos a empresas encargadas de reciclar y dar el manejo adecuado.

Figura 42. **Desecho de aceite industrial**



Fuente: CALVO, Eden. www.baradero.com. Consulta: 3 de diciembre de 2015.

4.5.6. Mano de obra

La mano de obra se divide en directa e indirecta. La indirecta es la encargada de la programación para la implementación del plan, encargados de cotizaciones, capacitaciones, entre otros. La mano de obra indirecta será el gerente de la empresa y supervisores, toda persona que no tenga un contacto directo con el servicio de limpieza *flushing*.

La mano de obra directa son los empleados encargados de realizar el servicio, para este servicio se necesitarán 4 empleados, que serán seleccionados acorde a sus capacidades y experiencias, esto lo decide el gerente de AMS y los supervisores.

4.5.7. Equipo necesario

El equipo necesario para poder realizar el servicio de limpieza *flushing* es el siguiente:

- Máquina para soldar
- Lentes para soldar
- Pulidora
- Lentes para pulir
- Cascos de protección
- Botas con punta de acero
- Guantes de cuero
- Esmeriladora
- Barreno
- Sierras
- Herramientas para mecánica
- Gabacha de cuero o bata
- Soldadura autógena

En este equipo no se da una inversión económica, ya que AMS tiene todo lo necesario para trabajar en mantenimiento.

4.5.8. Ventajas

Con la implementación del servicio de limpieza *flushing*, la empresa tiene las siguientes ventajas:

- Mayor confiabilidad de los clientes
- Obtener nuevos clientes
- Aumentar la ganancia en mantenimiento
- Proporcionar un servicio de mantenimiento completo
- Aumentar sus servicios de mantenimiento

- Evitar contrataciones a terceros

4.5.9. Desventajas

En el servicio de mantenimiento de limpieza *flushing*, las desventajas encontradas son las siguientes:

- Se generan más gastos en capacitaciones
- Pagar más salarios
- Invertir más tiempo
- Desembolso de efectivo
- Riesgos de una mala implementación
- Mayor responsabilidad en el mantenimiento
- Gastos en compra de maquinaria y equipo
- Realizar más gestiones de servicios

4.6. Implementación del servicio

Para la implementación del servicio de limpieza *flushing*, se debe considerar la implementación física basándose en los trabajos realizados en empresas que prestan dicho servicio.

También tomar en cuenta que al finalizarse la implementación, se evaluará, con el objetivo de indagar mejoras y evitar problemas que hayan sucedido.

4.6.1. Implementación física del servicio

Para la implementación física se debe esperar a que una empresa solicite el servicio, puede considerarse otorgar un precio menor a las primeras empresas, es posible que el servicio no sea de la calidad que se espera, pero se harán mejoras para aumentar la calidad.

En el primer servicio prestado, los supervisores deben estar presentes en la ejecución de dicho trabajo, esto se hace para garantizar que la implementación no tendrá fallas inesperadas, provocadas por descuidos o falta de atención de los empleados que ejecutan dicho servicio.

4.6.2. Evaluación de la implementación

Consiste en comparar lo obtenido con lo planeado, es decir, se tomarán en cuenta los factores como tiempo en el que se realizó, calidad del servicio, aceite derramado, funcionamiento previo y después de la maquinaria, satisfacción del cliente.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA

5.1. Evaluación de la implementación

Para evaluar la implementación del servicio de limpieza *flushing* se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- **Funcionamiento del servicio:** lo primero a evaluar luego de implementar el servicio es el funcionamiento correcto del mismo, esto significa que lo programado sea cumplido. Después de evaluar el funcionamiento de dicho servicio se debe tomar en cuenta una serie de factores que podrían mejorar el funcionamiento del servicio, el manejo de desechos, el tiempo del servicio, la operación de la maquinaria, entre otros.
- **Resultados:** los primeros resultados no serán de satisfacción y con la mejora continua se pretende mejorar el servicio, se debe estar en constante investigación para conocer la nueva tecnología con la que están trabajando las grandes empresas a nivel mundial, generándose una perspectiva de mejoras en AMS; según la inversión económica lo permita.
- **Satisfacción del cliente:** esto es muy importante para el crecimiento del servicio, cuando un cliente queda satisfecho, este volverá a contratar al servicio. Se recomienda darle un seguimiento al funcionamiento de la maquinaria a la cual se le aplicó el servicio de limpieza *flushing*, esto para garantizar el conocimiento de AMS sobre sí el servicio realizado fue con la calidad suficiente para satisfacer las expectativas que tenía el cliente.

- Fallos ocurridos: en el desarrollo de cualquier proyecto siempre ocurrirán fallos inesperados, algunos por factores no considerados, datos mal calculados, entre otros. Se recomienda tomar en cuenta y prestar la suficiente atención para evitar que estos fallos vuelvan a recurrir en futuras implementaciones.

5.2. Estadísticas

Es muy importante utilizar en cualquier situación la comparación de parámetros, para realizar dicha comparación de parámetros se deben tener datos o evaluaciones precedentes con las cuales puedan compararse los datos obtenidos después de una mejora. Se recomienda dejar todos estos datos anotados, explicando por qué se hizo la mejora y los resultados que se obtuvieron, para así poder tener datos históricos que se utilizarán en la mejora continua.

Los aspectos o parámetros a comparar son los siguientes:

- Número de operarios asignados antes de implementar la propuesta contra operarios asignados al haber implementado la propuesta.
- Tiempo en el que se realizó el servicio.
- Calidad de la limpieza realizada.
- Residuo de materiales.
- Funcionamiento de la maquinaria después de la limpieza.
- Reducción en los costos y precios del servicio.
- Aumento en la satisfacción del cliente.
- Manejo de desechos.

5.3. Relación beneficio-costo

Una alternativa de evaluar económicamente un proyecto de inversión, es utilizando el método del beneficio-costo, este consiste en dividir todos los beneficios del proyecto sobre todos los costos económicos que este obtenga.

Es una técnica usada para evaluar programas o proyectos de inversión, esta herramienta consiste en comparar los costos con los beneficios asociados a la realización del servicio de limpieza *flushing*.

La técnica de análisis de costo/beneficio, tiene como principal objetivo proporcionar una medida de la rentabilidad del servicio de limpieza, la utilidad de dicha técnica es la siguiente:

- Valorar la oportunidad y necesidad de realizar el servicio de limpieza.
- Seleccionar la alternativa más beneficiosa.
- Estimar los recursos económicos necesarios para la implementación del servicio de limpieza.

$$\text{Relación beneficio/costo} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{costo}}$$

Beneficio: cantidad en quetzales de todos los beneficios económicos.

Costo: cantidad en quetzales de todos los costos económicos.

Interpretación de los resultados

$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = 1$ Si la relación da como resultado un 1, esto significa que el proyecto no genera ninguna rentabilidad ni pérdida.

$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} > 1$ Si la relación da como resultado un número mayor a 1, esto significa que la empresa está obteniendo ganancias.

$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} < 1$ Si el resultado obtenido es menor a 1, esto significa que el servicio está generando pérdidas económicas, se debe analizar la estructura del servicio buscando disminuir los costos o aumentar el precio del servicio de limpieza.

Ejemplo: el costo por servicio para instalaciones medianas se encontró cotizando en LLamasa, que es la única empresa que hace el tipo de servicios de limpieza por *flushing* en Guatemala.

Beneficio estimado por servicio= Q25 000,00

Costo estimado por servicio= Q16 060,00

$$\text{Relacion beneficio/costo} = \frac{25\ 000}{16\ 060} = 1,556$$

La rentabilidad del servicio es muy buena, aunque a esta ganancia se le debe restar un porcentaje para recuperar el dinero invertido inicialmente. El aceite ISO 32 puede reutilizarse por aproximadamente 10 servicios.

5.4. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos se deberán analizar y previamente ser divididos de la siguiente manera:

- Tiempo del servicio: es el tiempo necesario para ejecutar el servicio de limpieza.
- Fallas en el servicio: durante la ejecución del servicio de limpieza, pueden producirse varias fallas en tuberías o en otras partes del sistema.
- Equipo y herramienta que faltó: cuando se trabaja en una instalación, esta tiene tornillos o tuercas, que para ser desarmados se necesitan herramientas especiales.
- Manipulación de desechos: es muy importante el manejo de desechos, ya que con esto se evita contaminar los ríos y el suelo.
- Materia prima utilizada: la cantidad de materia prima que se compró antes de la ejecución de la limpieza fue la cantidad que se utilizó, analizar que no se haya comprado excesos de materia prima.
- Funcionamiento de la maquinaria postservicio.
- Satisfacción del cliente: dar seguimiento al funcionamiento de la maquinaria a la que se le realizó el servicio, esto indica la satisfacción que se generó en la empresa que contrata el servicio.

5.4.1. Interpretación

Tiempo del servicio: se debe comparar el tiempo del servicio real con el planeado, analizar los factores necesarios para así poder disminuir el tiempo.

Fallas en el servicio: las posibles fallas que pueden ocurrir son: tuberías rotas, demasiada suciedad que dificulta el proceso de limpieza, falta de filtros, fallas en válvulas, entre otros. Este tipo de fallas se deben anotar, analizar sus causas y evitar que vuelvan a suceder.

Equipo y herramienta que faltó: la solución a este problema es simple, se debe inspeccionar la maquinaria antes, para conocer si se tiene la herramienta y equipo adecuado para prestar dicho servicio. Se recomienda llevar filtros extras y válvulas para fallas inesperadas.

Manipulación de desechos: esto es sencillo, el principal desecho es el aceite. Para manipular este desecho, hay que contactar a una empresa encargada de reciclar el aceite, hay varias en el país para realizar este tipo de trabajo, el aceite se debe acumular en recipientes y entregarlo a la empresa que se encarga de su manipulación.

Materia prima utilizada: tomar en cuenta la cantidad de filtros utilizados, y los galones de aceite que se utilizan por servicio, nunca se sabrá con exactitud, ya que esto depende del grado de suciedad que tenga la maquinaria a la cual se le realiza el servicio de limpieza.

Funcionamiento de la maquinaria postservicio: analizar el funcionamiento de la maquinaria después de realizar el servicio, tener controles de presión, temperatura, vibraciones y observar que el trabajo que realiza dicha maquinaria sea el esperado o adecuado.

Satisfacción del cliente: tomar en cuenta dos factores importantes; el tiempo en el que se realizó el servicio y el funcionamiento de la maquinaria después de la limpieza. Es indispensable dar seguimiento a dicho funcionamiento, realizando

llamadas cada cierto tiempo para conocer si el cliente quedó satisfecho con el trabajo realizado.

5.4.2. Aplicación

Cada resultado obtenido se deberá analizar con el objetivo de buscar una mejora para implementar en futuros servicios. Por ejemplo; si la maquinaria que se desea limpiar tiene mucha suciedad, es recomendable hacer la primera limpieza sin utilizar los filtros, y desechar este aceite.

También puede analizarse la superficie de la tubería para comprobar su estado, observar oxidación, con el objetivo de poder comprobar si esta soporta la presión necesaria con la que se realiza el servicio de limpieza.

5.4.3. Alcance

El alcance de los resultados obtenidos será directamente proporcional al grado de satisfacción del cliente, es decir, si se obtuvo un exceso en las fallas o problemas inesperados que afectaron el funcionamiento de la maquinaria, esto ocasiona consecuencias graves problemas en la empresa que contrató el servicio y en AMS.

Se analiza el alcance de cada resultado y corregir los no satisfactorios.

5.5. Ventajas y beneficios

Los principales beneficios que se espera obtener con este nuevo servicio son:

- Aumento en la demanda por servicios prestados en AMS
- Obtener mayores ingresos económicos
- Consolidar a AMS en las empresas que contratan sus servicios
- Tener personal mejor capacitado
- Aumentar la oferta por parte de AMS

5.6. Acciones correctivas

Es de gran importancia corregir los problemas o las fallas, durante los servicios de limpieza *flushing*, se prevé que ocurran diferentes tipos de problemas, a los cuales se tendrá una acción correctiva individualmente.

Las probables fallas o problemas que se puedan dar son las siguientes:

Tuberías rotas: esto se puede dar por un exceso de presión en el sistema o porque las condiciones de la tubería no son las adecuadas, es decir, que la tubería se encuentra en mal estado.

Figura 43. **Tuberías rotas**



Fuente: BAUTISTA, Alejandro. www.plomeriabauan.weebly.com. Consulta: 5 de diciembre de 2015.

Excesiva presión: puede provocar diferentes fallas en el sistema, desde problemas de funcionamiento de la maquinaria hasta romper las tuberías o ductos de la misma.

Figura 44. **Lectura de exceso de presión**



Fuente: ESTEBENS, Gloria. www.bellissimi-mobili.blogspot.com. Consulta: 5 de diciembre de 2015.

Baja presión: puede ocasionar una mala limpieza en la tubería, provocando atrasos en el tiempo de servicio y mala calidad del mismo.

Figura 45. **Manómetro registrando baja presión**



Fuente: FERGUTZON, Richards. www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu. Consulta: 7 de diciembre de 2015.

- Baja densidad del aceite: puede ocasionar una limpieza muy mala, la densidad debe ser compatible con la densidad del fluido de trabajo.
- Filtros insuficientes: cuando se está ejecutando el servicio de limpieza *flushing* se debe tener suficientes filtros para que puedan atrapar las impurezas que el aceite va desprendiendo del sistema.
- Excesivo tiempo de ejecución del servicio: esto puede ser ocasionado por fallas o problemas inesperados, o una mala planeación de la ejecución del servicio.
- Mal accionamiento de las válvulas.

5.7. Propuestas de mejoras

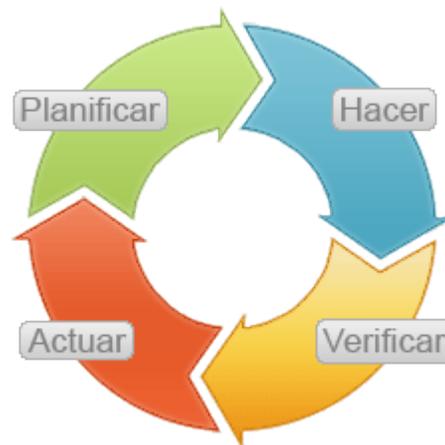
Para aplicar cualquier proyecto de mejora, la empresa puede utilizar las siguientes herramientas o hacer una combinación:

Introducción del círculo de Deming PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) Esta metodología describe los 4 pasos básicos y esenciales que se llevan a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua.

- Planificar: en el primer paso de actividades que necesiten mejora y se establecen los objetivos a alcanzar. Para localizar las posibles mejoras, se debe hacer grupos de trabajo, escuchar propuestas de mejoras, buscar otras tecnologías, entre otros.
- Hacer: en esta etapa es donde se realizan los cambios para implementar las propuestas de mejoras, es recomendable realizar una prueba piloto de las propuestas para poder observar su funcionamiento.

- Controlar o verificar: una vez implantada la mejora, se debe dejar un tiempo prudente de prueba para verificar su buen funcionamiento.
- Actuar: una vez finalizado el periodo de prueba se deben estudiar los resultados y compararlos con el funcionamiento de las actividades antes de haber sido implantada la mejora. Si los resultados son satisfactorios se implantará la mejora de forma definitiva, y si no lo son habrá que decidir si realizar cambios para ajustar los resultados o desecharla.

Figura 46. **Círculo de Deming**



Fuente: TIBOLI, Erick. www.sistemasdecalidadenti-erik.blogspot.com. Consulta: 7 de diciembre de 2015.

Método Kaizen: es una herramienta de calidad que proviene de la filosofía japonesa, busca la mejora continua de todos aspectos de una organización, incluyendo a las personas que la conforman.

El objetivo principal del método de Kaizen es mejorar para dar al cliente el mayor valor agregado en todos sus aspectos.

Figura 47. **Kaizen**



Fuente: MÉNDEZ, Susana. www.unagrupo.wordpress.com. Consulta: 8 de diciembre de 2015.

Análisis de valor: este método se utiliza para rediseñar el servicio de limpieza *flushing*, de forma que asegure, con un costo mínimo, todas las funciones que el cliente desea y esté dispuesto a pagar.

Con la aplicación del análisis del valor, además de la disminución en los costos, también se consigue mejoras en la calidad, la reducción del tiempo de suministro, mejoras en el funcionamiento, mejoras en los métodos de elaboración, facilidad y seguridad en las tareas de mantenimiento, entre otras.

Figura 48. **Análisis del valor**



Fuente: ISLAS CARMONA, Octavio. www.razonypalabra.org.mx. Consulta: 8 de diciembre de 2015.

Introducción a 6σ : es un proceso que necesita de una disciplina muy alta y que se enfoca en desarrollar y entregar servicios de muy alta calidad.

Seis Sigma es un método de mejora de procesos que consiste en reducir la cantidad de operaciones realizadas para llevar a cabo dicho proceso, lo que se busca es reducir los defectos y errores en la entrega de un servicio o producto. Para lograr esto es necesario analizar el proceso y dividirlo en todas sus operaciones, luego analizar cada operación para poder reducirla.

Esta metodología tiene 5 etapas: definir el problema o defecto, medir, analizar, mejorar y controlar.

En la primera fase o etapa se identifican los posibles proyectos a los cuales se les puede aplicar Seis Sigma, evaluado por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Se pueden integrar grupos de trabajo. En esta fase se crea la descripción del proyecto, asignando responsables, puesto de trabajo, encargados, supervisores, entre otros.

La segunda de las etapas consiste en designar las características de los procesos afectados, se realiza un análisis de todo el funcionamiento actual y se determinan los requisitos de los clientes de dichos procesos, así como las características de calidad del producto o servicio críticas para el cliente.

Esta parte consiste en buscar y definir los factores o variables que regulan el funcionamiento del proceso y condicionan su resultado. A partir de esta descripción, se define el método para recolectar los datos sobre el funcionamiento del proceso, luego se mide la capacidad del proceso en la situación actual.

La etapa número 3 analiza los datos que se obtuvieron del funcionamiento del proceso, acá es donde se da el salto del problema real al problema estadístico.

Además, también depende del tipo de datos que se hayan obtenido del registro del proceso, todo esto es necesario para obtener un razonamiento lógico de cómo influyen o afectan unos parámetros a otros.

Luego, todo el equipo de trabajo comienza a buscar una solución al problema, determinando las relaciones causa-efecto, lo que se pretende en esta fase es lograr acciones que al implantarlas se consiga optimizar el proceso.

La penúltima etapa de esta fase se centra en la implantación de las soluciones para mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de funcionamiento en que debía funcionar el proceso, en su régimen habitual, para asegurar los objetivos de mejora.

La última etapa de control consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga, una vez que se hayan implantado los cambios, y el equipo deje de prestar al proceso la atención que le estuvo dando durante el proyecto.

Una vez implantadas las acciones de mejora y hacer un control en el tiempo, el suficiente para confirmar que las acciones mantienen el proceso en los rangos deseados.

Figura 49. **Seis sigma**



Fuente: Sherpa. <http://www.monografias.com/trabajos18/seis-sigma/seis-sigma.shtml>. Consulta:

8 de diciembre de 2015.

Análisis Foda: sirve para conocer las características de servicio de limpieza *flushing* y la competencia en el entorno que se den. Tiene varias aplicaciones, puede usarse por todos los niveles de la organización.

El principal objetivo del Foda es obtener conclusiones sobre la forma en que el servicio o producto estudiado es capaz de afrontar el cambio que se vaya dando en el transcurso del tiempo y las turbulencias, analizando sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

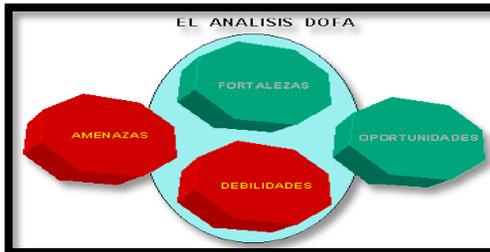
Fortalezas: son las características sólidas que tiene la empresa, y que le permite tener una posición ventajosa frente a la competencia. Las fortalezas pueden ser recursos, capacidades y habilidades. Es de vital importancia utilizar estas fortalezas de forma beneficiosa para la empresa.

Oportunidades: son factores que pueden ser positivos si se toman en cuenta, favorables, explotables, que se pueden descubrir cuando se observa el entorno en que se trabaja.

Debilidades: son características o factores que provocan desventaja frente a la competencia, pueden ser recursos que no se tienen actualmente, habilidades que no se poseen, actividades que no se desarrollan positivamente, entre otros.

Amenazas: son situaciones desfavorables que pueden afectar el funcionamiento de la empresa y provocar una ventaja en la competencia, las amenazas se deben localizar y neutralizar de forma cuidadosa, evitando que estas afecten otras áreas de la empresa.

Figura 50. **Análisis FODA**



Fuente: DÍAZ, Anna. http://www.deguate.com/artman/publish/gestion_merca/El_an_lisis_FODA.
Consulta: 8 de diciembre de 2015.

Una mejora técnica que puede dar gran facilidad a la operación de ejecución en el servicio de limpieza, es la utilización de un equipo móvil para realizar el servicio de limpieza *flushing*.

También se pueden buscar opciones de alquilar bombas hidráulicas, esto disminuye el costo de inversión inicial.

Figura 51. **Equipo móvil para *flushing***



Fuente: SAINZ, Juan Pablo. <http://www.eximtec.cl/oleohidraulica/maquinas-flushing>. Consulta:
10 de diciembre de 2015.

CONCLUSIONES

1. El mantenimiento correctivo provoca pérdidas de tiempo en la reparación, dañando el prestigio de la empresa y ocasionando gastos inesperados, también puede detener el proceso productivo, ocasionando pérdidas en las ventas.
2. La presión del fluido durante la limpieza por el método de *flushing* debe ser de 10 % a 15 % mayor que la presión de trabajo de la maquinaria, los aumentos de presión dependerán de la condiciones de la tubería.
3. El tiempo estimado para la implementación del servicio de limpieza *flushing* es de tres meses, este tiempo puede aumentar o disminuir, dependiendo de la compra del equipo, si la compra es nacional la implementación puede ser más rápida. Si la compra es internacional, entonces a los tres meses de implementación hay que sumarle el tiempo que el equipo se tarda en llegar a Guatemala.
4. La mayoría del personal de mantenimiento que labora en la empresa tiene la suficiente experiencia en los métodos de trabajo, uso de herramientas y materias primas, por lo que la diferencia en habilidades y conocimientos en mantenimiento son mínimas, una distribución adecuada de las tareas durante el servicio de limpieza, proporciona un mayor tiempo en el servicio y por lo tanto aumenta la satisfacción del cliente.

5. La utilidad por cada servicio prestado es de Q8 940,00. Si se toma el 20 % de esta utilidad, la recuperación de la inversión inicial del equipo se hará aproximadamente en 8 servicios prestados. El *flushing* es un tipo de servicio de fácil implementación, pero se necesita el conocimiento del equipo e instalaciones en los cuales se va a trabajar, esto es lo que genera esos márgenes de utilidad.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un plan del mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de la maquinaria, con esto se facilita programar el servicio de limpieza *flushing* sin suspender los procesos productivos de la fábrica, y se evitan pérdidas de producción y se obtienen ahorros en costos de mantenimiento correctivo.
2. Utilizar dos empleados, además de los que ya tiene AMS, con esto se evita contratar los dos empleados para que realicen el servicio de *flushing*. Si no se contratan estas dos personas, se ahorra un costo anual superior a los 70 000,00 quetzales.
3. Comprar el aceite ISO 32 en cantidades de mayorista y pedir descuentos por dicha compra, con esto se puede lograr descuentos hasta del 15 % en el costo de dicho aceite.
4. Para el manejo de desechos es necesario, vender el aceite utilizado a empresas como Biogen, Recicla, Simons Reciclaje, entre otros.
5. Utilizar como medio de transporte, el mismo picop que se utiliza para el otro servicio, y así evitar la compra de otro automóvil. A este mismo se le puede instalar una parrilla para cargar el resto del equipo y todo lo necesario para dicho servicio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Clyzel, Jensen. *Crean oil guide*. [en línea]. <http://www.cjc.dk/fileadmin/user_upload/pdf/CJC_Brochures/CJC_Brochures_ES/GuiaDelAceiteLimpio_ES.pdf>. [Consulta: 2 de diciembre de 2015].
2. Cotizaciones [telefónicas]. Disponibles en: SINTEC Calle Real 17-80 zona 10 San Miguel Petapa, LLAMASA 9 Avenida 14-40 Z-12.
3. DENLOW, Alexis. *Aceites para flushing*. [en línea]. <<http://globalindustrialsolutions.net/oil-flushing-services.php>>. Consulta: 23 de octubre de 2015.
4. E. SAINZ, Norberto. *Equipo móvil para flushing*. [en línea]. <www.eximtecl.com/oleohidraulica/maquinas-flushing>. [Consulta: 10 de diciembre de 2015].
5. FLORES ROLDÁN, Manuel Lisandro. *Guía para el control de contaminación de un fluido en los sistemas oleo-hidráulicos*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 98 p.
6. GUTIERREZ, Dagoberto. *Calentador industrial*. [en línea]. <www.poolaria.com>. [Consulta: 28 de octubre de 2015].

7. HERRERA, Dafne. Servicios Integrados. [en línea]. <<http://www.serviciosintegrados.com.gt>>. [Consulta: 28 de noviembre de 2015].
8. KADMY, Elma. *Oxígeno y acetileno para soldadura*, Sasanowe. [en línea]. <www.canstockphoto.es>. [Consulta: 25 de octubre de 2015].
9. LANUZ, Marco. *Soldadura de arco*. [en línea]. <www.tecnoficio.com>. [Consulta: 29 de octubre de 2015].
10. LEE, Carrie. *Mangueras hidráulicas*. [en línea]. <www.sinopulse.com>. [consulta: 5 de noviembre de 2015].
11. MANSÉ, Víctor. *Equipo de limpieza flushing de sistemas hidráulicos*. [en línea]. <<http://hidraulicamanse.com/servicio-flushing>>. [Consulta 3 de diciembre de 2015].
12. MELÉ, Joan. *Aceros inoxidables*. [en línea]. <www.indura.net>. [Consulta: 15 de octubre de 2015].
13. OLAN MARTINEZ, Andrés. *Soldadura de gas*. [en línea]. <www.dirind.com>. [Consulta: 30 de octubre de 2015].
14. PRIETO HERRERO, Alejandro. *Líneas de vida*. [en línea]. <www.grupiconsa.net/instalacion-de-lineas-de-vida-horizontales.html>. [consulta: 28 de octubre de 2015].

15. RAYXON, Eduar. *Tubos de acero inoxidable*. [en línea]. <www.fillinox.com>. [Consulta: 24 de octubre de 2015].
16. RUSSELL, Gray. *Bomba para fluidos*. [en línea]. <www.graco.com/uy/es/product>. [Consulta: 2 de noviembre de 2015].
17. SAINZ, Norberto. *Maquinaria para flushing*. [en línea]. <<http://www.eximtecl.cl/oleohidraulica/maquinas-flushing>>. [Consulta: 2 de noviembre de 2015].
18. SOLIZ, David. *Outsourcing*. [en línea]. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Outsourcing>>. [Consulta: 23 de noviembre de 2015].
19. VILLETTE, Guy. *Filtros*. [en línea]. <www.siebec.com>. [Consulta: 5 de noviembre de 2015].
20. VIZARRA, Wally. *Calderas*. [en línea]. <www.galeria.vulka.es>. [Consulta: 26 de octubre de 2015].