



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

**DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PROCESOS
INDUSTRIALES PARA EVITAR EVENTOS CATASTRÓFICOS EN UNA LÍNEA
GALVANIZADORA DE LÁMINA DE INMERSIÓN EN CALIENTE, MEDIANTE LA
ADMINISTRACIÓN SEGURIDAD DE LOS PROCESOS (ASP)**

Osman Moisés Velásquez Barrios

Asesorado por el Ing. William Abel Xicara Cuyuch

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PROCESOS
INDUSTRIALES PARA EVITAR EVENTOS CATASTRÓFICOS EN UNA LÍNEA
GALVANIZADORA DE LÁMINA DE INMERSIÓN EN CALIENTE, MEDIANTE LA
ADMINISTRACIÓN SEGURIDAD DE LOS PROCESOS (ASP)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSMAN MOISÉS VELÁSQUEZ BARRIOS

ASESORADO POR EL ING. WILLIAM ABEL XICARA CUYUCH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Godínez Orozco
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PROCESOS INDUSTRIALES PARA EVITAR EVENTOS CATASTRÓFICOS EN UNA LÍNEA GALVANIZADORA DE LÁMINA DE INMERSIÓN EN CALIENTE, MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN SEGURIDAD DE LOS PROCESOS (ASP)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 10 de febrero 2021.

Osman Moisés Velásquez Barrios

Guatemala mayo del 2021

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

Deseándole éxitos en sus labores cotidianas, yo William Abel Xicara Cuyuch, Ingeniero Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, colegiado No. 10947, Asesor de alumno Osman Moises Velásquez Barrios quien se identifica con Documento Personal de Identificación número 2239058281202 y con número de carnet 200011181, he revisado y aprobado la tesis con el tema: **“Diseño de sistema de gestión de seguridad industrial en procesos industriales para evitar eventos catastróficos en una línea galvanizadora de lámina de inmersión en caliente, mediante la Administración Seguridad de los procesos (ASP), sin nada más que hacer constar me despido de usted.**

Atentamente,



WILLIAM ABEL XICARA CUYUCH
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No.10947

William Xicara
MSc. Ing Industrial
Colegiado 10947





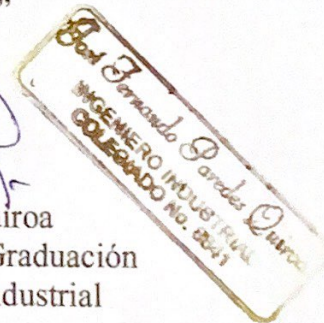
ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.092.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PROCESOS INDUSTRIALES PARA EVITAR EVENTOS CATASTRÓFICOS EN UNA LÍNEA GALVANIZADORA DE LÁMINA DE INMERSIÓN EN CALIENTE, MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN SEGURIDAD DE LOS PROCESOS (ASP)**, presentado por el estudiante universitario **Osman Moises Velasquez Barrios**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Fernando Paredes Quiroa
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.126.021

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 **DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PROCESOS INDUSTRIALES PARA EVITAR EVENTOS CATASTRÓFICOS EN UNA LÍNEA GALVANIZADORA DE LÁMINA DE INMERSIÓN EN CALIENTE, MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN SEGURIDAD DE LOS PROCESOS (ASP)**, presentado por el estudiante universitario **Osman Moises Velasquez Barrios**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2021.

/mgp



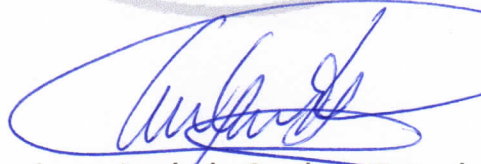
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 641.2021

La Decana 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: **DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PROCESOS INDUSTRIALES PARA EVITAR EVENTOS CATASTRÓFICOS EN UNA LÍNEA GALVANIZADORA DE LÁMINA DE INMERSIÓN EN CALIENTE, MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN SEGURIDAD DE LOS PROCESOS (ASP)**, presentado por el estudiante universitario: **Osman Moisés Velásquez Barrios**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la vida y la salud para estar aquí el día de hoy, por permitirme alcanzar esta meta. Le ofrezco esta meta que pude alcanzar gracias a ti y quiero que sigas siempre siendo el centro de mi vida.

Mis padres y hermanos

Guillermo Moisés Velásquez y Noemí de Jesús Barrios, por todo el esfuerzo que hicieron en vida, gracias a ustedes soy lo que soy ahora, fueron los pilares más importantes en mi vida. A mis hermanos Yulissa, Carlos y Ronal Velásquez, quienes fueron y han sido la guía en mi camino para llegar a este punto de mi carrera, gracias por su ejemplo, dedicación y apoyo incondicional siempre, los amo.

Mi esposa

Luisa Fernanda González, porque siempre has estado a mi lado en los momentos buenos y malos, siempre tendiéndome una mano de apoyo, comprensión, has sido motivadora para poder lograr esta meta, te lo agradezco mucho amor. A mis hijos Andrés e Isabela Velásquez, les dedico esta meta, gracias por su tolerancia y paciencia para que papá estudie, los amo familia.

AGRADECIMIENTOS A:

Asesor de tesis

Ing. William Abel Xicar Cuyuc, por su guía, apoyo, disponibilidad con el desarrollo de mi trabajo de graduación.

Personal de TERNIUM

Mis compañeros, los directivos gracias por todo su apoyo para poder lograr esta meta.

Revisor

Ing. José Fernando Paredes Quiroa, por todo su apoyo y disponibilidad durante mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes seguridad higiene y administración segura de los procesos	1
1.2. Gestión de la administración segura de los procesos	4
1.3. Justificación del proyecto.....	6
1.4. Objetivo general	7
1.5. Objetivos específicos.....	7
1.6. Productos esperados.....	8
1.7. Problemática del proyecto	9
1.8. Delimitación del tema	10
1.9. Marco Legal.....	11
1.9.1. Normativa en Guatemala.....	12
1.9.2. Normativa en Europa.....	13
1.9.3. Normativa en Norte América.....	13
1.9.4. Desarrollo de Normativas y Regulaciones en América Latina.....	15
1.9.4.1. México	15
1.9.4.2. Colombia.....	16

1.10.	Metodología	17
2.	MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	21
2.1.	Concepto de procesos	21
2.1.1.	Introducción.....	21
2.2.	Tipo de proceso	23
2.3.	Gestión del proceso	24
2.4.	Ciclo de Deming.....	24
2.4.1.	Planificar.....	25
2.4.2.	Hacer.....	25
2.4.3.	Comprobar	25
2.4.4.	Actuar	25
2.5.	Gestión de proceso	26
2.6.	Generalidades.....	26
2.7.	Pirámide de accidentabilidad	29
3.	SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE GALVANIZADO DE LAMINA DE ACERO POR INMERSION EN CALIENTE.....	35
3.1.	Identificación de equipo critico	35
3.2.	Elaborar descripción del proceso	38
3.3.	Peligro de los materiales.....	39
3.3.1.	Productos químicos y compatibilidad utilizados en operación.....	41
3.3.2.	Subproductos utilizados en operación.....	41
3.3.3.	Residuos	42
3.4.	Inventario de materiales	43
3.5.	Verificación de HSDM	44
3.6.	Registro de peligros asociados a materiales.....	44
3.7.	Medidas de control.....	46

3.8.	Documentos de referencia.....	48
3.9.	Bases de diseño del proceso.....	48
3.9.1.	Descripciones generales del proceso	48
3.9.2.	Planos de localización	49
3.9.3.	Balance de materias y energía	50
3.9.4.	Inventarios de máximos y mínimos en materia prima.....	53
3.9.5.	Tabla de compatibilidad de sustancias	54
3.9.6.	Valores críticos de operación.....	55
3.10.	Análisis de riesgos del proceso (ARP)	56
3.10.1.	Clasificación de riesgos	58
4.	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN E INVERSIÓN DE DISPOSITIVOS E INSTRUMENTOS DE PROTECCIÓN EN EQUIPO CRITICO MEDIANTE ADMINISTRACIÓN SEGURA DE LOS PROCESOS.....	63
4.1.	Administración de seguridad de procesos (PSM) y sus elementos.....	63
4.1.1.	Beneficios de la administración de seguridad de procesos (ASP).....	64
4.1.2.	Bases para el enfoque de los 14 elementos de ASP	65
4.1.3.	Tecnología de procesos	66
4.1.4.	Análisis de riesgos de proceso	68
4.1.5.	Procedimientos de operación y prácticas seguras..	71
4.1.5.1.	La importancia de los procedimientos de operación y prácticas seguras.....	72

4.1.5.2.	Las prácticas seguras o métodos de trabajo seguro	72
4.1.6.	Administración del cambio.....	73
4.1.7.	Revisión de seguridad pre arranque	78
4.1.8.	Integridad mecánica	81
4.1.8.1.	Principales trasmisiones del Control de combustión	82
4.1.8.2.	Controlador Híbrido HC900	83
4.1.8.3.	Entradas digitales.....	85
4.1.8.4.	Salidas digitales	86
4.1.8.5.	Entradas análogas	87
4.1.8.6.	Salidas análogas	87
4.1.8.7.	Tarjetas de ingreso o entrada de forma análoga	88
4.1.8.8.	Tarjetas de salida de forma análoga	88
4.1.8.9.	Tarjetas de entrada de forma digital	89
4.1.8.10.	Tarjetas de salida de forma digital.....	90
4.1.8.11.	Etapas del funcionamiento	90
4.1.9.	Entrenamiento y desempeño.....	100
4.2.	Funciones críticas	100
4.2.1.	Capacitación.....	101
4.2.2.	Equipo de protección personal	101
4.2.3.	Requisitos de cumplimiento.....	103
4.2.3.1.	Planes y programas de capacitación..	103
4.2.3.2.	Evaluar	104
4.2.4.	Investigación y reporte de incidentes de proceso..	104
4.3.	Administración del cambio del personal	106
4.4.	Planeación y repuesta de emergencias	106
4.5.	Auditorias	107

4.6.	Aseguramiento de calidad	107
4.7.	Presupuesto de inversión	108
5.	RESULTADOS DE ESTUDIO	109
5.1.	Administración de la seguridad vrs. Administración segura de los procesos	109
5.2.	Evolución de la cultura de seguridad de procesos (Curva Bradley)	110
5.3.	Gestión de peligros de los procesos.....	111
	CONCLUSIONES	113
	RECOMENDACIONES	115
	BIBLIOGRAFIA	117
	APÉNDICE.....	123
	ANEXOS.....	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Enfoque para visualizar la administración de riesgos	18
2.	Proceso de galvanizado de lamina	22
3.	Ciclo de Deming	24
4.	Pirámide de accidentalidad	29
5.	Pirámide de Accidentalidad de Heinrich.....	30
6.	Diagrama consecuencia vs. Probabilidad en PSM y HSE.....	31
7.	Diagrama consecuencia vs. Probabilidad en PSM y HSE.....	33
8.	Gráfica de personas afectadas por explosiones en calderas	38
9.	Diagrama de proceso de caldera piro tubulares.....	39
10.	Caldera tipo piro tubulares	49
11.	Planos de localización.....	50
12.	Balance de energía	50
13.	Balance de masa	52
14.	Clasificación de riesgos.....	58
15.	Niveles de riesgo y su explicación	61
16.	Áreas claves en ASP.....	64
17.	Los 14 elementos que debemos aplicar para que se efectiva la administración de la seguridad de los procesos.....	66
18.	Tecnología de proceso.....	68
19.	Formato de Pre arranque y ruta de inspección	80
20.	Señales de control de combustión	82
21.	Actuador electrónico para combustible y aire.....	83
22.	Controlador Híbrido HC900	84

23.	PLC y el computador (SCADA).....	84
24.	Elementos de ignición para las calderas.....	91
25.	Pantalla menú.....	93
26.	Pantalla monitoreo.....	93
27.	Pantalla entradas análogas.....	94
28.	Pantalla entradas digitales.....	94
29.	Pantalla salida análogas.....	95
30.	Pantalla caldera.....	96
31.	Pantalla RM7800 indica los límites y seguridad.....	97
32.	Pantalla alarmas y mensajes.....	98
33.	Pantalla tendencias.....	98
34.	Reporte en Excel.....	99
35.	Curva de Bradley, evolución de cultura de seguridad.....	111

TABLAS

I.	Principales accidentes de seguridad de proceso a nivel mundial.....	3
II.	Proceso de galvanizado de lamina.....	23
III.	Estadística de explosiones en calderas (México a Panamá).....	36
IV.	Peligros de materiales.....	40
V.	Productos químicos.....	41
VI.	Gases emitidos a la atmósfera- medición 2018.....	42
VII.	Residuos.....	43
VIII.	Inventario y consumo.....	43
IX.	Verificación de HSMD.....	44
X.	Peligros de materiales de proceso.....	45
XI.	Medias de control.....	47
XII.	Máximos y mínimos de materia prima.....	54
XIII.	Tabla de compatibilidad de sustancias.....	55

XIV.	Valores críticos de operación	56
XV.	Análisis de riesgos validados	59
XVI.	Riesgos validados y recomendaciones	68
XVII.	Resumen de riesgos intolerable.....	69
XVIII.	Resumen de riesgos y recomendaciones	70
XIX.	Tarjetas de entrada análoga	88
XX.	Tarjetas de salida análoga	89
XXI.	Tarjetas de entrada digital.....	89
XXII.	Tarjetas de salida digital.....	90
XXIII.	Reporte para el analisis e investiación de incidente.....	105

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AMP	Amperímetro
HP	Caballos de fuerza
USD	Dólar estadounidense
gal	Galones
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
hs	horas
kg	Kilogramos
kw	Kilovatio
lb	libras
m	Metro
mg	miligramos
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
psi	Unidad de medida de presión
BTU	Unidad térmica británica
Hz	Un ciclo (u onda) por segundo
V	Vatio

GLOSARIO

Accidente	Evento subido no deseado y planeado que sucede como consecuencia daños a personas.
Acero	El acero es una aleación de hierro con una cantidad de carbono que puede variar entre 0,03 % y 1,075 % en peso de su composición, dependiendo del grado. Acero no es lo mismo que hierro.
Actuador	Son dispositivos que llevan incorporado un motor eléctrico y un reductor que permite accionar cualquier dispositivo para llevar a cabo determinado movimiento u acción.
ASP	Administración Segura de Procesos.
Balance de energía	Los balances de materia y energía (BMyE) son una de las herramientas más importantes con las que cuenta la ingeniería de procesos y se utilizan para contabilizar los flujos de materia y energía entre un determinado proceso industrial y los alrededores o entre las distintas operaciones que lo integran.

Catastrófico	Evento que es desastroso y muy malo que provoca con pérdida de vidas, lesiones, daños a la salud, a las instalaciones y al medio ambiente.
Evento	Suceso imprevisto.
Gas propano	Gas Licuado del Petróleo, materia prima obtenido de los yacimientos del petróleo y del gas natural que se convierte en líquido para su traslado y utilización en el ramo doméstico o industrial.
Hidrogeno	Es el elemento que se encuentra en mayor abundancia en el universo.
NOM	Norma.
NT5254	Norma técnica colombiana de Gestión de Riesgos.
PLC	Controlador Lógico Programable, conocido como PLC (<i>Programmable Logic Controller</i> por sus siglas en inglés) es una computadora que es utilizada en la ingeniería para la automatización de equipo en las industrias, para comandar maquinarias de una fábrica.
RICH	Registro de evaluación autorización y restricción de sustancias y mezclas químicas.

Tizne

Sustancia negra, muy fina y grasienta, que forma el humo y que queda adherida a la superficie por donde este sale.

Zinc

El recubrimiento metalúrgico de zinc del acero obtenido con la galvanización en caliente es muy resistente a los golpes y a la abrasión, y a diferencia de otros tipos de recubrimiento como el zincado, tapona los desperfectos producidos por daños y rasguños en el material.

RESUMEN

En la industria existen peligros y riesgos que pueden provocar enfermedades y lesiones a los trabajadores o a la comunidad, hoy en día la gran mayoría de sistemas de seguridad que implementan la industria se enfocan a las condiciones de las instalaciones, seguridad de las personas y cumplimiento de requisitos legales, pero no se enfocan a la administración de los peligros o riesgos de procesos que pueden ocasionar eventos catastróficos con impactos severos a los trabajadores, instalaciones o comunidad, esto derivado de explosiones, derrames o fugas de materiales peligrosos, que deben ser administrados y atendidos.

Recientemente en se tuvo un evento catastrófico en el puerto de Beirut, Líbano donde dejó al menos 135 muertos, más de 4 000 heridos, además de daños generalizados en toda la ciudad, esto ocasionado por una explosión por 2 750 toneladas de nitrato de amonio almacenadas de forma insegura.

El presente trabajo busca encontrar un diseño de un sistema de gestión de seguridad industrial para evitar eventos catastróficos en una línea galvanizadora de lámina de inmersión en caliente, mediante la administración seguridad de los procesos se buscará el control de los peligros.

El trabajo de estudio tendrá los siguientes beneficios, el evitar eventos catastróficos con pérdida de vidas, lesiones, daños a la salud, a las instalaciones y al medio ambiente, mejora de productividad y ahorro por la reducción del tiempo de paro por eventos no deseados, Mejora de la calidad y

la satisfacción del cliente, por la garantía de una operación continua dentro de los límites especificados.

Mejora de las relaciones laborales a través del compromiso y la participación activa en la ejecución de los programas de implantación, valor sostenido para los accionistas e imagen mejorada en la comunidad.

Esto mediante un análisis de la situación actual del proceso de galvanizado de lámina de acero por inmersión en caliente, y se identifica el equipo crítico que son las calderas, se realiza el análisis del riesgo del proceso y se hace una propuesta de implementación e inversión de dispositivos de instrumentos de protección en equipo crítico, mediante la administración segura de los procesos.

Los detalles del diseño de sistema de Gestión se analizarán y estudiarán punto a punto con el fin de observar y determinar la importancia de cada uno de ellos.

OBJETIVOS

General

Elaborar un diseño de sistema de gestión de seguridad industrial en Procesos Industriales para evitar eventos catastróficos en una línea galvanizadora de lámina de inmersión en caliente, mediante la administración segura de los procesos (ASP).

Específicos

1. Establecer una metodología de análisis de riesgo y generación de elementos para la administración segura del proceso de la línea galvanizadora por inmersión en caliente.
2. Identificar y analizar el riesgo de equipo críticos en el proceso de línea galvanizadora, para la reducción de probabilidad de un evento catastrófico.
3. Implementar una propuesta de dispositivos e instrumentos de protección en equipo críticos para evitar eventos catastróficos en línea galvanizadora.
4. Determinar la viabilidad y rentabilidad de la propuesta de inversión mediante análisis financieros.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación busca encontrar un diseño de un sistema de gestión de seguridad industrial para evitar eventos catastróficos en una línea galvanizadora de lámina de inmersión en caliente, mediante la administración seguridad de los procesos se buscará el control de los peligros.

Por eso la importancia de la gestión mediante la administración seguridad de los procesos la cual se define como la aplicación de sistemas de gestión y controles (programas, procedimientos, estándares, auditorías, evaluaciones e implementación de dispositivos de seguridad robustos), a un proceso de manufactura para que los riesgos del proceso sean identificados, entendidos y controlados de tal forma que los incidentes de proceso que pueden tener impacto severo sean prevenidos.

Se justifica en generar un sistema de seguridad en el proceso de una línea galvanizadora de lámina de inmersión en caliente, atreves de la administración seguridad de los procesos, para control de los peligros y riesgos altos involucrados en el proceso industrial, tal como gases peligrosos, hornos, calderas, paila de metal fundido, con el fin de evitar eventos catastróficos que afecte la seguridad de las personas, instalaciones y comunidad.

Unos de los problemas es el equipo crítico, las calderas de vapor que tienen como función generar vapor sobrecalentado a una presión de 60 kg/cm^2 a $480 \text{ }^\circ\text{C}$ para alimentar los turbogeneradores, turbos sopladores y el vapor para servicio a planta.

La capacidad de generación es 350 000 lb/hs (159T/h), la caldera actualmente opera con combustibles Fuel Oil (Bunker). Dentro de los peligros que se pueden mencionar está el descenso rápido de la presión, el cual puede provocar explosiones en las calderas con desastres de gravedad extrema y puede ocasionar la muerte. La caldera se rasga, se hace pedazos, para dar salida a una masa de agua y vapor; los fragmentos de la caldera son arrojados a grandes distancias y esto puede afectar a la comunidad, instalaciones, medio ambiente, falta de continuidad opera y pérdidas económicas.

Se busca probar la hipótesis planteada, demostrar que Si con un sistema de seguridad con el enfoque a la administración segura de los procesos, hará un proceso más seguro, lo cual es necesario el control de riesgos de proceso en una línea galvanizadora de inmersión en caliente para evitar eventos catastróficos.

Para apuntalar la investigación se describe un marco:

- Capítulo uno: se habla sobre generalidades, antecedente, datos generales del temas, justificación y objetivos, productos esperados, problemática, delimitación del tema, marco legal y metodología.
- Capítulo dos: se hablará del marco teórico conceptual sobre los conceptos de proceso, tipo de proceso, gestión de proceso, ciclo Deming, Gestión de proceso, generalidades, pirámide de accidentabilidad, diagrama consecuencia *versus* probabilidad, conceptos de administración seguro de procesos, modelos de administración segura de procesos, incidentes y accidentes de proceso, proceso de galvanizado, entrada de proceso, procedo de galvanizado y salida de proceso.

- Capítulo tres: se analiza la situación actual del proceso de galvanizado de lámina de acero por inmersión en caliente, el cual identifica el equipo crítico, se elabora la descripción del proceso, peligro de materiales, inventario de materiales, verificación de HSDM, registro de peligros asociados a materiales, medidas de control y documentos de referencia, bases de diseño del proceso y análisis de riesgo del proceso (ARP).
- Capítulo cuatro: se hace la propuesta de implementación e inversión de dispositivos de instrumentos de protección en equipo crítico mediante la administración segura de los procesos, tecnología de los procesos, procedimientos de operación y práctica segura, administración del cambio, Integridad mecánica, presupuesto de inversión.
- Capítulo cinco: se muestra el resultado del estudio mediante la administración de seguridad de procesos vs. Administración de la seguridad, evolución de la cultura de seguridad de procesos, y gestión de peligros de los procesos.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes seguridad higiene y administración segura de los procesos

La industria Acero es aquella encargada de ejecutar procesos en donde se utiliza los gases peligrosos como hidrocarburo, petróleo o gas en su proceso, como materia prima es la base del acero, rollos de lámina de acero para obtener lámina recubierta por metales que le dan una protección adicional, estos productos son utilizados en la construcción.

Todo proceso con sustancias peligrosas (químicos, derivados del petróleo), genera riesgos altos para los procesos, instalaciones o el personal, combinado con utilización de fuentes de energía como altas temperaturas y presiones altas de los fluidos.

En los procesos industriales donde se ve involucrado materiales peligrosos, existe la probabilidad de incendios, explosiones o escape de material peligroso, para poder controlar los riesgos o eventos no deseados es indispensable que se aplique un sistema de gestión basado en la administración segura de los procesos.

Cuando se tiene un sistema de seguridad basada en la administración segura de los procesos esta ayuda a implementación de barreras o controles para evitar eventos catastróficos que pueden afectar a los trabajadores, instalaciones, empresas vecinas, comunidad y el medio ambiente, los procesos

donde involucra materiales peligrosos se es necesario este tipo de gestión para evitar liberaciones de energía no controladas.

En el sistema de gestión de administración segura de los procesos cuando se analizar los riesgos debe hacerse detalladamente desde el diseño de la maquinaria, integridad mecánica del equipo, planes de mantenimiento, procedimientos operativos, habilidades y conocimientos del personal, planes de respuesta de emergencia con el objetivo de determinar las consecuencias, si se pudiera presentar un evento catastrófico.

En la historia han existido en varias industrias que utilizan en su proceso materiales peligrosos o son fabricantes de dichos materiales, eventos catastróficos donde han dejado varias personas heridas o fallecidas, como afectación a la comunidad y pérdidas económicas.

En la siguiente tabla se resume algunos eventos catastróficos a nivel mundial.

Tabla I. **Principales accidentes de seguridad de proceso a nivel mundial**

DATE	PLANT TYPE	EVENT TYPE	LOCATION	COUNTRY	PROPERTY LOSS us \$ (million)
07/07/1988	Upstream	Explosion/fire	Piper Alpha,	UK	1810
10/23/1989	Petrochemical	Vapor cloud explosion	Pasadena, Texas	USA	1400
01/19/2004	Gas processing	Explosion/fire	Skikda	Algeria	940
06/04/2009	Upstream	Collision	Norwegian Sector	North Sea	840
03/19/1989	Upstream	Explosion/fire	Gulf of Mexico	USA	830
06/25/2000	Refinery	Explosion/fire	Mina Al Ahmadi	Kuwait	820
05/15/2001	Upstream	Explosion/fire/sinking	Campos Basin	Brazil	790
09/25/1998	Gas processing	Explosion	Longford, Victoria	Australia	750
04/24/1988	Upstream	Blowout	Enchova, Campos Basin	Brazil	700
09/21/2001	Petrochemical	Explosion	Toulouse	France	680
05/04/1988	Petrochemical	Explosion	Henderson, Nevada	USA	640
05/05/1988	Refinery	Vapor cloud explosion	Norco, Louisiana	USA	610
03/11/2011	Refinery	Earthquake	Sendai	Japan	600
04/21/2010	Upstream	Blowout/explosion/fire	Gulf of Mexico	USA	600
09/12/2008	Refinery	Hurricane	Texas	USA	550
06/13/2013	Petrochemical	Explosion/fire	Geismar, Louisiana	USA	510
04/02/2013	Refinery	flooding/fire	la Plata, Ensenada	Argentina	500
12/25/1997	Gas processing	Explosion/fire	Bintulu, Sarawak	Malaysia	490
07/27/2005	Upstream	collision/fire	Mumbai High North Field	India	480
11/14/1987	Petrochemical	Vapor cloud explosion	Pampa, Texas	USA	480

Fuente: MARSH & MCLENNAN Companies. *The 100 largest Losses 1974-2013.*

<https://www.oliverwyman.com/content/dam/marsh/Documents/PDF/UK-en/100%20Largest%20Losses%2023rd%20Edition-03-2014.pdf>. Consulta: 18 de octubre 2020.

Debido a todos estos eventos con grandes afectaciones de vidas humanas y económicas, países desarrollados lanzaron normativas para poder legislar e exigir a las industrias el cumplimiento de estándares mínimos para el control de los riesgos que pueden desencadenar este tipo de eventos, tomando como base la administración segura de los procesos.

1.2. Gestión de la administración segura de los procesos

Cuando existe un evento catastrófico donde incluye la liberación de energía peligrosa no controlada, ha causado lesiones a las personas y en su mayoría de ocasiones ha causado la fatalidad de una o varias personas, así mismo afectando a la comunidad, medio ambiente y generando riesgo de continuidad del negocio afectando la económica de empresarios y familias.

En la industria de fabricación de productos de acero se manejan materiales peligrosos que pueden generar un evento catastrófico, lo que se hace necesario la gestión de seguridad de los procesos, aplicando cada uno de sus elementos desarrollados en el sistema de gestión.

El presente trabajo su objetivo es aportar conocimiento sobre la administración segura de los procesos, como aplicarlo en una industria que tiene riesgos donde se puede desencadenar un evento catastrófico como explosión, fuga de materiales peligrosos, así prevenir este tipo de eventos que tanto daño le hacen a la industria, comunidad, medio ambiente y partes interesadas.

El presente trabajo de investigación lo que pretende es contribuir a un mayor conocimiento de la administración de la seguridad de los procesos (ASP), que permita administrar los riesgos de explosión, incendio, exposición a sustancias peligrosas y liberación no controlada de energía; y prevenir así eventos catastróficos que pueden impactar a los colaboradores, proveedores, contratistas, comunidad, el medio ambiente, clientes y demás partes interesadas.

El objetivo fundamental del trabajo es entender cómo se aplica o se gestiona la administración segura de los procesos, a través de los elementos como se aplican, como se administran, para reducir las probabilidades de un evento catastrófico.

En general se puede indicar que la administración segura de los procesos es la gestión desde el diseño seguro del equipo, controles desde la ingeniería, mantenimiento y manejo de repuestos del equipo que permita tener controlada la energía, personal con las aptitudes y actitudes para la aplicación de procedimientos al pie de la letra.

Los eventos catastróficos como incendios, explosiones, fugas de materiales peligrosos la ocurrencia es de baja probabilidad, pero cuando sucede son de grandes consecuencias con una o varias pérdidas humanas y económicas de gran impacto.

Para que se den este tipo de eventos puede ser diferente causas, entre los cuales se pueden mencionar, violaciones a procedimientos operativos, cambios o modificaciones a equipos no autorizadas o inadecuadas, falta de mantenimiento de equipo o utilización de repuestos no recomendados por el fabricante, falta en la supervisión o liderazgo en las operaciones, con el sistema de gestión de administración segura de los procesos da una buena guía como establecer controles a los riesgos.

En el año de 1970 en los estados unidos se aprobó la ley de seguridad y salud ocupacional (OSHA), fue un gran paso para la salud ocupacional y seguridad industrial para ese país, a hoy en día se ha tenido muchos avances importantes que ayudado a regular a implementar muchos controles para evitar este tipo de eventos.

1.3. Justificación del proyecto

El presente trabajo surge en generar un sistema de seguridad en el proceso de una línea galvanizadora de lámina de inmersión en caliente, atreves de la administración seguridad de los procesos, para control de los peligros y riesgos altos involucrados en el proceso industrial, tal como gases peligrosos, hornos, calderas, paila de metal fundido, con el fin de evitar eventos catastróficos que afecte la seguridad de las personas, instalaciones y comunidad.

La administración seguridad de los procesos se quiere enfocar a controlar los peligros o riesgos que puede ocasionar este tipo de eventos, esto atreves de tecnología de procesos, procedimientos de operación y prácticas seguras, administración de cambio de los procesos, análisis de riesgos de los procesos, revisiones de seguridad de pre-arranque, administración del cambio, entrenamiento y desempeño, integridad mecánica del equipo, auditorias, investigación y reporte de incidentes de proceso.

El trabajo de estudio tendrá los siguientes beneficios:

- Evitar eventos catastróficos con pérdida de vidas, lesiones, daños a la salud, a las instalaciones y al medio ambiente.
- Mejora de productividad y ahorro por la reducción del tiempo de paro por eventos no deseados.
- Mejora de la calidad y la satisfacción del cliente, por la garantía de una operación continua dentro de los límites especificados.
- Dar soporte al "Derecho de operar" otorgado por el Gobierno, la comunidad, y otras partes interesadas.

- Mejora de las relaciones laborales a través del compromiso y la participación activa en la ejecución de los programas de implantación.
- Valor sostenido para los accionistas e imagen mejorada en la comunidad.

1.4. Objetivo general

Elaborar un diseño de sistema de gestión de seguridad industrial en procesos industriales para evitar eventos catastróficos en una línea galvanizadora de lámina de inmersión en caliente, mediante la administración segura de los procesos (ASP).

1.5. Objetivos específicos

- Establecer una metodología de análisis de riesgo y generación de elementos para la administración segura del proceso de la línea galvanizadora por inmersión en caliente.
- Identificar y analizar el riesgo de equipo críticos en el proceso de línea galvanizadora. (comentario), son 7 objetivos. Los que y para los paras que.
- Implementar una propuesta de dispositivos e instrumentos de protección en equipo críticos para evitar eventos catastróficos en línea galvanizadora.
- Determinar la viabilidad y rentabilidad de la propuesta de inversión mediante análisis financieros.

1.6. Productos esperados

El producto esperado de este proyecto es crear un sistema por medio de la administración de la seguridad de los procesos para una industria galvanizadora de acero por inmersión en caliente que ayudara para la gestión para atenuar o controlar los peligros y así lograr prevenir eventos (incidentes y accidentes), catastróficos.

El sistema de gestión estará enfocado en 3 puntos claves: tecnología, instalaciones y personal, que servirán como barreras para que eviten un evento no deseado en el proceso de la línea galvanizadora de acero por medio de inmersión en caliente.

El sistema de gestión se estará desarrollado el mismo y será dividido elementos que ayudaran controlar los peligros o riesgos, se mencionan los elementos.

- Tecnología de procesos
- procedimientos de operación y prácticas seguras
- Administración de cambio de los procesos
- Analizar los riesgos de los procesos
- *Check list* de seguridad de pre arranque
- Administración del cambio
- Entrenamiento y desempeño
- (IMA) Integridad mecánica de maquinarias o equipo
- Auditorias
- Investigación y reporte de incidentes de proceso
- Liderazgo de alta gerencia

1.7. Problemática del proyecto

El proceso de línea galvanizado de lámina de acero por inmersión en caliente, cuenta con peligros y riesgos altos a lo largo de todo su proceso, como: un horno de 50 metros de longitud que son calentados a altas temperaturas por gases peligrosos como hidrógeno y gas propano, calderas de vapor que son utilizadas para calentamiento de agua para el proceso, paila de zinc fundido.

El tema de investigación para el diseño de sistema de Gestión de Seguridad Industrial en el proceso de la línea galvanizadora se pretende analizar como equipo crítico las “Calderas de vapor” que tienen como función generar vapor sobrecalentado a una presión de 60 kg/cm² a 480 °C para alimentar los turbogeneradores, turbos sopladores y el vapor para servicio a planta (referencia: manuales de la empresa de la caldera).

La capacidad de generación es 350.000 lb/hs (159 T/h), la caldera actualmente opera con combustibles *Fuel Oil* (Bunker). Dentro de los peligros se puede mencionar que es el descenso rápido de la presión que puede provocar explosiones en las calderas con desastres de gravedad extrema y puede ocasionar la muerte.

La caldera se rasga, se hace pedazos, para dar salida a una masa de agua y vapor; los fragmentos de la caldera son arrojados a grandes distancias y esto puede afectar a la comunidad, instalaciones, medio ambiente, falta de continuidad opera y pérdidas económicas.

Actualmente dicha industria cuenta con un sistema de salud y seguridad ocupacional, pero con el enfoque a seguridad en el trabajo, cumplimiento de

aspectos gubernativos, carece de un sistema de la seguridad de los procesos, se han tenido antecedentes de incidentes que en un escenario diferente hubiera resultado en eventos catastróficos no deseables, por lo cual se ve la necesidad de generar un sistema específico para el manejo de estos riesgos altos descritos en dicho proceso, para evitar fallas en dicho proceso que se desencadene un evento que pueda cobrar la vida varias personas, falta de continuidad del negocio, afectación al medio ambiente y comunidad.

Dentro de las limitaciones más grandes que se puede tener en la investigación será la compra del equipo, dispositivos de seguridad debido alto costo del equipo.

1.8. Delimitación del tema

Delimitación física del tema será aplicable para un proceso de una línea galvanizadora de lámina de acero por inmersión en caliente que se encuentra en el territorio guatemalteco.

La línea galvanizadora se divide en 3 grandes fases:

- Entrada de línea
 - Des enrolladores
 - Tanques de limpieza y enjuague
 - Torres acumuladora entrada
- Proceso de línea
 - Horno de calentamiento.
 - Paila de metal fundido (zinc)
 - Calderas de vapor

- Salida de línea
 - Torre de enfriamiento
 - Tenso niveladora
 - Torre acumuladora entrada
 - Enrolladores

El trabajo se enfocará al proceso de línea donde existen los peligros más relevantes como materiales peligrosos (gases), temperatura, Metal fundido, calderas. En la investigación como equipo crítico se trabajar las “Calderas de Vapor”.

1.9. Marco Legal

La base legal en seguridad e higiene industrial es esencial para crear un ambiente laboral seguro para los colaboradores, con el objetivo de generar un bienestar mental y físico en todo el personal.

Así mismo promueve el respeto a los derechos, las garantías de patronos y trabajadores, fortalece la economía, establece estándares en materia de seguridad e higiene industrial.

La normativa de acuerdo al país que opere la industria privada o pública, debe ser obligatoria su cumplimiento y las normas internacionales pueden servir como referencia para buscar la mejora continua en materia de seguridad e higiene industrial.

1.9.1. Normativa en Guatemala

En Guatemala se estableció el Reglamento general de Salud y Seguridad ocupacional- Acuerdo Gubernativo 229- 2014 y sus reformas 33-2016, aprobado en julio 2014, entra en vigor 08 de agosto del año 2015, este acuerdo deroga al antiguo Reglamento de seguridad e higiene de trabajo que data de 1957, el fin de este nuevo acuerdo es garantizar la seguridad y salud del personal.

Las industrias que operan en Guatemala deben de cumplir este reglamento, ahora si se menciona en específico que es lo aplicable en la administración segura de los procesos, aplica los siguientes capítulos del Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016.

- Capítulo II, Sustancias peligrosas polvos, gases o vapores inflamables o insalubres del artículo 201 al 209.
- Capítulo VII, Motores eléctricos, del artículo 324 al 326.
- Capítulo IX, Motores, transmisiones y máquinas, del artículo 421 al 432
- Capítulo IX, Inspección y mantenimiento de máquinas, del artículo 434 al 439.
- Capítulo IX, Dispositivos de seguridad, del artículo 454 al 456.
- Capítulo IV, Aparatos que general calor o frio y recipientes a presión, del artículo 517 al 522.

Para el complemento de normativa relacionada con administración segura de los procesos aplica una norma convenio sobre los productos químicos 1990, Fecha entrada en vigor: 04 noviembre 1993, el objetivo es prevenir las enfermedades y accidentes causados por los productos químicos en el trabajo o reducir su incidencia.

1.9.2. Normativa en Europa

En Europa se estableció el reglamento REACH 15 este fue lanzado en el primer semestre del año 2007, el objetivo era establecer control sobre los productos químicos, el fin principal era garantizar la seguridad y salud del personal que está en contacto con estos productos peligrosos y el cuidado el medio ambiente.

Las industrias que productoras de materiales peligrosos deben proporcionar la información completa a la agencia de sustancias químicas de Europa, indicando sus riesgos asociados.

Para el complemento de normativa se lanza el sistema global armonizado para la identificación estandarizada de los productos peligrosos, esto fue lanzado en el año 2009.

1.9.3. Normativa en Norte América

El disparo de la normativa en Norte América fue a raíz del accidente que sucedió en Bhopal, sucedido en el mes de diciembre de 1984 en India en el estado de Madhya Pradesh, la asociación de fabricantes de productos químicos y el instituto de ingenieros químicos, fueron los pioneros en el tema, se lanzó un plan de gestión de riesgos incluyendo 5 elementos:

- La evaluación de riesgos
- Programa de prevención de riesgos
- Control de los riesgos identificados
- Programa de respuesta ante una emergencia
- Procedimientos requeridos

En el primer semestre del año 1992, por parte de OSHA, *Occupational Safety and Health Administration*, adoptó la gestión de seguridad en los procesos, esta fue específicamente en la OSHA25.

Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos, en primer semestre del año 1996, a través del código de reglamentos generales 40CRF en la sección 68, lanza el gerenciamiento de riesgo para la protección al medio ambiente.

También fueron otras leyes elaboradas, lanzadas para el control de materiales peligrosos.

- Gestión de materiales peligrosos, año 1985
- Ley de gestiones de riesgo de sustancias peligrosas, año 1988

El 20 de abril en la costa del golfo una plataforma petrolífera sumergible de posicionamiento rápido de aguas ultra profundas² construida en 2001. Se hundió el 22 de abril de 2010 como resultado de una explosión que había tenido lugar dos días antes, provocando el más importante vertido de petróleo de la historia, estimado en 779 000 toneladas de petróleo crudo (referencia Wikipedia).

A raíz de este evento se lanzó la Ley de prevención de escapes, también documento regulaciones OSHA a través del proceso de gestión de los productos altamente peligrosos.

El gobierno de los Estados Unidos ha tenido una participación importante para generar la legislación en materia de seguridad e higiene industrial, generando pasos importantes para regular.

- Sustancias tóxicas, manejos
- El cuidado al medio ambiente
- La salud y seguridad en el trabajo
- De emisiones
- De seguridad industrial

Las leyes fueron un gran avance para regular el manejo de materiales peligrosos y aplicar sanciones a quienes violentaban las leyes o regulaciones.

1.9.4. Desarrollo de Normativas y Regulaciones en América Latina

Se tomará como referencia 2 países, México y Colombia, con el enfoque de industrial de materiales peligrosos, donde tiene alcance a la industria del acero, ya que se manejan materiales peligrosos en el proceso de transformación de materia prima para obtener productos de acero para la construcción, ambos países son referentes en normativas a nivel Latino América.

1.9.4.1. México

En México existe normativas sobre el sistema de administración del trabajo, para equipos críticos y a los procesos que manejan sustancias peligrosas, la norma que aplica es NOM-28 esta fue lanzada en el 2012, la norma no tiene como base alguna norma de algún otro país en el mundo, pero si hace referencias a normas OSHA *Occupational Safety and Health Administration* y Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos.

El objetivo de la normativa NOM-28 Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos, es tener una base para gestionar los riesgos de los equipos críticos y los procesos de materiales peligrosos, para evitar la probabilidad de un evento catastrófico, para proteger las vidas de los colaboradores, instalaciones, medio ambiente y comunidad.

El alcance es para las industrias siguientes:

- Industrias de manejo de gas natural y derivados del petróleo
- Red de distribución, almacenamiento de gas propano o natural (este punto abarcaría la industria del acero).
- Producción de gas que sirven como combustibles (GLP).
- Distribución y almacenamiento de gas licuado de petróleo.
- Industrias que se dedican al manejo de sustancias peligrosas, en volúmenes mayores descrito en la norma.

Elementos que abarcan esta normativa mexicana.

- Obligaciones de los colaboradores
- Obligaciones del patrono
- Análisis de los riesgos
- Procedimientos, permisos para trabajos peligrosos
- Administración de los riesgos

1.9.4.2. Colombia

En el país de Colombia, normativa específica en el control de riesgos de proceso, existe el decreto 1443 del 31 de Julio del año 2014, indica disposiciones para la implantación del Sistema de Gestión de la Seguridad y

Salud en el Trabajo (SG-SST), también la normativa técnica colombiana 5254 tiene como fin proporcionar una guía para permitir a cualquier empresa el logro de:

- Mejor identificación de oportunidades y amenazas
- Tener una base rigurosa para la toma de decisiones y la planificación
- Gestión proactiva y no reactiva
- Mejorar la conformidad con la legislación pertinente
- Mejorar la gestión de incidentes y la reducción de las pérdidas y el costo del riesgo.

Deben ser aplicadas por todas las empresas o industrias del sector público, privados, y de los empleadores de personal bajo la modalidad de contrato comercial, civil o administrativo, las empresas que prestan servicios temporales.

En el tema de seguridad y salud ocupacional, abarca el cuidado de la integridad de los colaboradores, la salud ocupacional que es la disciplina para prevenir enfermedades ocupacionales que se pueden adquirir en el centro de trabajo, abarca también el resguardo de las instalaciones, equipos, maquinaria, para una continuidad del negocio, ahí es donde entra la seguridad de los procesos para resguardar todos estos puntos.

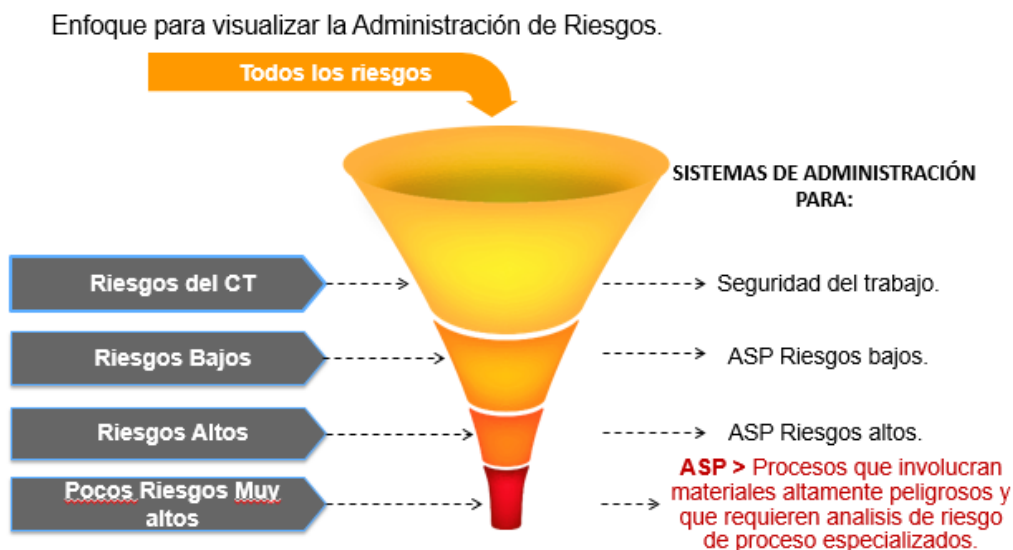
1.10. Metodología

ASP se define como la aplicación de sistemas de gestión y controles (programas, procedimientos, estándares, auditorías, evaluaciones), a un proceso de manufactura en este caso será aplicado para una línea de galvanizadora de acero por inmersión en caliente, esto para que los riesgos del

proceso sean identificados, entendidos y controlados de tal forma que los incidentes y lesiones relacionadas con el proceso sean prevenidos.

Esto requiere un esfuerzo sustentable de liderazgo en todos los niveles de la compañía.

Figura 1. **Enfoque para visualizar la administración de riesgos**



Fuente: elaboración propia, empleado Microsoft Visio 2019.

La administración segura de proceso se enfocaría a los pocos riesgos, pero muy altos, como marcados en la parte final del embudo, se ejecutaría un análisis de riesgos del proceso para identificar peligros o riesgos que de no ser controlados pueden terminar en un evento serio o catastrófico para el proceso.

Como segundo paso después de realizar el análisis de riesgo hay que desarrollar los elementos siguientes:

- Tecnología de procesos
- procedimientos de operación y prácticas seguras
- Administración de cambio de los procesos
- Análisis de riesgos de procesos
- Validaciones, *check list* pre arranque
- Administración del cambio
- Entrenamiento y desempeño
- IMAC, La Integridad mecánica y aseguramiento de calidad de los equipos.
- Auditorias.
- Investigación y reporte de incidentes de proceso.
- Liderazgo de alta gerencia.

Cada elemento llevará una guía de ejecución que servirá para la implementación del sistema de gestión administración segura de proceso en el proceso de la línea galvanizadora de acero por inmersión en caliente.

2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. Concepto de procesos

Un proceso industrial es la transformación de la materia prima que es obtenida de recursos naturales o artificiales para fabricar un producto para cubrir una necesidad, específicamente en el proceso industrial del acero la materia prima es obtenida de recursos naturales para cubrir necesidades hoy en día en la construcción.

Así mismo los procesos industriales se caracterizan porque son relevantes para la economía del país, si los productos que hoy en día que se fabrican en las industrias, fuera de fabricación artesanal, los productos serían demasiado costosos, por lo cual los procesos industriales hacen menos costosos los productos que se utilizan para cubrir las necesidades del mundo.

En conclusión, los procesos industriales, generan sociedad mucho más prosperas y facilitan la vida del consumidor final, pero cabe mencionar que todo proceso industrial genera riesgos donde puede involucrar eventos no deseados como accidentes industriales donde afecte a trabajadores, la comunidad y al medio ambiente, los cuales deben ser controlados a través de un sistema de gestión.

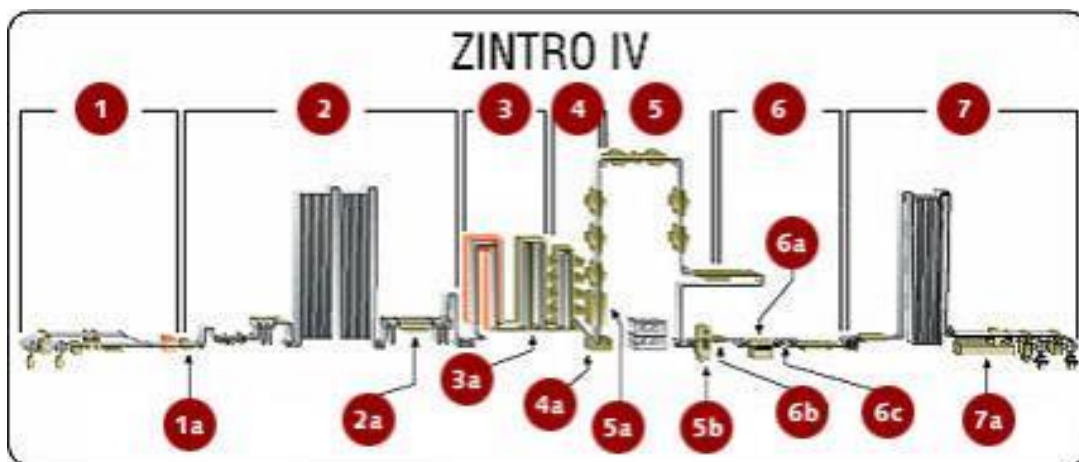
2.1.1. Introducción

El proceso productivo de acero recubierto de zinc (galvanizado), en una línea continua de galvanizadora de acero por inmersión en caliente, se empieza

con las fases de limpieza, precalentado y recocido. La tira lámina es cubierta con baño de zinc, aluminio y silicio, utilizando un sistema computarizado de cuchillas neumáticas de alta presión. De esta forma, se establece el espesor del recubrimiento que se requiere por el cliente de acuerdo a los estándares internacionales.

Posteriormente, la tira de lámina pasa por un proceso de enfriamiento rápido para solidificar el recubrimiento y garantizar su adherencia. La tira de lámina recibe un proceso químico, llamado pasivado, o bien, donde se le aplica aceite que la protege contra la oxidación durante su transporte y almacenaje.

Figura 2. **Proceso de galvanizado de lamina**



Fuente. elaboración propia, empleado Microsoft Visio 2019.

Tabla II. **Proceso de galvanizado de lamina**

1.Entrada	2.Limpieza	3.Horno	4.Baño de Zinc
1a.Soldadura de costura Mini-Lap	2a.Limpieza electrolítica	3a.Horno vertical con Brida caliente	4a.Baño de Zinc
5.Enfriamiento	6.Pasivado	7.Salida	
5a.Mínima Flor	6a.Tratamiento químico	7a.Aceitadora electrostática	
5b.Acondicionamiento de superficie	6b.Tensionivelador		
	6c.Secado		

Fuente: elaboración propia.

2.2. Tipo de proceso

Las secuencias de acciones de un proceso se dividen en operativo, soporte, gestión y control.

- Operativos: agrupación de actividades que involucran la conversión de la materia prima o insumos en productos o servicios.
- Soporte: apoyan a los procesos operativos.
- Gestión: seguimiento, coordinación y control para la toma de decisiones durante un proceso.
- Control: proceso que consiste en la verificación del cumplimiento de los objetivos con los resultados esperados.

El estudio de investigación se centró en el proceso productivo por el nivel de riesgo que existe en la operación. Este busca robustecer la seguridad las protecciones de seguridad para aumentar el valor en el proceso, prevenir accidentes, satisfacer a los clientes y cumpliendo con los objetivos del negocio, ha esto también se le llama gestión de procesos.

2.3. Gestión del proceso

La gestión de proceso se define al mejoramiento continuo de las actividades que aumentan valor en el proceso de la empresa, cumpliendo con las expectativas del cliente y cumpliendo con los objetivos trazados.

2.4. Ciclo de Deming

Basado en la mejora continua en la empresa, el ciclo de Deming busca satisfacer las expectativas del cliente y a la vez tiene como finalidad hacer las eficiente y eficaz cualquier tarea de la empresa.

Figura 3. **Ciclo de Deming**



Fuente: Asesorias.com. *Círculo de Deming*. <https://asesorias.com/empresas/modelos-plantillas/circulo-deming/>. Consulta: 18 de octubre de 2020.

El ciclo de Deming está compuesto de forma circular dividido en cuatro cuadrantes empezando por planificar, hacer, comprobar y actuar.

2.4.1. Planificar

En esta etapa se establece los objetivos y proceso necesarios para conseguir los resultados de acuerdo a los requisitos de cliente y las políticas de la empresa.

2.4.2. Hacer

En esta etapa se ejecutan las actividades programadas en la etapa de planeación, la empresa desarrolla tareas para realizar los productos o servicios.

2.4.3. Comprobar

En la etapa de comprobar se evalúan los resultados obtenidos por la organización y se realiza el seguimiento y los procesos respecto a políticas, objetivos y requisitos.

2.4.4. Actuar

En esta etapa se toman todas las acciones para mejorar continuamente el desempeño.

2.5. Gestión de proceso

La gestión procesos es la forma sistemática para aumentar el valor agregado de los procesos de la organización para mejorar la satisfacción del cliente.

La forma de trabar sistemática garantiza el aumento de la productividad, donde ejerce control a variables claves del proceso como, calidad, costos y tiempo.

La misma también hace empodera a los líderes del proceso, para la toma de decisiones.

2.6. Generalidades

Los mayores riesgos se generan en las industrias productivas por los mecanismos, procesos, equipo, y sistemas que producen fugas, y estas suelen ser inflamables, combustibles, tóxicos por su condición de operación.

Las fugas o escapes en gran volumen pueden causar desastres a causa de explosiones, nubes toxicas y contaminación, que afecta a las comunidades cercanas a las instalaciones, las fugas de menor volumen de este tipo de químicos pueden provocar enfermedades profesionales y contaminación ambientales.

Partiendo de la revolución industrial las empresas industriales han ido evolucionando, en los últimos cuarenta años las empresas industriales han empezado enfocarse a los riesgos y debilidades que podrían causar eventos catastróficos con resultado de pérdidas humanas y daños a edificaciones.

Este enfoque distinto que han tenido las empresas se le conoce como administración segura de los procesos, esta metodología se basa en la inclusión de normas, procedimientos, a través de la coordinación de los recursos a través del proceso de Operación, soporte, gestión y control, esto dando como resultado la disminución de riesgo en los procesos productivos.

Tomando como base el histórico de los eventos catastróficos a nivel mundial, la administración segura de los procesos ha ido evolucionando con el objetivo de prevenir eventos, pérdidas humanas, edificaciones. Esto ha creado mayor consciencia sobre la seguridad en los procesos y preocupación en los temas ambiental, comparados con la seguridad industrial habitual.

La creación del comité de asesores de grandes peligros, tomo fuerza a raíz de la explosión sucedida en el norte de Londres, en una industria que se dedicaba a la fabricación de nylon, en el año de 1974, las consecuencias de esta explosión dejo 28 personas fallecidas y 36 personas heridas, el incendio de la compañía duro durante 10 días, el comité de asesores de grandes peligros tuvo vigencia de 1975 a 1983.

La ley contempló la exposición de los trabajadores a sustancias peligrosas o nocivas para la salud dentro de las actividades laborales, así como las emisiones al medio ambiente.

En otros países tomaron las mismas iniciativas de ley, acuerdos de creación de comités de asesores de peligros como lo hizo Estados Unidos de América, esto a raíz de eventos catastróficos ocurridos en Bhopal India, Flixborough, Reino Unido, 1974 donde se generó una ruptura en los reactores donde los suministros eran gas y Nitrógeno esto genero una explosión dañando

1821 casas, 167 tiendas aproximadamente, 28 personas fallecidas y 36 heridos de gravedad.

Seveso Italia 1976 produjo la liberación al medio ambiente de cantidades de la dioxina que provocó muertes no solo a personas, sino también animales dioxina; se pueden mencionar otros eventos como el de Three Mile Island, 1979; Cubato, 1984; Ciudad de México, noviembre de 1984; Houston, 1989), todos estos eventos provocaron muertes a personal y en algunos casos hasta animales.

Después de los eventos sucedidos la población cercana a las plantas entro en preocupación, al igual que el personal que trabaja dentro de las mismas plantas relacionadas a petroquímicas, agroquímicas, entre otras. Esto porque no tenían controles robustos en este tipo de procesos.

El país de los Estados Unidos, empieza proponer iniciativas encaminadas a la centralización de información de los riesgos relacionado a eventos catastróficos y esto hace que la organizaciones, sector industrial e instituciones se dé cuenta la ocurrencia de en el transcurso del tiempo era necesaria:

- Verificar y evaluar los riesgos de exposición tomando el método de binario de probabilidad y consecuencia. Tomando como referencia el histórico de eventos sucedidos como lecciones aprendidas de la industria química para formar a directivos y del personal operativo.
- El personal debe tener conocimiento sobre normas, codificación o estándares internacionales y legislación.

Varias empresas han adoptado la administración de seguridad de los procesos, de la etapa de planificación, hasta la ejecución pasan por el ciclo de

vida del activo, incluyendo los temas administrativos y sectores o departamentos de la empresa.

Los altos mandos de la organización, los gerentes, jefes de sector, seguridad e higiene industrial son parte fundamental para tomar decisión de cualquier cambio en la operación, equipo o instalación.

2.7. Pirámide de accidentabilidad

La teoría de Heinrich basada en una investigación científica realizada por el señor Frank Bird quien luego de desarrollar un estudio más estructurado, dice que, por cada 6 000 desvíos o riesgo no controlados, se van a tener 600 incidentes o casi-accidentes de los cuales 30 accidentes con lesiones menores, 10 acciones con lesiones mayores y una fatalidad, por lo que se debe trabajar sobre la base de la pirámide, creando control o medidas de control que puedan desencadenar escenarios fatales.

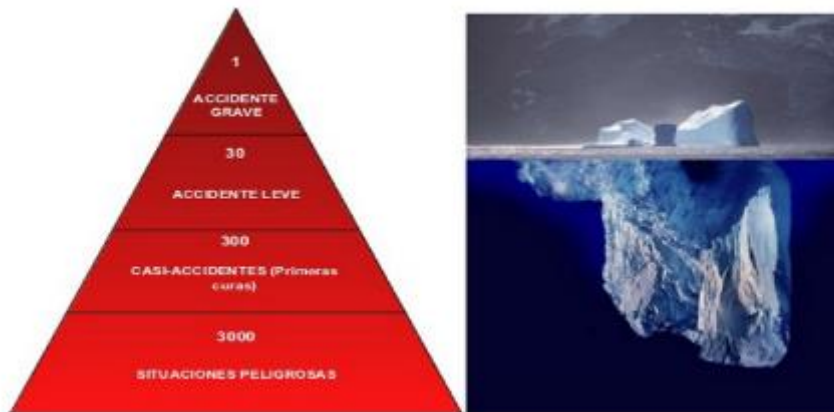
Figura 4. Pirámide de accidentalidad



Fuente: Prosafty. *Investigación de accidentes e incidentes*.

<https://prosaftysoftware.com/modulos/investigacion-de-accidentes-e-incidentes>. Consulta: 18 de octubre de 2020.

Figura 5. **Pirámide de Accidentalidad de Heinrich**



Fuente: Slideshare. *Rentabilidad de la seguridad*. <https://es.slideshare.net/xuanxo/rentabilidad-de-la-seguridad>. Consulta: 18 de octubre de 2020.

No importa el instrumento o metodología que se use, lo importante es tener un modelo de gestión preventivo, trabajar sobre la base en este caso de la pirámide controlando los desvíos y riesgo no controlados, mediante acciones y estrategias preventivas. En la figura 5 se puede observar la similitud entre la pirámide de accidentalidad y un iceberg ambos concluyen en el mismo resultado un daño y se debe trabajar sobre la base para no desarrollar los incidentes y accidentes.

Como resultado, el gerenciamiento de los modelos administración segura de los procesos y Seguridad e Higiene debe estar direccionado a mitigar y no remediar.

A pesar de lo anteriormente expuesto, se concluye que si no se controlan los actos y condiciones inseguras aumenta la probabilidad de un casi accidente,

accidente a medida que no se control aumenta el nivel de riesgos y daño hasta llegar a una muerte con se ve la figura 5.

Figura 6. **Diagrama consecuencia vs. Probabilidad en PSM y HSE**



Fuente: LACAYO MENDOZA, José Leandro; ORTIZ JAIMES, Jahir. *Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos. Sector petroquímico de Cartagena. Caso (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena).*

<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0068842.pdf>. Consulta: 18 de octubre de 2020.

La administración segura de los procesos, se enfoca a evento catastróficos no deseados en los procesos tales como: fugas de materiales, falla de equipo críticos, fallas de controles entre otros.

Es un nivel gravedad mucho mayor, lo que pudiera provocar pérdidas significativas, eventos catastróficos como explosiones, incendios, fugas considerables de material peligrosos, con afectación a las instalaciones, personal, comunidad y medio ambiente.

El objetivo de la Gestión de Seguridad de procesos (ASP), es desarrollar un sistema basado en controles, protecciones, instructivos, normas, procedimiento para evitar eventos catastróficos, por ejemplo: explosión, tóxicos, incendios en las industrias, comunidades, zona, región.

También se puede involucrar temas de productividad y calidad de productos donde se pueden implementar la metodología para evitar eventos no deseados. La administración de la seguridad (HSE), y administración de seguridad de procesos tiene con objetivo prevenir accidentes que causen daño a la vida del ser humano.

Los modelos aplicados a la gestión de seguridad de procesos abarcan el ciclo de vida de una compañía, industria o instalación; con el fin de garantizar que la alta gerencia pueda resguardar los activos de la empresa de manera segura, logrando que las operaciones tengan niveles de riesgos aceptables en la empresa.

La gestión de la cultura de seguridad tiene como:

- Minimizar la frecuencia de comportamiento inseguro.
- Reducir los accidentes incapacitantes.
- Minimizar reproceso.
- Disminuir el ausentismo.
- Mejora continua de la productividad y competitividad.
- Desarrollar una cultura de actitud y aptitud para conservar la seguridad y salud.

Como se puede ver, son dos gestiones totalmente diferentes y apuntando a un objetivo de prevención, con similitudes cuidado del personal e

instalaciones, son complementarias y beneficiosas para la compañía. Una manera gráfica de analizar cuáles son las diferencias entre una y otra es la siguiente:

Figura 7. **Diagrama consecuencia vs. Probabilidad en PSM y HSE**



Fuente: LACAYO MENDOZA, José Leandro; ORTIZ JAIMES, Jahir. *Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos. Sector petroquímico de Cartagena. Caso (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena).*
<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0068842.pdf>. Consulta: 18 de octubre de 2020.

En la gráfica anterior se puede observar como variables la probabilidad y consecuencia donde se ve que, si la probabilidad de ocurrencia aumenta, el escalonamiento potencial aumenta y la consecuencia de accidente es mayor. Si estos riesgos de seguridad y salud ocupacional se controlan el nivel de probabilidad de ocurrencia disminuye.

En conclusión, la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de accidentes por HSE es mayor que los de PSM; sin embargo, las consecuencias pueden ser completamente diferentes, pueden ser catastróficas o devastadoras.

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE GALVANIZADO DE LAMINA DE ACERO POR INMERSION EN CALIENTE

3.1. Identificación de equipo critico

El equipo critico identificado para realizar el Análisis de Riesgo del Proceso utilizando la metodología ASP-DuPont, son los equipos de calderas piro tubulares 1 y 2 debido a su criticidad, ya que estos equipos han causado eventos catastróficos en la industria.

La falla en estos equipos puede resultar en un incidente poco frecuente, sin embargo, se considera con un impacto catastrófico para las instalaciones de la planta, la comunidad, el medioambiente y las personas en caso de alguna falla; repercusiones legales y financieras se verían afectado en dicho hecho catastrófico.

La siguiente tabla indica los eventos catastróficos que se han dado desde México y Centro América.

Debido a todos estos eventos con grandes afectaciones de vidas humanas y económicas.

Tabla III. **Estadística de explosiones en calderas (México a Panamá)**

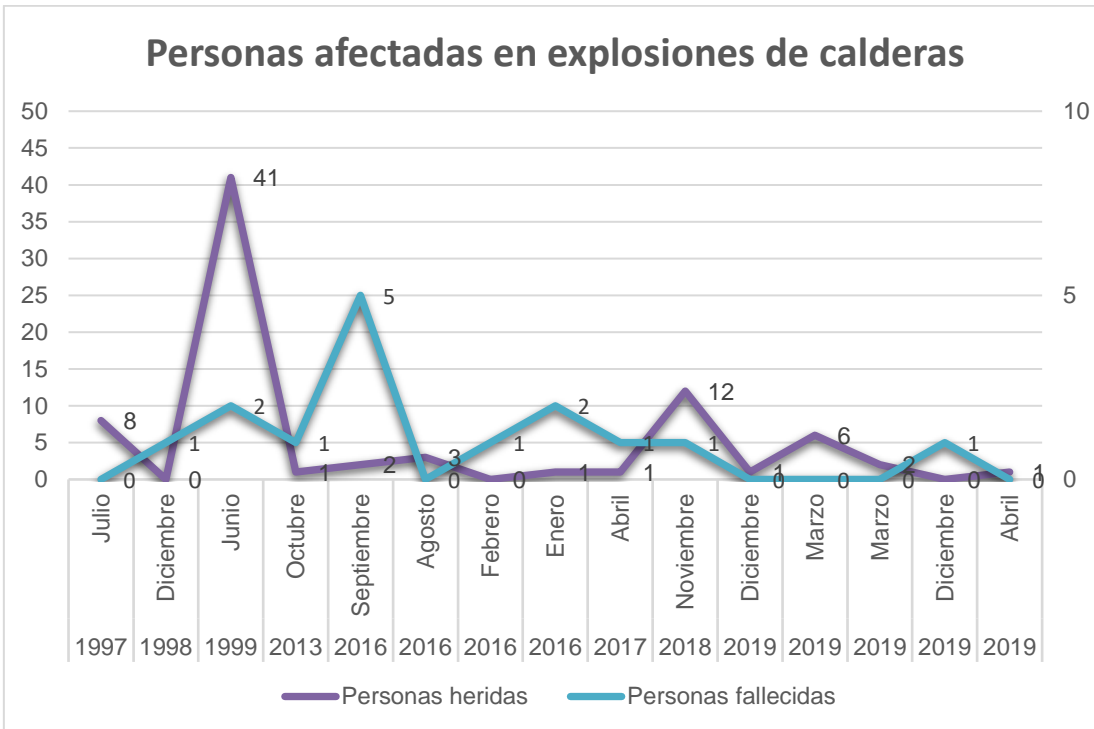
Año	mes	País	Evento	Industria	Personas heridas	Personas fallecidas	Fuente
1997	Julio	México	Explosión de caldera	Industria	21	9	https://elpais.com/diario/1997/07/29/internacional/870127204_850215.html
1998	Diciembre	Nicaragua	Explosión de caldera	Hospitalaria	8	0	http://archivo.elnuevodiario.com.ni/nacional/32489-explota-caldera/
1999	Junio	Costa Rica	Explosión de caldera	Alimentos	0	1	https://www.nacion.com/archivo/al-menos-un-muerto-en-explosion-en-planta-procesadora-de-leche/R2FORA4GHJAFBEQF235DOXUTX/s_tory/
2013	Octubre	México	Explosión de caldera	Alimentos	41	2	https://www.jornada.com.mx/2013/10/25/estados/032n1est
2016	Septiembre	El Salvador	Explosión de caldera	Textilera	1	1	http://diario1.com/nacionales/2016/09/explosion-en-fabrica-deja-un-muerto-y-un-lesionado-en-el-plan-de-la-laguna/
2016	Agosto	Guatemala	Explosión de caldera	Minera	2	5	https://www.prensaliibre.com/ciudades/izabal/reportan-explosion-de-caldera-en-mina-de-el-estor/
2016	Febrero	México	Explosión de caldera	Azucarera	3	0	https://www.milenio.com/policia/tres-lesionados-deja-explosion-de-caldera-en-ingenio
2016	Enero	Honduras	Explosión de caldera	Textilera	0	1	https://www.laprensa.hn/sucesos/923649-410/empleado-de-maquila-caminaba-cuando-explot%C3%B3-caldera
2017	Abril	Panamá	Explosión de caldera	Alimentos	1	2	http://elsiglo.com.pa/cronica-roja/ultimo-adios-quemados-explosion/24000193
2018	Noviembre	Guatemala	Explosión de caldera	Azucarera	1	1	https://www.publinews.gt/gt/noticias/2018/11/10/guatemala-explosion-caldea.html
2019	Diciembre	México	Explosión de caldera	Vidrio	12	1	https://www.informador.mx/mexico/Explota-caldera-en-Ecatepec-hay-un-muerto-20191207-0109.html

Continuación de la tabla III.

2019	Marzo	México	Explosión de caldera	Azucarera	1	0	https://agenciadenoticiasasp.com/2019/03/30/explosion-en-caldera-del-ingenio-plan-de-ayala-en-valles-dejo-un-lesionado/
2019	Marzo	México	Explosión de caldera	Azucarera	6	0	https://archivo.eluniversal.com.mx/estados/27816.html
2019	Diciembre	México	Explosión de caldera	Azucarera	2	0	https://www.elsoldecoroba.com.mx/policiaca/explosion-en-ingenio-azucarero-deja-2-quemados-en-tezonapa-siniestro-accidentes-bomberos-lesionados-6113100.html
2019	Abril	Honduras	Explosión de caldera	Textilera	0	1	https://proceso.hn/operador-muere-en-explosion-dentro-de-maquila-en-el-norte-de-honduras/
2020	Mayo	Honduras	Explosión de caldera	Azucarera	1	0	https://www.oncenoticias.hn/explosion-caldera-melaza-azucarera-villanueva-cortes/

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Gráfica de personas afectadas por explosiones en calderas**



Fuente: elaboración propia.

3.2. **Elaborar descripción del proceso**

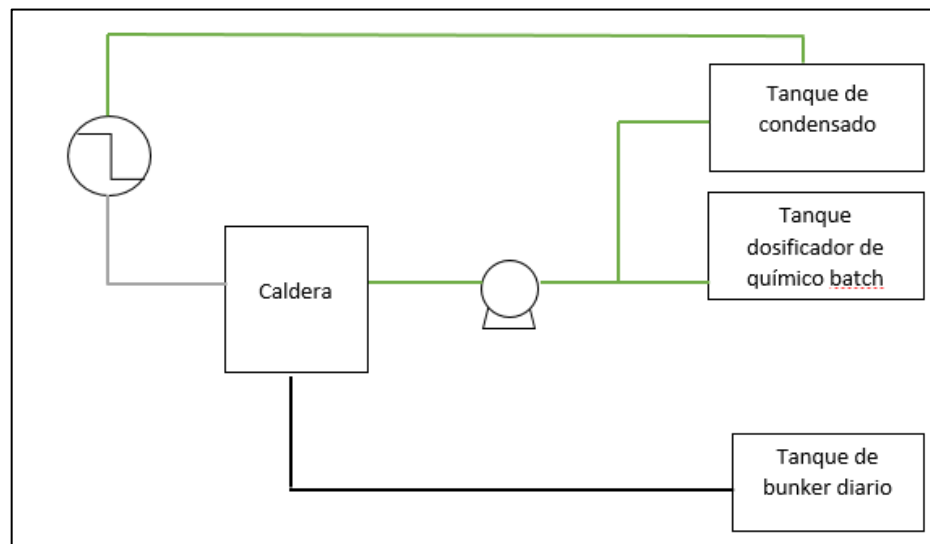
Tomando de base las calderas como procesos críticos, se toman como referencia para analizar 2 calderas.

Las calderas 1 y 2 (modelo CB600-50 Cleaver Brooks), tienen por función generar vapor sobresaturado a presiones entre 60-80 PSI. Dicho vapor es utilizado para calentar el agua alcalina para limpieza de láminas en un intercambiador de calor.

La alimentación de agua de la caldera proviene de dos fuentes, el tanque de condensado y el tanque dosificador de químico *batch*. En el tanque dosificador se utiliza los componentes químicos SQI-900, SQI-1400 y SQI-1600 para evitar corrosión e incrustaciones en las paredes del equipo.

El gas para la llama piloto proviene de los tanques de gas y el bunker de alimentación de la caldera proviene del tanque de bunker diario. En el siguiente diagrama se muestra un bosquejo, este mismo aplica para las calderas 1 y 2.

Figura 9. **Diagrama de proceso de caldera piro tubulares**



Fuente. elaboración propia.

3.3. Peligro de los materiales

Los peligros de los materiales durante la operación de caldera, se muestran en la tabla III. Peligros de materiales, así como la delimitación de alimentación productos y sub productos (nodos de entrada y salida).

Tabla IV. Peligros de materiales

Peligro	Fronteras
Gas natural	Desde la brida anterior hasta su llegada a la caldera, incluyendo tuberías y accesorios.
Bunker	Desde tanque de bunker diario, bomba de alimentación de bunker hasta el ingreso a la caldera incluyendo las tuberías y accesorios.
Aire de combustión	Desde ventilador de aire hasta la entrada al quemador.
Aire de atomización	Desde el compresor de aire hasta la entrada al quemador.
Agua de alimentación	Tanques dosificador de químico <i>batch</i> y tanque condensado, bombas de alimentación para cada caldera y accesorios incluidos.
Vapor de agua	Desde caldera hasta la brida de válvula de salida (vapor <i>manifold</i>), incluyendo tuberías y accesorios.
Gases de combustión	Desde el horno hasta salida de chimenea.
Agua de purga	Desde la caldera, pasando por tuberías y accesorios hasta planta de tratamiento.
Alimentación eléctrica	Desde tableros 220V/480V dentro de las salas de calderas hasta mandos de caldera.

Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Productos químicos y compatibilidad utilizados en operación

En condiciones normales de operación de las Calderas se utilizan variedad de sustancias químicas que representan peligros en su manipulación, estas se separan en productos, subproductos o residuos.

Tabla V. Productos químicos

Sustancia	Descripción	Riesgo
QUIMICO SQI-1400	Aminas y morfollnas	Material corrosivo
QUIMICO SQI-1600	Quelantes y Alcalinizantes	Material corrosivo
QUIMICO SQI-900	Sulfitos, fosfonatos, quelantes y polímero	Material corrosivo
Bunker	Petróleo hidrocarburos	Material inflamable
Gas licuado de petróleo (G.L.P)	Petróleo hidrocarburos	Material inflamable y explosivo

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Subproductos utilizados en operación

Los subproductos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirectos son los Gases emitidos a la atmósfera en cuya se muestran los resultados de la medición del 2018 en la tabla V. Gases emitidos a la atmósfera- Medición 2018.

Se toma como referencia la norma mexicana que establece los niveles máximos permisibles de emisión de humo, partículas, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) de los equipos de combustión de calentamiento indirecto que utilizan combustibles convencionales o sus mezclas, con el fin de proteger la calidad del aire, se compara contra la caldera No.2 que se tiene en operación.

Tabla VI. **Gases emitidos a la atmósfera- medición 2018**

Gases emitidos a la atmósfera - medición año 2018

parámetro	Dimensional	Referencia	Resultados
		NOM-085, tabla 1, nivel máximo permisible (RP)	Chimenea de caldera 2
O ₂	%	No aplica	7,7
CO	ppmv	500	3,29
CO ₂	%	No aplica	8,88
Material particulado	mg/m ³	No aplica	81,49
SO ₂	ppmv	2200	826,72
Nox	ppmv	No aplica	317,29
Opacidad	%	No aplica	60,0

Fuente: elaboración propia, con base en la Norma Oficial Mexicana Nom – 085 SEMARNAT-2011*.

3.3.3. Residuos

Los residuos generados por la durante la operación de las caderas es Tizne en el hogar e Incrustación, este se aprecia en tabla VII. Residuos.

Tabla VII. **Residuos**

Sustancia	Descripción	Riesgo	Protección
Tizne en el hogar	Residuo de combustión	Polvo fino que entra al sistema respiratorio	Mascarilla en actividades de limpieza
Incrustaciones	Sales que se generan en los tubos	Polvo fino que entra al sistema respiratorio	Mascarilla en actividades de limpieza

Fuente: elaboración propia.

3.4. **Inventario de materiales**

En tabla VII. Inventario y consumo muestra los materiales que se tiene almacenados para el proceso de la operación de las calderas, el cual cuenta con un *stock* inicial para el Bunker y Gas GLP y entregas parciales para almacenaje en bodega de materias primas, esto datos son anuales que se manejar para la operación.

Tabla VIII. **Inventario y consumo**

Descripción	Unidad de medida	Stock inicial	Inventario	Consumo	Stock final
Bunker	GLN	11 684	38 276	27 590	10 686
Gas GLP	GLN	65 268	336 314	257 056	79 258

Fuente: elaboración propia.

3.5. Verificación de HSMD

Las sustancias peligrosas utilizadas para la operación de las calderas se describen en la tabla VIII. Verificación de HSMD (Hojas de seguridad materiales) donde describe que sustancias se utilizadas y las Hojas de datos de Seguridad de los materiales que en encuentran en el anexo 1. Hojas de seguridad de químicos.

Tabla IX. Verificación de HSMD

Sustancia	Descripción	HSMD
QUIMICO SQI-1400	Aminas y morfollnas	Anexo 1
QUIMICO SQI-1600	Quelantes y Alcalinizantes	Anexo 1
QUIMICO SQI-900	Sulfitos, fosfonatos, Quelantes y polímero	Anexo 1
Bunker	Petróleo hidrocarburos	Anexo 1
Gas licuado de petróleo (G.L.P)	Petróleo hidrocarburos	Anexo 1

Fuente: elaboración propia.

3.6. Registro de peligros asociados a materiales

Los registros de los Peligros, riesgos y consecuencias asociados a los materiales del proceso de las calderas piro tubulares se muestra en la tabla Peligros de materiales de proceso.

Tabla X. **Peligros de materiales de proceso**

Peligro	Riesgo	Consecuencia
Gas GLP	Explosión de caldera por gas	Fatalidad: accidente grave en operador. Indisponibilidad del servicio (se afectan ambas calderas e instalaciones auxiliares de la sala), por muchos días. Daños en construcciones civiles de la sala.
Bunker	Explosión de caldera por bunker	Fatalidad: accidente grave en operador. Indisponibilidad del servicio (se afectan ambas calderas e instalaciones auxiliares de la sala) por muchos días. Daños en construcciones civiles de la sala.
Aire de combustión	Falta de agua en calderas	Explosión y muerte del operador, inutilización de la caldera, pérdida total del equipo y algunos periféricos (se supone que fallan todos los controles de nivel, sobrecalentamiento de la caldera e ingreso de agua).
Agua de alimentación de caldera	Falla de PLC	Potencial de fatalidades por explosión de gas o por asfixia.
Alimentación eléctrica	Explosión en sala	Explosión y muerte de al menos 1 persona
Instrumentación y control	Indisponibilidad de vapor (>7 días)	Indisponibilidad de las calderas por periodo prolongado (menor a un mes).

Continuación de la tabla X.

Aire de instrumentos	Falla en provisión de aire de instrumentos	Mayor consumo de agua DEMI y pérdida de eficiencia energética (por descarte de agua caliente).
Vapor	Combustión inapropiada de gas	Afectación del medio ambiente por emisión de gases tóxicos vía chimenea.
Gases de combustión (humo)	Riesgo 5. Falla en provisión de energía eléctrica	Explosión interna por eventual falla de las 2 válvulas de bloqueo de gas.
Agua de purga	Rotura del casco	Lesiones severas de una persona por efecto de quemadura de vapor / agua.
Químicos	Incorrecta concentración de aditivos	Inhabilitación de caldera por corrosión o incrustación de la caldera.

Fuente: elaboración propia.

3.7. Medidas de control

Las medidas de control que se aplican para controlar los peligros, riesgos de los materiales son las que se muestran en la tabla Medidas de control.

Tabla XI. Medias de control

Peligro	Riesgo	Medidas de Control
Gas GLP	Explosión de caldera por gas	Detector CO: Mantenimiento 3, 6-12 meses
Bunker	Explosión de caldera por bunker.	Detector CO: Mantenimiento 3, 6-12 meses
Aire de combustión	Falta de agua en calderas	Detector CO: Mantenimiento 3, 6-12 meses
Agua de alimentación de caldera	Falla de PLC	Detector CO: Mantenimiento 3, 6-12 meses
Alimentación eléctrica	Explosión en sala	Detector CO: Mantenimiento 3, 6-12 meses
Instrumentación y control	Indisponibilidad de vapor (>7 días).	EPP Especifico
Aire de instrumentos	Falla en provisión de aire de instrumentos.	EPP Especifico
Vapor	Combustión inapropiada de gas.	EPP Especifico
Gases de combustión (humo)	Riesgo 5. Falla en provisión de energía eléctrica.	EPP Especifico
Agua de purga	Rotura del casco	EPP Especifico
Químicos	Incorrecta concentración de aditivos.	EPP Especifico

Fuente: elaboración propia.

3.8. Documentos de referencia

Los documentos de referencia que se toman en consideración para el análisis de riesgo de proceso son los de inspección de calderas anexo 3 e Inspección de tubería anexo 4.

3.9. Bases de diseño del proceso

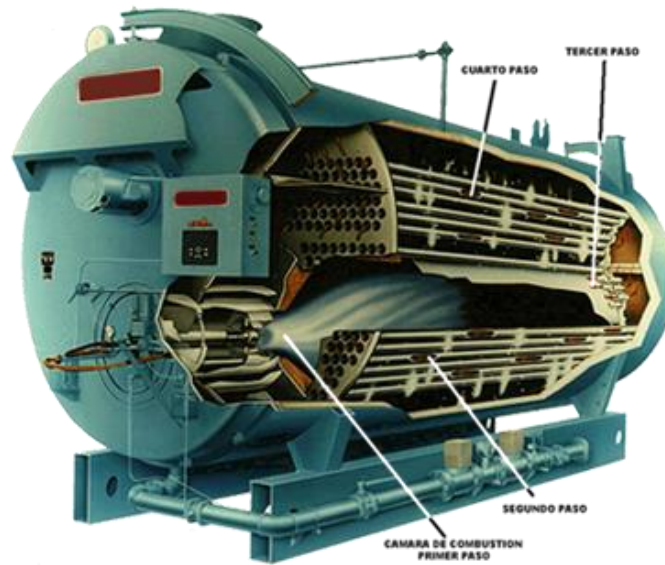
En las bases de diseño del proceso se encontrarán las descripciones generales del proceso, planos de localización, balance de materia, descripciones no deseadas por combinación de los materiales peligrosos, límites de proceso; variables críticas, condiciones estándar, límites seguros, consecuencias de operar fuera de los límites.

3.9.1. Descripciones generales del proceso

Una caldera es equipo ingenieril diseñado para la generación de vapor saturado. El vapor se genera por la transferencia calorífica a una presión constante, el fluido al inicio está en estado líquido, por energía calorífica se calienta y cambia de estado gaseoso.

Las calderas que se tienen en la industria son de tipo Piro tubulares el fluido atraviesa por los tubos internos por medio de energía calorífica generada por material hidrocarburo a través de una llama de fuego y gases producto de un proceso de combustión como se demuestra en la figura 10. Esta Caldera se le llama tipo piro tubulares.

Figura 10. **Caldera tipo piro tubulares**



Fuente: OCVAC. *Caldera 01*. http://ocvac.com/portfolio_item/caldera-01/. Consulta: 2 de noviembre de 2020.

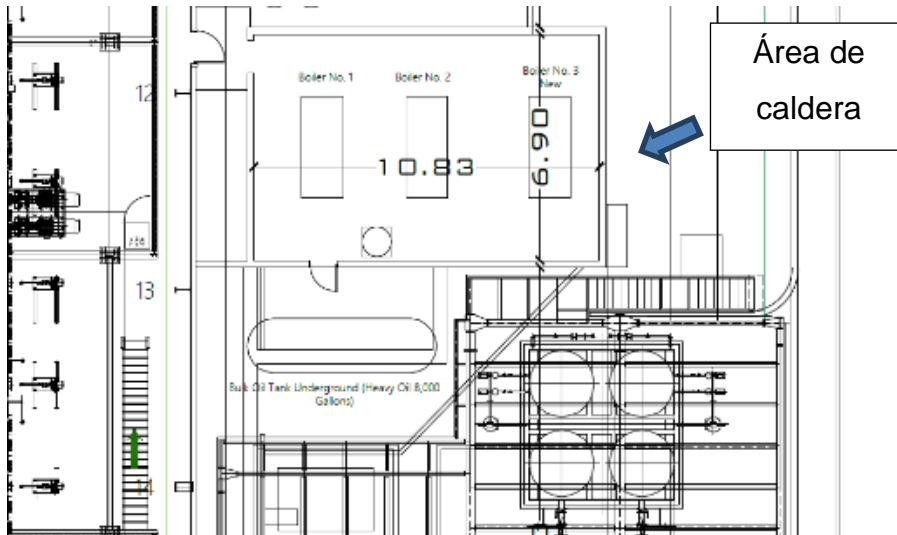
La caldera tiene por función generación de vapor a una presión de 60 kg/cm^2 a $480 \text{ }^\circ\text{C}$ para alimentar los turbogeneradores, turbo sopladora y el vapor para servicio de los procesos productivos. La capacidad de generación es $350\,000 \text{ lb/hs}$ (159T/h).

La caldera actualmente opera con combustibles *Fuel Oil* (Bunker).

3.9.2. Planos de localización

El área de calderas se encuentra localizado en la parte externa de la línea galvanizadora de lámina, este se encuentra en un área de $10,83 \times 6,90 \text{ mts}$, como se muestra en la figura 11. Planos de localización.

Figura 11. Planos de localización



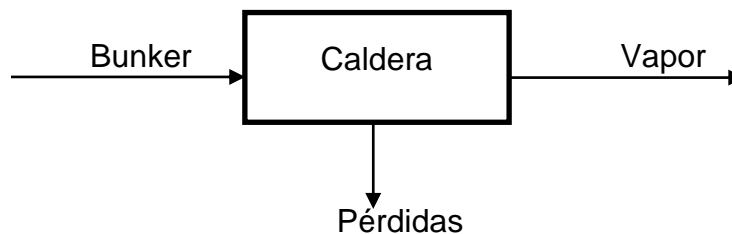
Fuente: elaboración propia, empleado AutoCAD 2012.

3.9.3. Balance de materias y energía

El balance de materias y energías son indispensables para la determinación del consumo, producciones y pérdidas en el proceso.

El balance permite la identificación para la conservación de energía para el mayor aprovechamiento de la misma.

Figura 12. Balance de energía



Fuente: elaboración propia.

$$\dot{Q}_{entrada} = \dot{Q}_{salida} + \dot{Q}_{pérdidas}$$

Donde:

\dot{Q} = son los flujos de energía en BTU/hora

Nota: Para el balance de masa se realizó un análisis a partir de los fluidos energéticos mostrados en el manual Boiler Book 01/2020.

“El flujo de entrada está dado por el máximo de energía de entrada del equipo según su capacidad y la salida está estandarizado según el modelo.”¹

Para las calderas 1 y 2 los valores son similares, para la caldera 3 el valor es diferente de acuerdo al manual y placa de cada máquina.

La capacidad de entrada estará dada por la capacidad energética del combustible por el consumo de este.

Consumo de combustible para calderas 1 y 2:

$$\frac{14 \text{ gal}}{\text{hora}} * \frac{150\,000 \text{ BTU}}{1 \text{ gal}} = 2,100,000 \text{ BTU/h}$$

Calderas 1 y 2:

$$\dot{Q}_{entrada} = 2\,100\,000 \text{ BTU/h}$$

$$\dot{Q}_{salida} = 1\,674\,000 \text{ BTU/h}$$

$$\dot{Q}_{perdidas} = 426\,000 \text{ BTU/h}$$

¹ Ministerio de Trabajo y Prevención Social. *Acuerdo Gubernativo núm. 229-2014*. p. 76.

Caldera 3:

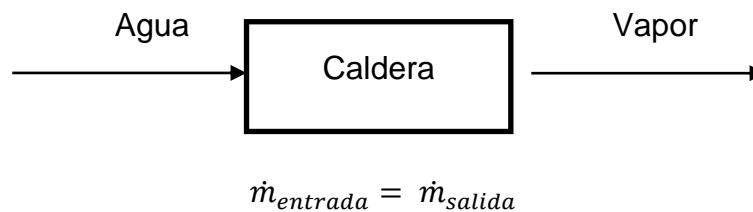
$$\dot{Q}_{entrada} = 2\,400\,000 \text{ BTU/h}$$

$$\dot{Q}_{salida} = 2\,009\,000 \text{ BTU/h}$$

$$\dot{Q}_{perdidas} = 391\,000 \text{ BTU/h}$$

Q de salida extraído de fórmula de manual de calderas

Figura 13. Balance de masa



Fuente: elaboración propia.

Donde

\dot{m} =Flujo másico en kilogramo/h

La energía de condensación del vapor a 75PSI es de 894.93 BTU/lb, para determinar los flujos se necesita una cantidad de vapor que pueda transportar las energías producidas a la salida en las calderas, para las calderas 1 y 2:

$$\frac{1\,674\,000 \text{ BTU}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ lb vapor}}{894,93 \text{ BTU}} * \frac{0,4535 \text{ kg vapor}}{1 \text{ lb vapor}} = 848,46 \text{ kg vapor/h}$$

Como los valores de entrada y salida son los mismos entonces:

$$\dot{m}_{entrada} = \dot{m}_{salida}$$
$$848,46 \text{ kg agua/hora} = 848,46 \text{ kg vapor/hora}$$

Para la caldera 3:

$$\frac{2\,009\,000\text{ BTU}}{\text{hora}} * \frac{1\text{ lb vapor}}{894,93\text{ BTU}} * \frac{0,4535\text{ kg vapor}}{1\text{ lb vapor}} = 1\,018,25\text{ kg vapor/h}$$

$$1\,018,25\text{ kg} \frac{\text{vapor}}{\text{h}} = 1\,018,25\text{ kg vapor/h}$$

Eficiencia de proceso calderas 1 y 2:

$$\frac{\dot{Q}_{\text{salida}}}{\dot{Q}_{\text{entrada}}} = n (\text{Eficiencia}) = \frac{1\,674\,000 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}}{2\,100\,000 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}} = 79,71\%$$

Eficiencia de proceso caldera 3:

$$\frac{\dot{Q}_{\text{salida}}}{\dot{Q}_{\text{entrada}}} = n (\text{Eficiencia}) = \frac{2\,009\,000 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}}{2\,400\,000 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}} = 83,71\%$$

3.9.4. Inventarios de máximos y mínimos en materia prima

Los inventarios máximos y mínimos en materia prima para el proceso de operación de las calderas se muestran en la tabla XI, máximos y mínimos de materia prima.

Tabla XII. **Máximos y mínimos de materia prima**

Elemento /Material	Mínimo	Máximo
Bunker	250 gal	1200 gal
Propano	5 200 gal	10 500 gal
Agua caldera 1 y 2	2 073 600 gal	4 000 000 gal
Agua caldera 3	2 505 600 gal	4 000 000 gal
SQI 1600	5 envases	15 envases
SQI 1400	5 envases	15 envases
SQI 900	5 envases	15 envases

Fuente: elaboración propia.

Agua reservorio para caldera 1y 2:

$$\frac{48g \text{ al}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} * \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} = 2\,073\,600 \text{ gal /mes}$$


Agua reservorio para caldera 3:

$$\frac{402 \text{ gal}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} * \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} = 2\,505\,600 \text{ gal/mes}$$

3.9.5. **Tabla de compatibilidad de sustancias**

En la figura 9. Tabla de compatibilidad de sustancias se describe el nombre del material, familia y grupo al que pertenece para validar si es compatible o Incompatible con el material.

Tabla XIII. **Tabla de compatibilidad de sustancias**

Área:		Sala de Calderas														
Nombre del Material	Familia de Compuestos	Grupo que pertenece	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QUIMICO SQI-1400 P/CALDERAS	Aminas y Morfolinas	7	1													
QUIMICO SQI-1600 P/CALDERAS	Quelantes y Alcalinizantes	21	2													
QUIMICO SQI-900 P/CALDERAS	Sulfitos, Fosfonatos, Quelantes y Polimero	10	3													
Bunker	Petroleo Hidrocarburos	101	4													
Gas Licuado de Petroleo (G.L.P.)	Petroleo Hidrocarburos	101	5													
Norma Oficial Mexicana Nom-054-SEMARNAT-1993*				Fuentes: Anexo_1_NOM_054, Anexo_2_NOM_054												

Compatible Pueden almacenarse juntos. Verificar la reactividad individual en las MSDS

Incompatible
Es necesario almacenar por separado. Seguir medidas establecidas para uso y almacenaje en las MSDS

Fuente. UNINET. *Norma oficial mexicana, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL-1993.* <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/ecol054.pdf>.

Consulta: 15 de noviembre de 2020.

3.9.6. Valores críticos de operación

Las variables críticas de operación en calderas se muestran en la siguiente tabla XIV. Valores críticos de operación.

Tabla XIV. **Valores críticos de operación**

Valor de operación	Caldera 1	Caldera 2
GENERALIDADES		
Modelo	CB600-50	CB600-50
Máxima presión de trabajo	150 PSI	150 PSI
Max energía que acepta	2 095 000 BTU/HR	2 092 000 BTU/HR
GPH máximo	14	14
SISTEMA ELECTRICO PRINCIPAL		
Voltaje	440	230
Amperaje mínimo del circuito	15.5 AMP	31 AMP
Máximo rating del circuito de protección	5.6 AMP	116 AMP
Motor de ventilador	2 HP	2 HP
Compresor de aire	2 HP	2 HP
Calentador de bunker	5 KW	5 KW
CIRCUITO DE CONTROL		
Voltaje	120 Volts	120 Volts
Potencia	1 HP	1 HP
Frecuencia	60 HZ	60 HZ
Amperaje	7 AMP	7 AMP
BUNKER		
Voltaje	230 Volts	230 Volts
Potencia	3 HP	3 HP
Frecuencia	60 HZ	60 HZ
Bunker	No más pesado a 6	No más pesado a 6
Sistema de circulación de bunker	30-45 PSI entrada	30-45 PSI entrada
	10 PSI de contrapresión	10 PSI de contrapresión
Temperatura de bunker a la entrada	249.98 °F	249.98 °F

Fuente: elaboración propia.

3.10. **Análisis de riesgos del proceso (ARP)**

El análisis de riesgo del proceso (ARP) se realizó mediante la metodología *what if* es una herramienta basada en una lluvia de ideas, donde un equipo multidisciplinario participa, se nombra un representante de cada departamento.

- Representante de mantenimiento mecánico
- Representante de mantenimiento eléctrico
- Representante de área usuaria
- Representante de Seguridad e Higiene industrial
- Representante de materias primas

Se valora la percepción individual frente a los riesgos. No se hace diferencia formal terminológica entre riesgo y peligro, para no cambiar el proceso. Riesgos, peligros, hechos dañinos, inquietudes o preocupaciones pueden ser externalizadas libremente.

En el proceso, se registran en forma de preguntas “Que pasa si” solamente es una forma de pregunta. Las preguntas no serán cerradas, no se necesita fundamentar o justificar las mismas y principalmente, no se contestan.

El proceso se inicia con preguntas libres y luego se organiza por el alcance, equipos de trabajo y procedimientos, en forma a ser lo más exhaustivo posible.

Después de concluida la fase de preguntas libres por el recorrido del alcance, equipos y operaciones, las preguntas serán filtradas considerando la siguiente clasificación.

- Superadas. La cuestión puede ser contestada con información disponible y no es creíble que involucre riesgo.
- Buena práctica. La cuestión involucra el seguimiento de buenas prácticas, leyes ocupacionales y normativas internas existentes, las cuales deben ser reforzadas.

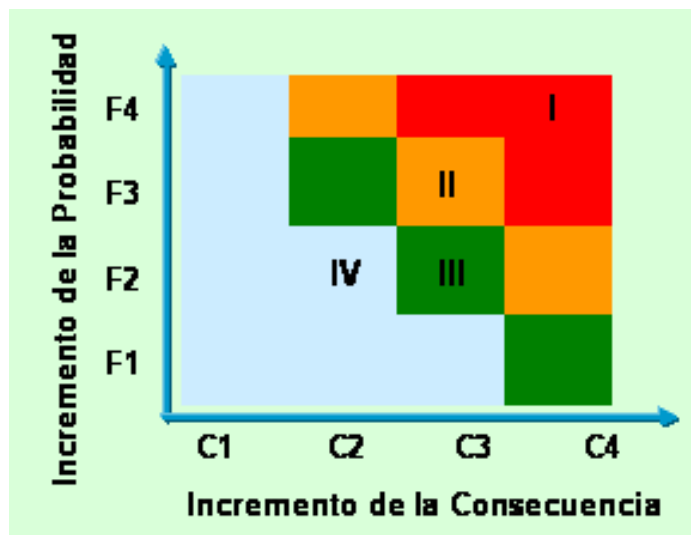
- Riesgo validado. La cuestión enseña un riesgo relevante y factible.

La tabla de filtrado de preguntas indica cada categoría y ya produce recomendaciones básicas sobre las buenas prácticas; los riesgos validados son declarados y numerados.

3.10.1. Clasificación de riesgos

De acuerdo a la aplicación de la matriz de tolerabilidad:

Figura 14. Clasificación de riesgos



Fuente: elaboración propia.

Los riesgos más relevantes surgidos del análisis de ARP de segmento de estudio son los siguientes:

Tabla XV. Análisis de riesgos validados

RIESGO VALIDADO	CONSECUENCIAS (PEOR CASO MAS CREIBLE)	PROBABILIDAD (IP)	CONSECUENCIAS (IC)	TOLERABILIDAD (MATRIZ)	CLASIFICACION DE RIESGO
Explosión de caldera por gas	Fatalidad: accidente grave en operador. Indisponibilidad del servicio (se afectan ambas calderas e instalaciones auxiliares de la sala) por muchos días. Daños en construcciones civiles de la sala.	F3	C4	I	Intolerable
Explosión de caldera por bunker	Explosión y muerte del operador. inutilización de la caldera, pérdida total del equipo y algunos periféricos (se supone que fallan todos los controles de nivel, sobrecalentamiento de la caldera e ingreso de agua)	F3	C4	I	Intolerable
Falta de agua en calderas	Potencial de fatalidades por explosión de gas o por asfixia	F3	C4	I	Intolerable
Falla de PLC	Explosión y muerte de al menos 1 persona	F2	C4	II	Intolerable
Explosión en sala	Indisponibilidad de las calderas por periodo prolongado (menor a un mes)	F3	C2	III	Indeseable
Indisponibilidad de vapor (>7 días)	Mayor consumo de agua DEMI y pérdida de eficiencia energética (por descarte de agua caliente).	F4	C1	IV	Administrable
Falla en provisión de aire de instrumentos	Afectación del medio ambiente por emisión de gases tóxicos vía chimenea.	F4	C1	IV	Tolerable
Combustión inapropiada de gas	Explosión interna por eventual falla de las 2 válvulas de bloqueo de gas	F1	C3	IV	Tolerable
Falla en provisión de energía eléctrica	Lesiones severas de una persona por efecto de quemadura de vapor / agua	F1	C3	IV	Tolerable
Rotura del casco	Lesión menor por quemadura	F2	C2	IV	Tolerable
Incorrecta concentración de aditivos	Inhabilitación de caldera por corrosión o incrustación de la caldera	F2	C2	IV	Tolerable
Contaminación interna del agua de caldera	Daño de la caldera por corrosión a largo plazo	F2	C1	IV	Tolerable
Rotura de tubos internos de caldera	Inhabilitación de caldera por daño mecánico	F3	C1	IV	Tolerable
Explosión de caldera por vapor	Quemaduras por agua caliente mezclada por vapor	F2	C2	IV	Tolerable
Accidente para el operador	Quemaduras por agua caliente mezclada por vapor	F2	C2	IV	Tolerable

Fuente: elaboración propia.

Se realiza un resumen de los riesgos detectados.

- Riesgos de nivel I (Intolerable)
 - Explosión de caldera por gas
 - Explosión de caldera por bunker
 - Falta de agua en calderas
 - Falla de controlador y Válvula

- Riesgos de nivel II (Indeseable):
 - Riesgo de explosión en sala

- Riesgos de nivel III (Administrable):
 - Indisponibilidad de vapor (>7 días).

- Riesgos de nivel IV (Tolerable)
 - Falla en provisión de aire de instrumentos.
 - Combustión inapropiada de gas.
 - Falta en provisión de energía eléctrica
 - Rotura del casco
 - Saturación con vapor en ambiente de sala
 - Incorrecta concentración de aditivos
 - Contaminación interna del agua de caldera
 - Rotura de tubos internos de caldera
 - Explosión de caldera por vapor
 - Accidente para el operador

La clasificación de riesgos según la metodología.

Figura 15. Niveles de riesgo y su explicación

Riesgo no significativo/Trivial	No se requiere acción específica.
Riesgo poco significativo/Tolerable	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Riesgo moderado	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado.
Riesgo significativo/Importante	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Riesgo intolerable	No debe comenzarse ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo con recursos limitados, debe prohibirse el trabajo.

Fuente: LUIS SARASOLA, Xabier. *Plan de prevención de riesgos laborales de una carpintería metálica*. https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/4390/72484117P_MGPRL_JULIO14.pdf?sequence=1. Consulta: 22 de noviembre de 2020.

4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN E INVERSIÓN DE DISPOSITIVOS E INSTRUMENTOS DE PROTECCIÓN EN EQUIPO CRITICO MEDIANTE ADMINISTRACIÓN SEGURA DE LOS PROCESOS

4.1. Administración de seguridad de procesos (PSM) y sus elementos

Administración de seguridad de proceso, se define como la aplicación de sistemas de gestión y controles (programas, procedimientos, estándares, auditorías, evaluaciones), a un proceso de productivo para que los riesgos del proceso sean identificados, entendidos y controlados de tal forma que los accidentes, incidentes relacionados con el proceso sean prevenidos.

Esto requiere de un esfuerzo constante de liderazgo de todos los niveles de la organización.

La administración de seguridad en los procesos se focaliza en tres áreas claves:

Figura 16. **Áreas claves en ASP**



Fuente: elaboración propia, empleado Microsoft Visio 2019.

4.1.1. Beneficios de la administración de seguridad de procesos (ASP)

Los beneficios que se pueden obtener después de haber implementado la administración de seguridad de procesos son los siguientes:

- Evitar eventos catastróficos con pérdida de vidas, lesiones, daños a la salud, a las instalaciones y al medio ambiente y el litigio que sigue.
- Mejora de productividad y ahorro por la reducción del tiempo de paro.
- Mejora de la eficiencia mediante la consolidación de múltiples actividades relacionadas con la seguridad en un esfuerzo integrado.

- Mejora de la calidad y la satisfacción del cliente, por la garantía de una operación continua dentro de los límites especificados.
- Dar soporte al "Derecho de operar" otorgado por el Gobierno, la comunidad, y otras partes interesadas.
- Mejora de las relaciones laborales a través del compromiso y la participación activa en la ejecución de los programas de implantación.
- Valor sostenido para los accionistas e imagen mejorada en la comunidad.

4.1.2. Bases para el enfoque de los 14 elementos de ASP

Los 14 elementos cubren todos los componentes críticos para administrar el riesgo en cualquier organización de manufactura, con el compromiso de la dirección y el liderazgo como el núcleo.

Figura 17. **Los 14 elementos que debemos aplicar para que se efectiva la administración de la seguridad de los procesos**



Fuente: Empresa DuPont. *Los escenarios accidentales y los estudios de consecuencias y vulnerabilidades en los análisis de riesgos de los procesos.*
<https://slideplayer.es/slide/11806759/>. Consulta: 2 de diciembre de 2020.

4.1.3. Tecnología de procesos

El paquete de información de la seguridad del proceso (tecnología del proceso), provee la descripción de la operación del proceso y las bases para identificar y entender los riesgos involucrados.

Es el primer paso en la implantación de la administración de la seguridad del proceso.

Debido a su importancia para la seguridad del proceso, la documentación de la información del proceso debe controlarse para que esté vigente, actualizada y disponible para su aplicación.

Tener disponible la documentación de la información del proceso es indispensable para que todo el personal responsable de la administración de los riesgos se asegure que los riesgos del proceso son comprendidos.

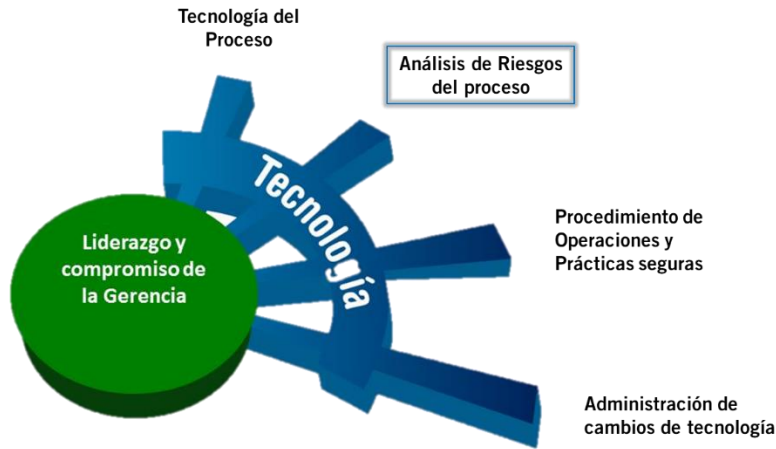
- Ingeniería, diseño y construcción
- Operación del proceso
- Mantenimiento
- Servicios
- Áreas administrativas de apoyo
- Personal de seguridad y apoyo a emergencias
- Contratistas y proveedores
- Partes interesadas

Toda la información del proceso (paquete de Tecnología), estará controlada por el Guardián de la Tecnología, es el representante de la administración segura de proceso para tener esta información y será designado por la alta gerencia, debe tener las competencias y aptitudes.

El paquete de tecnología del proceso se integra por:

- Análisis de riesgo de proceso
- Procedimiento de operaciones y practicas seguras
- Administración de cambios de tecnología

Figura 18. **Tecnología de proceso**



Fuente: Empresa DuPont. *Los escenarios accidentales y los estudios de consecuencias y vulnerabilidades en los análisis de riesgos de los procesos.*

<https://slideplayer.es/slide/11806759/>. Consulta: 2 de diciembre de 2020.

4.1.4. **Análisis de riesgos de proceso**

En el análisis de riesgo de proceso se validaron nueve riesgos en total, fueron segmentados por niveles como se muestra en la tabla XIII. riesgos validados y recomendaciones.

Tabla XVI. **Riesgos validados y recomendaciones**

Riesgos Validados	Recomendaciones
Riesgos de nivel I (Intolerable)	
Explosión de caldera por gas	12
Falta de agua en calderas	4
Falla de PLC	2
Riesgos de nivel II (Indeseable)	
Riesgo de explosión en sala	1
Riesgos de nivel III (Administrable)	
Indisponibilidad de vapor (>7 días).	0

Continuación de la tabla XVI.

Riesgos de nivel IV (Tolerable)	
Falla en provisión de aire de instrumentos	0
Combustión inapropiada de gas	0
Falla en provisión de energía eléctrica	0
Rotura del casco	0

Fuente: elaboración propia.

Dado el número de riesgos, se decidió solamente enfocar las recomendaciones en los riesgos de tolerabilidad I y II, como se detalla en la siguiente tabla resumen:

Tabla XVII. **Resumen de riesgos intolerable**

RIESGO (tolerabilidad)	PELIGRO VALIDADO	RECOMENDACIONES		
		A	B	TOTAL
I	Explosión de caldera por gas o bunker	3	9	12
	Falla de controlador y Válvula	0	2	2
	Falta de agua en calderas	4	0	4
II	Explosión en sala	0	1	1

Fuente: elaboración propia.

Para mayor detalle sobre la priorización de las mismas se agrega la siguiente tabla:

Tabla XVIII. Resumen de riesgos y recomendaciones

PELIGRO VALIDADO	RIESGO (tolerabilidad)	Recomendaciones	Reducción de riesgo	Facilidad de ejecución	Costo involucrado	Beneficio	PRIORIDAD SUGERIDA ARP
Falta de agua en calderas	I	Instalar candado en válvula que vincula al sensor	8	4	4	128	A
	I	Incluir en el plan anual de mantenimiento, limpieza de los colectores de niveles y Sensores	8	4	4	128	A
	I	Eliminar accionamiento manual desde QP de la purga de fondo	8	4	4	128	A
	I	Incluir sensores y bujías como equipo crítico	4	4	4	64	A
	I	Incorporar en PO-SPSID-910 la verificación del accionamiento de persianas	4	4	4	64	A
	I	Montar rejilla previo a la aspiración del soplador de aire de combustión.	8	2	4	64	A
	I	Confeccionar PMA de montaje y desmontaje de quemador	4	4	4	64	A
	I	UNITY. Incorporar sensor de medición de flujo en conducto de aire de combustión.	8	2	2	32	B
	I	UNITY. Crear lógica de prueba funcional del Presostato de aire en paso previo al barrido inicial de arranque (PLC de calderas).	8	2	2	32	B
	I	UNITY. Crear lógica de PLC para Checkear discrepancia ó cambio de estados de los presostatos de gas.	8	2	2	32	B
Explosión de caldera por gas o bunker	I	UNITY. Implementar modo Mantenimiento para evitar forzado de condiciones	8	2	2	32	B
	I	UNITY. Migrar lógica a un programa trazable y con acceso restringido (Impedir modificaciones de lógica)	8	2	2	32	B
	I	Realizar FMEA focalizado en prebarrido y arranque para detectar puntos no analizados en el "What if?"	4	1	4	16	B
	I	Realizar FMEA "Lazos sistema de combustión", focalizado en: Relación aire/combustible en operación normal	4	1	4	16	B
Falla de PLC	I	UNITY. Conectar la realimentación del limit switch de las electroválvulas VACNC e implementar protección/almística. La NAG201 lo exige.	4	2	2	16	B
	I	Instalación de presostato de presencia de presión de gas en zona de venteo. FMEA	4	2	2	16	B
	I	Implementar un SESDLL (Sistema de Encendido de Seguridad y Detección de Llama)	8	1	2	16	B
Explosión en saia	I	Instalar una UPS	4	2	2	16	B
	II	Incluir en alarmas de nivel2 (Prioridad #1) altos valores de CH4 y CO.	4	2	4	32	B

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Procedimientos de operación y prácticas seguras

Los Procedimientos de Operaciones proporcionan a los operarios una clara comprensión de los parámetros para la operación segura del proceso. También explican detalladamente los aspectos de Seguridad, Salud y las consecuencias ambientales de las operaciones fuera de los límites del proceso y describen los pasos para corregir o evitar desviaciones.

Con esto se está dando cumplimiento al Capítulo IV, aparatos que genera calor y frío y recipientes a presión, del Decreto 229-14 y sus reformas 33-2016, a los Artículo 517

ARTÍCULO 517. En toda sala en que existan aparatos a presión, se debe fijar las instrucciones detalladas, con esquemas de la instalación, que señalen los dispositivos de seguridad en forma destacada y las normas, para ejecutar las maniobras correctamente, prohíban las que no deban efectuarse por ser peligrosas e indiquen las que hayan de observarse en casos de peligro o avería. Estas normas deben adaptarse a las instrucciones específicas que hubiera señalado el constructor de la maquinaria. Se debe hacer el mantenimiento correspondiente de acuerdo a las especificaciones del constructor de la misma.²

Los Procedimientos operativos ayudan a cumplir un estándar de la calidad, la eficiencia del proceso, y el costo de funcionamiento de la empresa. Las Prácticas Seguras proporcionan una guía cuidadosamente elaborada y planeada de procedimientos o permisos para la realización de tareas las cuales tienen riesgos de lesiones graves en caso de no ser cumplidas a cabalidad.

² Ministerio de Trabajo y Prevención Social. *Acuerdo Gubernativo núm. 229-2014*. p. 76.

4.1.5.1. La importancia de los procedimientos de operación y prácticas seguras

Los procedimientos operativos contribuyen para que se operen los equipos con prevención de accidentes, incidentes de seguridad y ambientales graves.

Los procedimientos operativos ayudan a mantener y a cumplir con los estándares de la calidad, la eficiencia del proceso, y el costo de funcionamiento de la empresa. El personal de operación tiene la confianza de que sabe lo que está haciendo.

4.1.5.2. Las prácticas seguras o métodos de trabajo seguro

Estas prácticas o Métodos de trabajo seguro son desarrollados para garantizar la ejecución de las actividades de operación, mantenimiento durante un trabajo no rutinario.

Estos aplican al personal interno, al personal contratista y proveedores e Incluyen requerimientos de los permisos de trabajo/autorización para actividades críticas (procedimientos críticos):

- Bloqueo/etiquetado de fuentes de energía peligrosas
- Seguridad eléctrica
- Apertura de líneas de proceso
- Izaje de cargas y maniobras
- Comprobación de integridad y pruebas

- Continuar la operación con una alarma de seguridad del proceso activada.

Para la operación de caldera se creó un método Operativo de trabajo seguro que abarca los puntos críticos para operar la caldera, esta práctica segura se muestra en el Anexo 3. Operación de caldera.

4.1.6. Administración del cambio

Es la aplicación sistemática de prácticas y procedimientos en la identificación, evaluación, autorización y aplicación de los cambios, alteraciones, permanentes o temporales, a la tecnología del proceso (materiales, bases de diseño del proceso, bases del diseño de los equipos, o cuando se modifiquen las variables del proceso).

En la administración del cambio se debe de tener los siguientes principios.

- Los cambios al proceso invalidan potencialmente las evaluaciones de riesgos anteriores y crean nuevos riesgos, en consecuencia, todos los cambios a la tecnología del proceso deben ser revisados.
- Documentar los cambios autorizados.
- Documentar los resultados de las pruebas.
- Establecer una secuencia de seguimiento para asegurar el cierre del cambio.

- Todo el personal debe entender lo que es un cambio de tecnología y cuándo se solicita la revisión y autorización.
- Todos los cambios al equipo e instalaciones se reportan y se administran antes de su ejecución.
- No se permite que, por ninguna circunstancia, cambios por insignificante que parezca, temporal o permanente, sin su correspondiente administración.
- La administración de cambios a la tecnología evalúa los riesgos, las consecuencias y los impactos potenciales.
- Se evalúa la viabilidad de los cambios con un análisis de riesgos y en caso necesario, se definen medidas adicionales, de protección y control.
- Se actualizan el paquete de tecnología, los procedimientos y todos los elementos de ASP dependientes.
- La autorización de cambios corresponde al grupo de Integridad Mecánica con la aprobación del Guardián de la Tecnología.
- Muchos incidentes graves ocurren en después de haber realizado algún tipo de cambio.

En el anexo 4, se muestra el procedimiento de gestión del cambio que integra los principios de la administración del cambio donde explica los diferentes tipos de cambios, alteraciones, permanentes o temporales, a la tecnología del proceso.

Es muy importante también que cuando se realice algún cambio en los equipos o maquinarias, se incluya dentro de la administración del cambio de los equipos el cumplimiento de ley guatemalteca que en este caso aplica el Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016, en los siguientes capítulos y artículos, estos enfocados a cumplimiento de condiciones físicas, equipos, maquinas o instalaciones.

- Capítulo VII, Motores eléctricos, del artículo 324 al 325, donde indica lo siguiente.

ARTÍCULO 324. Los motores eléctricos deben estar provistos de cubiertas permanentes u otros resguardos apropiados, dispuestos de tal manera que prevengan el contacto de las personas u objetos a menos que: a) Estén instalados en locales aislados y destinados exclusivamente para motores. b) Estén instalados en altura no inferior a tres metros sobre el piso o plataforma. c) Sean de tipo cerrado.

ARTÍCULO 325. Nunca deben instalarse motores eléctricos que no tengan el debido blindaje anti-deflagrante o que sean de un tipo antiexplosivo probado, en contacto o proximidad con materias fácilmente combustibles, ni en locales cuyo ambiente contenga gases, partículas o polvos inflamables o explosivos.³

- Capítulo IX, Motores, transmisiones y máquinas, del mismo decreto del artículo 421, 422 al 432.

ARTÍCULO 421. Debe procurarse que los motores estén en locales aislados de los lugares de trabajo y de no ser así, de acuerdo con la potencia de los mismos, deben rodearse de barreras u otros dispositivos.

ARTÍCULO 423. Los motores directamente acoplados a las máquinas, deben ser protegidos. Se exceptúan de estas medidas aquellos que no ofrezcan peligro alguno para las personas que puedan aproximarse a ellos.

ARTÍCULO 424. Tanto el arranque como la parada y demás operaciones para el funcionamiento de los motores deben hacerse de forma y mediante dispositivos tales, que no ofrezcan riesgo para los trabajadores encargados de los mismos.

³ Ministerio de Trabajo y Prevención Social. *Acuerdo Gubernativo núm. 229-2014*. p. 51.

ARTÍCULO 425. Los motores, transmisiones, y herramientas eléctricas portátiles, deben estar provistos de dispositivos de emergencia que permitan detenerla rápidamente y de tal forma que resulte imposible todo su accionar.

ARTÍCULO 426. En casos de emergencia debe contarse con dispositivos especiales capaces de detener el funcionamiento de los motores principales o de cualquiera de las máquinas accionadas.

ARTÍCULO 427. Las partes móviles, piezas salientes y cualquier otro elemento de los motores, transmisiones y máquinas, que presente peligro para los trabajadores, deben estar provistos de guardas y protección que evite dicho peligro.

ARTÍCULO 428. Cuando se realicen trabajos de mantenimiento o reparación, deben seguir las precauciones establecidas en el manual del fabricante de la maquinaria o equipo.

ARTÍCULO 429. Los motores principales y las turbinas se deben ubicar en locales aislados o en recintos cerrados, prohibiéndose el acceso a personas no autorizadas mediante la señalización correspondiente que se encuentre de forma visible.

ARTÍCULO 430. Los vástagos, los émbolos, las varillas, manivelas u otros elementos móviles, que sean accesibles al trabajador y por la estructura de las máquinas, se deben proteger o aislar adecuadamente mediante barandillas.

ARTÍCULO 431. El arranque y parada de los motores principales, cuando estén conectados con transmisiones mecánicas a otras máquinas situadas en distintos locales se debe efectuar, previo aviso o señal convenida que debe percibirse con claridad en todos los puestos de trabajo cuyas máquinas o mecanismos sean accionados por ellos.

ARTÍCULO 432. En el caso de transmisiones instaladas bajo el pavimento o en fosas, deben estar colocadas de manera que los trabajadores puedan llegar hasta ellas y recorrerlas sin peligro alguno. Las aberturas por donde las fajas atraviesen el suelo, deben protegerse mediante guardas.⁴

- **Capítulo IX, Dispositivos de seguridad, del artículo 454 al 456**

ARTÍCULO 454. Para proteger al trabajador frente a la acción mecánica agresiva, se debe adoptar obligatoriamente los dispositivos de seguridad necesarios para delimitar los campos de los movimientos operatorios de aquél.

ARTÍCULO 455. Estos dispositivos reunirán los requisitos siguientes: a) Deben de constituir si es posible parte integrante de las máquinas. b) Deben de situarse libres de entorpecimiento. c) No deben interferir innecesariamente en el proceso productivo normal. d) No deben limitar el campo visual del trabajador. e) El campo operatorio del trabajador debe quedar libre de obstáculos. f) No deben de exigir al

⁴ Ministerio de Trabajo y Prevención Social. *Acuerdo Gubernativo núm. 229-2014*. p. 63-64.

trabajador posiciones ni movimientos forzados. g) El medio de retención de las proyecciones no debe impedir la visibilidad del operario. h) No debe constituir riesgos por sí mismos.

ARTÍCULO 456. Todas las máquinas deben utilizarse siguiendo las normas dadas por el fabricante que necesariamente han de estar en el idioma español y en otro idioma que se requiera. Estas normas deben estar siempre con la máquina y el maquinista debe estar enterado de tales instrucciones para que en todo momento su trabajo se acomode a dichas normas. Está prohibido hacer alteraciones en el sistema de seguridad de las máquinas.⁵

- Capítulo IV, Aparatos que general calor o frío y recipientes a presión, del artículo 519 al 522.

HORNOS, CALDERAS Y CALENTADORES ARTÍCULO

ARTÍCULO 519. Los hornos, calderas, calentadores y demás aparatos que aumenten la temperatura ambiente, se deben proteger mediante revestimientos de material aislante, pantallas o cualquier otra forma adecuada para evitar la acción del calor radiante sobre los obreros que trabajen en ellos o en sus inmediaciones, dejándose alrededor de los mismos un espacio libre, no menor de 1.50 metros o mayor si fuera necesario y prohibiéndose a los trabajadores permanecer en el mismo o sobre aquellos durante las horas de descanso, así como utilizar los espacios próximos a tales aparatos para almacenar materias combustibles.

ARTÍCULO 520. Los depósitos, calderas o recipientes análogos que contengan líquidos corrosivos, calientes o que en general ofrezcan peligro, de no estar provistos de cubierta adecuada, deben disponerse de modo que su borde superior esté por lo menos, a noventa centímetros (90cms.) sobre el suelo o plataforma de trabajo. Se debe proteger en todo su contorno con barandillas sólidas de dicha altura y sus correspondientes zócalos.

ARTÍCULO 521. No se debe permitir colocar encima de los citados aparatos cuando estén abiertos, tablonos o pasarelas que no sean resistentes o no estén provistas de barandillas adecuadas.

CALDERAS

ARTÍCULO 522. Las calderas de vapor y los recipientes destinados a contener fluidos a presión, deben reunir las condiciones de seguridad siguientes:

- a) Las calderas, ya sean de encendido manual o automático, deben ser convenientemente vigiladas durante todo el tiempo que permanezcan en funcionamiento.
- b) Cuando el combustible empleado sea carbón o leña, no debe usarse inflamables o materiales que puedan causar explosiones o retrocesos de llamas o

⁵ Ministerio de Trabajo y Prevención Social. *Acuerdo Gubernativo núm. 229-2014.* p. 66.

viceversa. Iguales normas se seguirán en las calderas en que se empleen petróleo o gases de desperdicios, de conformidad con la normativa vigente.

c) Los reguladores de tiro se deben abrir lo suficiente para producir una ligera corriente de aire que evite el retroceso de llamas.

h) Los atizadores no se deben dejar sobre el suelo entre las calderas, se colocarán siempre en repisas especialmente diseñadas para evitar quemaduras a los trabajadores.⁶

4.1.7. Revisión de seguridad pre arranque

La revisión de seguridad de pre-arranque ofrece una verificación final de la instalación para confirmar que todos los elementos aplicables de ASP se han cumplido satisfactoriamente y la instalación es segura para operar.

En la revisión de seguridad se realizó un formato de Pre arranque y ruta de inspección semanal de las calderas y sistema de vapor esto para tener un control diario de operación, tomando los rangos de operación que son de referencia, si el rango estuviera más bajo o más alto se debe anotar estas observaciones, el formato se puede visualizar en la figura. formato de Pre arranque y ruta de inspección.

Dentro de la revisión de pre arranque también recalca en el acuerdo Gubernativo Guatemalteca 229-2014 y sus reformas 33-2016, en el siguiente capítulo y artículos, estos enfocados a cumplimiento de revisiones pre arranque.

- Capítulo IX, Inspección y mantenimiento de máquinas, del artículo 434, 435 y 438.

ARTÍCULO 434. Será deber del empleador o de quien haga sus veces, del operario y la persona especialmente designada, inspeccionar periódicamente y mantener las máquinas en perfecto estado de funcionamiento.

⁶ Ministerio de Trabajo y Prevención Social. *Acuerdo Gubernativo núm. 229-2014.* p. 77.

ARTÍCULO 435. La persona sobre quien descansa la responsabilidad del mantenimiento del equipo, o la especialmente designada para el efecto, debe realizar la limpieza y engrase de los motores, transmisiones y máquinas, durante la parada de los mismos siempre que cuente con dispositivos de seguridad.

ARTÍCULO 438. La persona responsable del mantenimiento y funcionamiento de la maquinaria no permitirá que trabajador o persona alguna sin autorización, remueva ninguna guarda o haga funcionar las máquinas desprovistas de su guarda o artefacto de protección.⁷

⁷ Ministerio de Trabajo y Prevención Social. *Acuerdo Gubernativo núm. 229-2014*. p. 64.

Figura 19. Formato de Pre arranque y ruta de inspección

SERVICIOS INDUSTRIALES: CALDERAS Y SISTEMA DE VAPOR		CONDICIÓN OPERATIVA:	
RUTA DE INSPECCIÓN: SEMANAL		EQUIPO EN MARCHA	
DENOMINACIÓN DE LA TAREA:		RIESGOS DE LA TAREA:	
CONTROL DIARIO OPERACIÓN CALDERAS			
MOTIVO DE LA TAREA	INSPECCIÓN DIARIA		

Los rangos de operación son de referencia, si el rango estuviera mas bajo o mas alto anotar en observaciones el porque la operación lo requiere.
PARTES VITALES A INSPECCIONAR

Parámetros	rango operación	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		10:00	22:00	10:00	22:00	10:00	22:00	10:00	22:00	10:00	22:00	10:00	22:00	10:00	22:00
TEMPERATURA GASES CHIMENEA	400 - 500 °F														
TEMPERATURA AGUA ALIMENTACIÓN	200 - 220 ° F														
TEMPERATURA TANQUE BUNKER DIARIO	150 - 200 °F														
TEMPERATURA BUNKER ENTRADA QUEMADOR	180 - 210 °F														
PRESIÓN BOMBA AGUA ALIMENTACIÓN	mayor 100 Psi														
BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN	NO fugas														
PRESIÓN BOMBA DE BUNKER	100 - 120 Psi														
BOMBA DE BUNKER	NO fugas														
PRESIÓN PILOTO GAS	4 - 8 onzas														
PRESIÓN AIRE ATOMIZACIÓN	12 - 25 Psi														
PRESIÓN BUNKER PRECALENTADOR	75 - 80 Psi														
PRESIÓN BUNKER ENTRADA QUEMADOR	40 - 45 Psi														
PRESIÓN BUNKER RETORNO QUEMADOR	30 - 35 Psi														
PRESIÓN VAPOR CALDERA	88 - 100 Psi														
PRESIÓN VAPOR PRECALENTADOR	15 - 25 Psi														
PRESIÓN VAPOR MANIFOLD	88 - 100 Psi														
PRESIÓN VAPOR TANQUE BUNKER	15 - 20 Psi														
PRESIÓN AGUA SUAVIZADOR	40 - 60 Psi														
NIVEL AGUA TANQUE ALIMENTACIÓN	bajo/medio/alto														
NIVEL AGUA CALDERA	bajo/medio/alto														
POSICIÓN LEVA MODULADORA	bajo/medio/alto														
NIVEL ACEITE COMPRESOR	bajo/medio/alto														
PRUEBA POR PURGA COLUMNA AGUA	caldera se apaga														
PURGA FONDO	según químico														
HORÓMETRO	horas														
NIVEL QUÍMICO SUAVIZADOR	bajo/medio/alto														
NIVEL TANQUE SALMUERA	bajo/medio/alto														
TEMPERATURA TANQUE ALKALINO 1	50 - 70 °C														
TEMPERATURA TANQUE ALKALINO 2	50 - 70 °C														
TEMPERATURA TANQUE HOT RINSE	50 - 70 °C														
TRAMPAS DE VAPOR	NO fugas														
REGULADORES DE VAPOR TIPO HONGO	NO fugas														
fecha:															
caldera No.:															
mecánico:															
supervisor:															

EQUIPOS A INSPECCIONAR:

UBICACIÓN TÉCNICA	EQUIPO SAP No.	
TG-SIN-DFLU-CLVP-CAL1	Sistema de Distrib. Caldera No. 1	6000199 Caldera No. 1
TG-SIN-DFLU-CLVP-CAL2	Sistema de Distrib. Caldera No. 2	6000199 Caldera No. 2

* Deberá realizar la inspección a los equipos que se encuentran en operación.

OBSERVACIONES (Anoté aquí cualquier situación detectada durante la inspección, realice un aviso si se necesita alguna corrección)

Fuente: elaboración propia.

4.1.8. Integridad mecánica

Es la metodología donde se enfocan los esfuerzos, actividades para asegurar los sistemas, equipos, maquinas o componentes críticos de las operaciones y procesos:

- Mantengan continuamente sus especificaciones originales de diseño durante toda la vida útil.
- Y que en las instalaciones que sean necesarias para la continuidad de las operaciones o contengan materiales peligrosos se eliminen los riesgos e incidentes para garantizar la protección al personal, la comunidad y al medio ambiente, las instalaciones, la operación, entre otros.

En la Integración Mecánica se tiene como equipo critico lo que son las calderas cuya falla podría resultar, permitir o contribuir a, la liberación de o a la exposición a suficiente cantidad de sustancias peligrosas, o su energía (por ejemplo, fuego y explosión); que pudieran ocasionar la muerte, efectos a la salud irreversibles, impactos ambientales significativos o daños importantes a la propiedad.

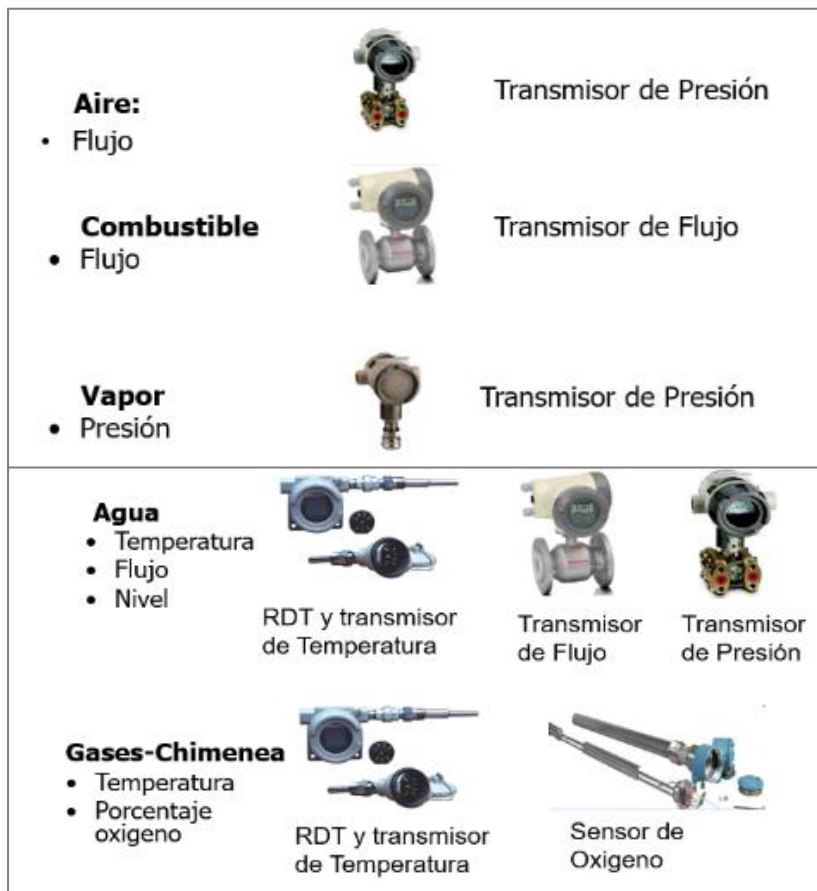
Se tiene la propuesta de controles de robustez del sistema de la seguridad de las calderas, utilizando un controlador hibrido HC900 Hopewell, visualizado por un programa o software Plantscape Vista R400.

Los instrumentos de campo utilizados los cuales se conectan al PLC, para realizar el control y monitoreo a través del sistema supervisor SCADA PlantScape Vista R400, el cual permite históricos, reportes y alarmas.

4.1.8.1. Principales transmisiones del Control de combustión

Las señales principales de control de combustión en las calderas son las que se presentan en la figura 20. Señales de control de combustión y figura 21. actuador electrónico para combustible y aire.

Figura 20. **Señales de control de combustión**



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

Figura 21. **Actuador electrónico para combustible y aire**



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

4.1.8.2. Controlador Híbrido HC900

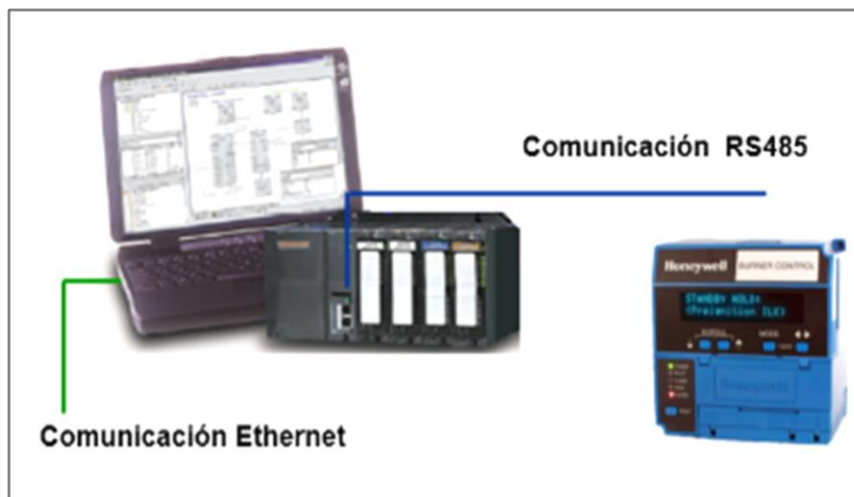
El controlador híbrido HC900 de marca Honeywell es un controlador lógico y de lazo integrado diseñado específicamente para operaciones con unidades de mediana y pequeña escala. Durante la configuración inicial y en modificaciones posteriores, el controlador HC900 logra un óptimo equilibrio entre costo y rendimiento.

Figura 22. **Controlador Híbrido HC900**



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

Figura 23. **PLC y el computador (SCADA)**



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

La comunicación que existe entre el PLC procesador y la computadora se realiza a través de red Ethernet TCP/IP y la comunicación del programador de seguridad de la llama y el procesador PLC a través del modbus RS485.

4.1.8.3. Entradas digitales

Las entradas digitales del controlador Híbrido HC900 hacia la operación de calderas son las que se mencionan a continuación.

- Interruptor de OFF/ON: apagado del equipo y encendido del equipo.
- Presuretrol de trabajo: proporciona la señal automática de la presión de vapor al momento de estar trabajando la caldera.
- Presuretrol de seguridad: envía la señal de la presión de vapor de la caldera.
- Ventilador: envía la señal del contactor auxiliar del ventilador.
- Ventilador térmico: envía la señal digital del contactor del térmico del ventilador.
- Bomba de agua: envía la señal digital de la bomba de agua, la señal se obtiene del contacto auxiliar.
- Térmica bomba de agua: Envía la señal proveniente del contacto del térmico de la bomba de agua.
- Alto fuego: envía la señal digital proveniente del programador del equipo, donde se proporciona la llama.
- Bajo fuego: envía la señal digital proveniente del programador del equipo donde se proporciona la llama.
- Modulación: envía la señal digital proveniente del programador del equipo donde se proporciona la llama.

4.1.8.4. Salidas digitales

Las salidas digitales del controlador Híbrido HC900 hacia la operación de calderas son las que se mencionan a continuación.

- Bomba de agua: habilita o deshabilita la bomba de agua de la caldera
- Bomba de Químico: Activa o desactiva la bomba de químico, esta su función es neutralizar o ablandador de agua.
- Límites: establece los límites cuando es apagada o encendida la caldera, para que funciones esta señal deben de cumplirse las siguientes 3 condiciones:
 - Presuretrol de trabajo
 - Térmico de ventilador
 - Interruptor de encendido
- Sistema de seguridad: envía la señal de encendido o apagado, para que se active las siguientes señales de seguridad:
 - Presuretrol de seguridad.
 - Bajo nivel de agua.
 - Bajo nivel.
 - Ventilador.
 - Alta-Alta presión vapor.
 - Verificación de fuego alto: envía la señal de trabajo y verificación de fuego alto de la caldera.
 - Verificación fuego bajo: envía la señal de trabajo y verificación de fuego bajo de la caldera.
 - Reiniciar programador: su objetivo es reiniciar el programador de llama de la caldera.

4.1.8.5. Entradas análogas

Las entradas análogas del controlador Híbrido HC900 hacia la operación de calderas son las que se mencionan a continuación:

- Flujo de combustible: envía la señal análoga y da información del flujo de combustible.
- Flujo aire: envía la señal análoga sobre flujo de aire de la caldera.
- Presión de vapor: envía señal análoga que es proporcionada por presión del vapor de la caldera.
- Flujo de vapor: envía la señal análoga esta muestra el flujo del vapor.
- Porcentaje oxígeno: envía la señal de forma análoga, esta arroja la información del porcentaje de oxígeno en la chimenea.
- Porcentaje oxígeno: envía la señal de forma análoga esta arroja el porcentaje de oxígeno en la chimenea.
- Flujo de agua: envía la señal de forma análoga, sobre el flujo de agua que ingresa a la caldera.
- Nivel de agua: envía la señal de forma análoga sobre el nivel de agua existente en la caldera.
- Temperatura del tanque de condensado: envía la señal de forma análoga sobre la temperatura de agua, previo al ingresar a la caldera.

4.1.8.6. Salidas análogas

Las salidas análogas del controlador Híbrido HC900 hacia la operación de calderas son las que se mencionan a continuación:

- Actuador de aire: señal enviada al actuador de aire

- Actuador de combustible: señal de forma análoga enviada al actuador de combustible.

4.1.8.7. Tarjetas de ingreso o entrada de forma análoga

En la tabla XIX. Tarjeta de entrada análoga se muestra la señal, rack, modulo y canal de controlador lógico y de lazo integrado de Controlador Híbrido HC900.

Tabla XIX. Tarjetas de entrada análoga

Señal	Rack	Modulo	Canal
Flujo de combustible	1	1	1
Flujo de Aire.	1	1	2
Presión de vapor	1	1	3
Flujo de vapor	1	1	4
Porcentaje de oxígeno	1	1	5
Temperatura de chimenea	1	1	6
Temperatura de tanque	1	1	7
Nivel de agua	1	1	8
Flujo de agua	1	1	9

Fuente: elaboración propia.

4.1.8.8. Tarjetas de salida de forma análoga

En la tabla. tarjeta de salida análoga se muestra la señal, rack, modulo y canal de controlador lógico y de lazo integrado de Controlador Híbrido HC900.

Tabla XX. **Tarjetas de salida análoga**

Señal	Rack	Modulo	Canal
Actuador Aire	1	2	1
Actuador Combustible	1	2	2

Fuente: elaboración propia.

4.1.8.9. **Tarjetas de entrada de forma digital**

En la tabla tarjetas de entrada digital se muestra la señal, rack, modulo y canal de controlador lógico y de lazo integrado de Controlador Híbrido HC900.

Tabla XXI. **Tarjetas de entrada digital**

Señal	Rack	Modulo	Canal
Interruptor de encendido	1	3	1
Presuretrol de Trabajo	1	3	2
Presuretrol de Seguridad	1	3	3
Bajo nivel de agua	1	3	4
Interruptor Aire	1	3	5
Ventilador	1	3	6
Térmico ventilador	1	3	7
Bomba de agua	1	3	8
Térmico bomba de agua	1	3	9
Alto fuego	1	3	10
Bajo fuego	1	3	11
Modulación	1	3	12

Fuente: elaboración propia.

4.1.8.10. Tarjetas de salida de forma digital

En la tabla XIX. Tarjetas de salida digital se muestra la señal, rack, modulo y canal de controlador lógico y de lazo integrado de Controlador Híbrido HC900.

Tabla XXII. Tarjetas de salida digital

Señal	Rack	Modulo	Canal
Bomba de agua	1	4	1
Bomba de Químico	1	4	2
Limites	1	4	3
Seguridades	1	4	4
Verificación bajo Fuego	1	4	5
Verificación de Alto Fuego	1	4	6
Reiniciar Programador	1	4	7

Fuente: elaboración propia.

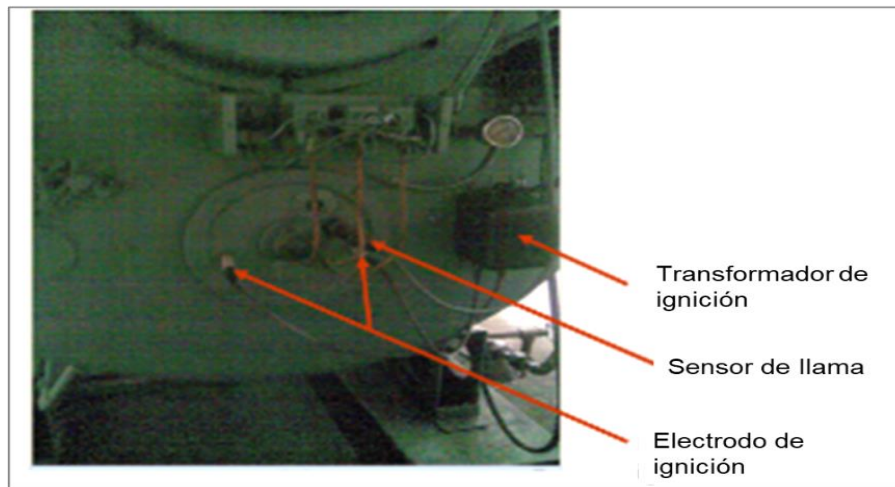
4.1.8.11. Etapas del funcionamiento

Las fases de funcionamiento del controlador Híbrido con el equipo o caldera se divide en cinco etapas: Inicio, Purga inicial, Ignición principal, operación, purga final, esta se describen continuación:

- Ignición: La fase de ignición se compone en dos etapas: ignición del piloto e ignición principal.
- Ignición piloto: es la fase donde se revisa la señal de la llama, donde el programador de llama envía la señal de forma digital para accionar el transformador de ignición para que se genere la llama, esta misma señal digital activa la válvula piloto generando la llama piloto.

En la figura 24, se muestran los elementos de ignición para las calderas:

Figura 24. **Elementos de ignición para las calderas**



Fuente: elaboración propia.

- Ignición principal: en esta fase el programador de seguridad de la llama envía la señal para poder abrir la válvula principal y así prender la llama principal, durante 15 comprobada y enviara la señal para apagar la válvula piloto.
- Operación: se compone de dos fases la estabilización y la de modulación.

En la primera fase en los primeros 10 segundos ocurren en un periodo de estabilización, en la segunda fase entra la modulación en donde PLC procesador empieza a llevar el control e inicia la apertura las salidas análogas, el procesador envía la señal a cada actuador par que inicien a modular los fluidos de aire y combustible.

Cuando la caldera ha estado detenida, la presión de la caldera es muy baja, por tal motivo el control envía señal analógica para aperturar el actuador de aire y el de combustible.

El proceso de combustión en esta fase es la generación de calor para que se puedan transferir los gases a temperatura alta los cuales circulan dentro de los tubos de la caldera, el agua se eleva la temperatura para producir vapor, la presión del vapor empezara a elevarse.

- Post-Purga: en esta etapa en 15 segundos se realiza la limpieza de los gases de combustión. Se envía señal al actuador de aire, apertura y saque los gases de producto de la combustión, fuera de la cámara.

Después de realizar la post-purga, el equipo queda en espera. Las pantallas de visualización que muestra el sistema de control de combustión son las siguientes:

- Pantalla menú

Es la pantalla principal, que dará opción para acceder a las otras pantallas.

Figura 25. Pantalla menú



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- Pantalla menú

Esta pantalla despliega el resumen de las principales señales de control.

Figura 26. Pantalla monitoreo



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- Pantalla de ingreso análogas

Esta pantalla despliega las variables que interactúan en el control de combustión.

Figura 27. **Pantalla entradas análogas**



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- Pantalla de ingreso de entradas digitales

Esta pantalla se visualiza las principales señales de control.

Figura 28. **Pantalla entradas digitales**



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- Pantalla de salidas análogas

Esta pantalla enseña las salidas digitales y análogas que están conectadas al HC900.

Figura 29. **Pantalla salida análogas**

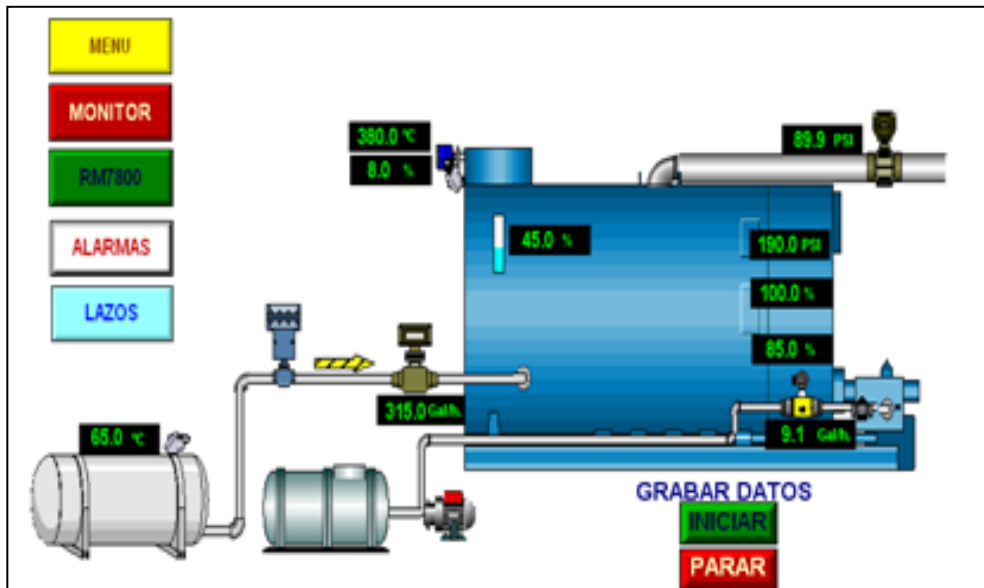


Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- Pantalla caldera

Esta pantalla despliega las principales señales de los de los controles de funcionamiento del equipo.

Figura 30. Pantalla caldera



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- Pantalla RM7800 límites y seguridad

Esta pantalla despliega los límites y todo lo relacionado con la seguridad del equipo.

Figura 31. Pantalla RM7800 indica los límites y seguridad

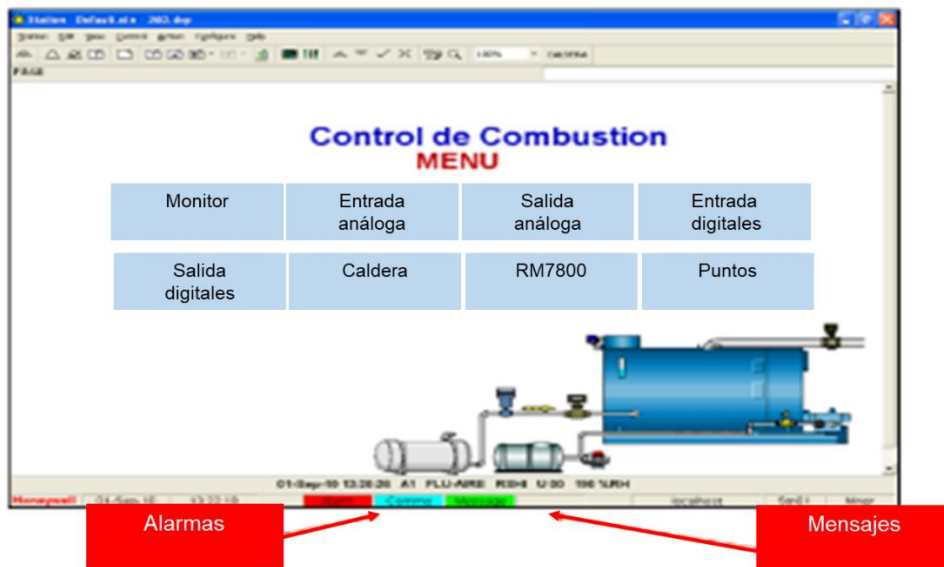


Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- Pantalla alarmas y mensajes

Esta pantalla despliega alarmas y mensaje, se puede ven en la parte inferior de la pantalla.

Figura 32. Pantalla alarmas y mensajes

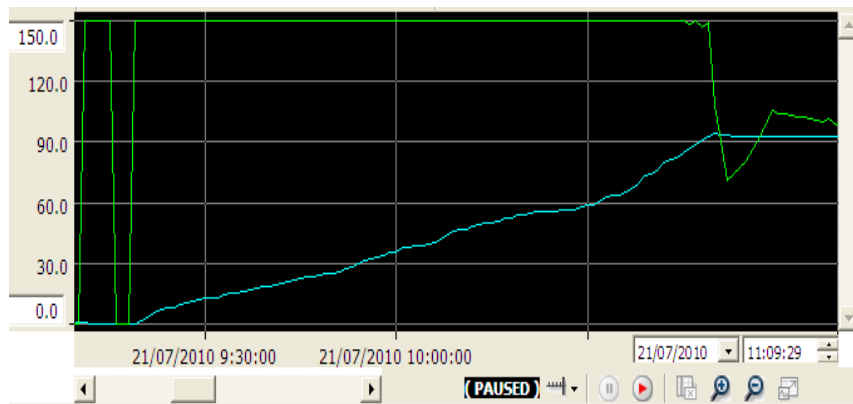


Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- Pantalla tendencias

La pantalla tendencias, se puede ver de forma gráfica los valores de las señales.

Figura 33. Pantalla tendencias



Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- Reportes en Excel

El programa que maneja se llama SCADA este permite obtener datos, para revisar las tendencias, son almacenados en Excel.

Figura 34. Reporte en Excel

7		LAZOCOMB	LAZOCOMB	LAZOCOMB	LAZOAIR	LAZOAIR	LAZOAIR
8	Date/Time	PV	SP	OP	PV	SP	OP
9	20 Jul 2010, 13:03:00	83.05	53.00	57.77	145.00	150.00	67.63
10	20 Jul 2010, 14:03:00	93.10	53.00	53.55	148.8	150.00	72.05
11	20 Jul 2010, 14:02:00	93.10	53.00	55.48	148.9	150.00	69.82
12	20 Jul 2010, 14:01:00	83.10	53.00	57.78	145.00	150.00	71.06
13	20 Jul 2010, 14:00:00	93.10	53.00	53.33	149.1	150.00	59.22
14	20 Jul 2010, 13:59:00	93.00	53.00	59.05	150.00	150.00	49.57
15	20 Jul 2010, 13:58:00	87.00	53.00	73.13	5.70	150.00	77.76
16	20 Jul 2010, 13:57:00	92.80	53.00	55.23	5.20	150.00	56.88
17	20 Jul 2010, 13:56:00	92.80	53.00	52.42	5.10	150.00	75.43
18	20 Jul 2010, 13:55:00	87.00	53.00	73.73	5.30	150.00	63.63
19	20 Jul 2010, 13:54:00	92.80	53.00	54.77	5.30	150.00	74.27
20	20 Jul 2010, 13:53:00	92.80	53.00	53.91	5.30	150.00	30.00

Fuente: elaboración propia, empleando equipo marca Honeywell 2010.

- La instalación de instrumentos de campo permite transferir señales al controlador híbrido HC900 de marca Honeywell, para desplegar y almacenar el histórico de señales con el SCADA Plantscape Vista R400 de Honeywell.
- Al realizar la separación de los controles combustible y aire del equipo se llegó a dar un ahorro de combustible del 10 % aproximadamente.
- El flujo de combustible en operación es de 9 Gal./h.

4.1.9. Entrenamiento y desempeño

El entrenamiento y desempeño consiste en proporcionar al individuo el conjunto de conocimientos y habilidades para el desempeño de la funciones, tarea o conjunto de tareas diferentes al área de trabajo que realiza.

El entrenamiento y desempeño se basa en los siguientes principios:

- Asegurar que el personal que opera el proceso o realiza funciones críticas en ASP, es competente para el puesto.
- El personal debe estar físicamente apto, mentalmente alerta y tener las competencias para realizar actividades críticas establecidas en los procedimientos.
- Los criterios (cualitativos y cuantitativos), del entrenamiento y desempeño se establecen en el perfil del puesto.
- El entrenamiento se imparte por instancias/personal competente para asegurar los niveles mínimos de experiencia, capacitación y desarrollo de habilidades del personal en las funciones críticas.
- El desempeño es evaluado sistemáticamente por el jefe inmediato.

4.2. Funciones críticas

Son aquellas en las que se tuviera un error humano puede tener como resultado un incidente o accidente, y que requieren que las personas que las desempeñan tengan experiencia de nivel mínimo sobre conocimientos y

habilidades; así como condiciones psicosociales, físicas y funcionales apropiadas al perfil del puesto.

Dentro las funciones críticas durante la operación de funcionamiento de calderas se muestran los siguientes puntos críticos:

- Operador de tablero de control
- Operador de caldera
- Técnico de instrumentos del proceso
- Miembros de las brigadas de emergencia
- Mantenimiento a los equipos críticos del equipo

4.2.1. Capacitación

Los temas a trabajar en la etapa de capacitación para la operación segura de calderas se muestran a continuación:

- Conocimiento general del proceso
- Riesgos para la salud y seguridad
- Procedimientos de operación, de emergencia y de mantenimiento
- Prácticas de trabajo seguras
- Procedimientos que salvan vidas antes de trabajar en un proceso

4.2.2. Equipo de protección personal

En el caso del equipo de protección personal (EPP), es el conjunto de elementos y dispositivos, es la última barrera del control de riesgos para proteger

a los colaboradores de tengan alguna lesión o una consecuencia mayor de lesión.

El equipo de protección personal para uso de actividades en calderas en la elección del mismo depende de la evaluación de riesgos de las actividades.

Para las tareas relacionadas con operación de calderas, el equipo de protección personal que se requiere.

Casco de seguridad, este mismo sirve para evitar o reducir los accidentes pueden ocurrir por el impacto de objetos que caen o salen proyectados al realizar actividades con las tareas, así ayuda también para protección ante proyección de salpicaduras de productos químicos.

Protección auditiva: Debido a la generación de decibeles por el ruido generado por la caldera, los 90 DBA generados y la combinación de tiempo de exposición, puede provocar daños en la audición del trabajador, es necesario la utilización de protección auditiva con reducción auditiva como mínimo de 24 DBA, además se debe asegurar que los colaboradores sepan cómo utilizarlo y mantenerlo en buen estado.

Protección ocular “lentes”: este mismo sirve para evitar o reducir los accidentes debido a la proyección de objetos o químicos, durante las actividades de calderas, la protección ocular debe cumplir la norma ANSI Z87.1-2015, la cual establece los criterios de desempeño de la protección causado por impactos, radiación no ionizante y a la exposición de químicos.

Protección de manos “guantes”: las manos deben ser protegidas en las actividades de calderas contra riesgos de corte, abrasiones, temperaturas

extremas, punción, contra químicos, los guantes deben se pueden utilizar debe ser de acuerdo al riesgo expuesto.

Los guantes utilizados deben cumplir Las normas ANSI/ISEA 105 o EN12477 esto garantiza el buen desempeño contra cortes, riesgo de químicos la norma europea EN 374, norma europea Riesgos Térmicos EN 407.

Protección de pies “zapatos de seguridad”. Así mismo los pies deben ser protegidos en las actividades de calderas, contra los riesgos de golpes, punciones, resbalones y contacto con sustancias químicas.

Los zapatos deben de cumplir normas para garantizar su protección, entre las normas ISO 20345.

Los EPP indicados están diseñados específicamente para proteger al trabajador contra accidentes y enfermedades que pudieran ser causadas por a la exposición de riesgos que se da ante actividades de calderas.

4.2.3. Requisitos de cumplimiento

Para el entrenamiento y desempeño del personal se debe de cumplir con planes y programas de capacitación, después de ello evaluar la efectividad.

4.2.3.1. Planes y programas de capacitación

El entrenamiento y reentrenamiento, la capacitación debe ser guiada por personal calificado, competente y se deben de llevar registros.

4.2.3.2. Evaluar

Se evalúa anualmente la efectividad del plan de capacitación, este se mide en forma numérica, se toma como base las desviaciones hacia las normas de seguridad de forma mensual, esto del resultado de las auditorías de verificación de seguridad realizadas en campo por los líderes de los procesos.

4.2.4. Investigación y reporte de incidentes de proceso

Para la investigación y reporte de incidentes en el proceso y fortalecer la cultura de prevención y así demostrar compromiso con la seguridad. Esto para encontrar las causas raíz que lo ocasionaron y prevenir la recurrencia. Se elaboró un formato para investigación y reporte que se muestra en la figura 31. Reporte de investigación y análisis de incidente.

Tabla XXIII. Reporte para el analisis e investigaci3n de incidente


REPORTE DE INVESTIGACI3N Y ANÁLISIS DE INCIDENTE

Planta donde ocurri3 el incidente: _____

Personal Propio

Personal Externo

Compaa _____

1 DEPARTAMENTO Y GERENCIA :		2 ARREA DEL INCIDENTE :		3 GRADO DE RIESGO :		4 FECHA/INCIDENTE :		
				<input type="checkbox"/> ALTO				
5 NOMBRE(S) Y PUESTO(S) DE PERSONAL INVOLUCRADO :				<input type="checkbox"/> MEDIO		6 HORA / INCIDENTE :		
				<input type="checkbox"/> BAJO				
7 EQUIPO(S) INVOLUCRADO(S):								
8 DESCRIPCI3N DE LOS DAÑOS O POSIBLES LESIONES O DAÑO(S) A PERSONAL Y/O EQUIPO(S) :								
9 TESTIGOS :								
DESCRIPCI3N	10 DESCRIBIR EL INCIDENTE (QUE, COMO Y LUGAR EXACTO DONDE OCURRI3) :							
ANÁLISIS	11 QUE FALLAS EN MAQUINARIA, EQUIPO DE PROTECCI3N, MATERIALES, M3TODOS DE TRABAJO O EN EL MEDIO AMBIENTE, CONTRIBUYERON A LA OCURRENCIA DEL INCIDENTE (ENUMERAR) :							
CORRECTI3N	12  POR QUE OCURRIERON ESTAS FALLAS ? (ENUMERAR) :							
CORRECTI3N	13 QUE MEDIDA(S) SE HA(N) TOMADO O SE TOMAR3(N) PARA ELIMINAR LAS CAUSAS DE LAS FALLAS? (ENUMERAR) :							
	ACCI3N CORRECTIVA		RESPONSABLE			FECHA		
RESPONSABLES DE INVESTIGACI3N DEL ACCIDENTE (NOMBRE Y FIRMA)								
JEFE DE SECTOR		COORDINADOR DE SEGURIDAD			JEFE DE DEPARTAMENTO O GERENTE			

Fuente: elaboraci3n propia.

4.3. Administración del cambio del personal

El factor humano es la parte esencial en todos los elementos de administración seguridad de los procesos, el mantener los niveles mínimos de Competencias y desempeño del personal en funciones críticas para asegurar la continuidad operativa. Todos los cambios de personal son reportados y controlados por medio del departamento de Recursos Humanos.

4.4. Planeación y repuesta de emergencias

Los Planes de Respuesta a Emergencias PRE's, son la última barrera de protección para el proceso, son totalmente reactivos. Es indispensable establecer un plan de respuesta de emergencia ante un siniestro que se pudiera presentar ante un evento de una caldera, como explosión, incendio.

El Plan de respuesta de emergencia debe contar con los lineamientos, organización, responsabilidades, recursos, procedimientos para emergencias, entrenamiento y evaluación.

El Plan de respuesta a emergencia se desarrolla desde el análisis de riesgos del proceso y se identificaron riesgos de incendio y/o explosión, emergencias médicas y sismos o terremotos, para cada escenario se elaboró un plan de respuesta de emergencia el cual se muestra en el anexo 5. Documentos de soporte y anexo 6. se muestra el *layout* de mapa de emergencia de las instalaciones.

4.5. Auditorias

Otro punto indispensable para velar que se esté cumpliendo todo lo establecido en control de riesgos ante las actividades de calderas, son las auditorias, este es un proceso gestional, independiente y documentado para obtener hallazgos, puntos de mejora y evidencias para evaluarlas de manera objetiva.

Las auditorias son una herramienta para evaluar el grado de madurez de un Sistema y proporcionan la medición del grado de cumplimiento del sistema ASP, la parte de calderas estará integrada en la gestión de auditorías en la auditoría de mantenimiento de ISO45001:2018, esta auditoría se enfocará hacia la administración de riesgos, coordinada por el área de mantenimiento y servicio en acompañamiento de seguridad industrial.

4.6. Aseguramiento de calidad

El propósito del aseguramiento de la calidad es confirmar que las instalaciones y equipos de proceso se fabriquen, ensamblen e instalen con apego a las especificaciones de diseño. El objetivo es establecer los lineamientos para el aseguramiento de calidad de equipos, refacciones y materiales desde el momento en que son diseñados, fabricados y adquiridos, transportados y almacenados, contruidos, montados, instalados y mantenidos conforme a las especificaciones de las bases de diseño, las recomendaciones del fabricante y las evaluaciones de riesgos.

Esta parte de la administración de la seguridad de los procesos (ASP), esta responsabilidad estará cargo del área de almacenes generales de la planta para su verificación y cumplimiento de con los estándares de calidad.

4.7. Presupuesto de inversión

La implementación de la administración de la seguridad de los procesos en el lugar de trabajo para que sea seguro y evitar accidentes catastróficos que provocan impactos severos e incidentes en el proceso normalmente son el resultado de errores o condiciones que inciden en fallas de los sistemas de administración.

Realizado el análisis, recomendaciones y las propuestas de implementación de ASP en calderas el costo de hacer más robusto el sistema ascienda a 23661 USD, este se muestra en el anexo 6. Presupuesto de implementación de ASP calderas.

El costo es alto, pero el beneficio de la implementación de estos equipos críticos evita eventos catastróficos con pérdida de vidas, lesiones, daños a la salud, a las instalaciones y al medio ambiente.

5. RESULTADOS DE ESTUDIO

5.1. Administración de la seguridad vrs. Administración segura de los procesos

Los modelos de gestión de la seguridad de los procesos son una parte del modelo de seguridad e higiene industrial, cuyo objetivo es evitar cero accidentes de consecuencias mayores, lo que incluso pondría en riesgo la continuidad operativa y del negocio.

El modelo de administración de seguridad de procesos consiste en la aplicación de sistema de gestión y controles, donde aplicando los 14 elementos de ASP se evitará eventos catastróficos. Mientras que la seguridad industrial va enfocada a los peligros y riesgos de las actividades de cada puesto dentro de la compañía. En esta última se hace necesario crear una cultura de seguridad donde todos son responsables de la seguridad de todos.

La seguridad industrial es conocida como higiene y seguridad, es aplicable para todo tipo de industria, está asociada a las actividades que desarrolla cualquier persona y no al riesgo que representa al manejar los equipos críticos.

Las herramientas más utilizadas para llevar a cabo varios elementos de gestión de la seguridad del proceso de riesgo son: HAZOP, *Whar if*, árbol, integridad mecánica, entre otros.

5.2. Evolución de la cultura de seguridad de procesos (Curva Bradley)

La cultura es un producto aprendido de la experiencia grupal, la cultura organizacional es un patrón de premisas formales e informales que prevalecen en una organización en sus procesos.

Entonces la evolución de la cultura de seguridad se basa en cuatro etapas como menciona Bradley, la primera etapa es el instinto natural de forma reactiva donde se acciona conforme suceden los sucesos; la segunda etapa es la supervisión donde es dependiente donde la seguridad del personal es la responsabilidad del gerente.; la tercera etapa es la de individuo donde es independiente donde la seguridad es responsabilidad del personal y la cuarta etapa es la de equipos donde existe interdependencia y la seguridad es responsabilidad de todos.

Durante la investigación y análisis se pudo validar que la cultura de seguridad en los procesos se encontraba en la tercera etapa de interdependencia donde la seguridad era ya responsabilidad del personal, había involucramiento, procedimientos personales, cuidado consigo mismo, práctica, reconocimiento y liderazgo por la alta dirección, esto aspecto se pueden ver reflejados en la evolución de la cultura de seguridad curva de Bradley, que se muestra en la figura 32.

Figura 35. **Curva de Bradley, evolución de cultura de seguridad**



Fuente: Prevencionar.com. *Curva de Bradley*. <https://slideplayer.es/slide/11806759/>. Consulta: 3 de diciembre de 2020.

5.3. Gestión de peligros de los procesos

La Gestión de los peligros y riesgo validados durante el análisis de riesgo en el equipo crítico de calderas de la línea galvanizadora de lámina por inmersión en caliente, debe de seguirse la recomendaciones e implementaciones sugeridas en la investigación.

Esto con el objetivo de tener bajo control los riesgos Intolerable, Indeseable, administrable y tolerable validados durante el análisis. El seguimiento se debe de hacer mediante redes de trabajo, reuniones quincenales o mensuales para revisar avances del plan de trabajo con los responsables y las fechas compromiso.

Esto liderado por la gerencia industrial, líder de red de administración de la seguridad de los procesos, jefes de departamento y coordinadores de redes, esto como compromiso con la seguridad, porque la seguridad es responsable de cada líder en su área, igual que el resto de los objetivos del negocio.

CONCLUSIONES

1. Se elaboró el diseño de sistema de gestión de seguridad industrial en procesos industriales sería de utilidad para evitar eventos catastróficos en la línea Galvanizadora de lámina de inmersión en caliente, mediante los catorce elementos de la administración segura de los procesos (ASP).
2. Se identificó el equipo crítico y se analizó los riesgos de las calderas piro tubulares del proceso de línea galvanizadora, relevando 15 riesgos, clasificando en 4 Intolerables, 1 indeseables, 1 administrable y 9 tolerables.
3. Se realizó la propuesta de implementación de dispositivos e instrumentos de protección de seguridad más robustos para el equipo crítico (calderas), como lo es el controlador Híbrido HC900, actuadores, transmisores, sensores, entre otros, sería de utilidad para evitar eventos catastróficos en línea galvanizadora, realizar las siguientes recomendaciones: 4 recomendaciones en caso de falta de agua, 12 recomendaciones para evitar una explosión de caldera por combustible, 2 recomendaciones en caso de falla de PLC y 1 recomendación en caso por explosión en sala.
4. Se analizó que el proyecto es viable, rentable y asciende a 23661 USD vs., el beneficio que se tendrá después de implementado, se evitará eventos catastróficos con pérdida de vidas, lesiones, daños a la salud, a las instalaciones y al medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Seguir realizando análisis de riesgos en base al sistema de gestión de seguridad industrial en procesos industriales, para control de los peligros y riesgo altos involucrados en el proceso de la línea de galvanizado, para el control de gases peligrosos, hornos, paila de metal fundido, con el fin de evitar eventos catastróficos que afecte la seguridad de las personas, instalaciones y comunidad.
2. Seguir las acciones escritas en la investigación en tabla XV resumen de riesgo mediante redes de trabajo, reuniones quincenales o mensuales para revisar avances del plan de trabajo con los responsables y las fechas compromiso, esto para aportar valor a la gestión de peligros del proceso.
3. Implementar la propuesta lo más pronto posible de los dispositivos e instrumentos de protección de seguridad para calderas, como lo es el controlador Híbrido HC900, actuadores, transmisores, sensores, entre otros, con el objetivo de evitar eventos catastróficos en línea galvanizadora.
4. Seguir invirtiendo en la implementación de los dispositivos e instrumentos de protección de seguridad en los procesos críticos de la compañía, la inversión puede ser alta, pero el beneficio de implementación evitará eventos catastróficos, mantendrá la continuidad del negocio y la rentabilidad de la empresa.

BIBLIOGRAFIA

1. Asesorias.com. *Círculo de Deming*. [en línea]. <<https://asesorias.com/empresas/modelos-plantillas/circulo-deming/>>. [Consulta: 18 de octubre de 2020].
2. Cleaver-Brooks. *Manual de operaciones calderas modelo CB, 50-100 HP, Boiler Book 01/2020*. Wisconsin, Estados Unidos: Cleaver-Brooks, 2005. 264 p.
3. Departamento del Trabajo de los EE.UU. *OSHA: 29 CFR1910 Industria en general*. [en línea]. <www.osha.gov>. [Consulta: octubre de 2020].
4. Dupont. *Administración seguridad de los procesos*. [en línea]. <<https://slideplayer.es/slide/21390/>>. [Consulta: enero de 2021].
5. Dupont. *Curso administración y seguridad de los procesos*. México: Dupont, 2018. 39 p.
6. _____. *Los escenarios accidentales y los estudios de consecuencias y vulnerabilidades en los análisis de riesgos de los procesos*. [en línea]. <<https://slideplayer.es/slide/11806759/>>. [Consulta: 2 de diciembre de 2020].

7. GALLINA BURRION, Julio Cesar. *Diseño de investigación de gestión de mantenimiento para un sistema de tubería de un equipo de refrigeración con la aplicación de ensayos no destructivos, bajo la norma ASME B31.3 en una planta avícola*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. 85 p.
8. Global (DNV). *Sistema de seguridad y salud ocupación de empresa Global y manuales obtenidos del sistema de gestión*. [en línea]. <<https://www.dnvgl.com.mx/services/isrs-r--70311>>. [Consulta: enero de 2021].
9. HERNANDEZ, Law Group, P.C. *Los peores accidentes industriales en la historia de los Estados Unidos*. [en línea]. <<https://www.juanlaw.com/es/lesion-laboral/peores-accidentes-industriales/>>. [Consulta: octubre de 2020].
10. LACAYO MENDOZA, José Leandro; ORTIZ JAIMES, Jahir. *Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos. Sector petroquímico de Cartagena. Caso (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena)*. [en línea]. <<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0068842.pdf>>. [Consulta: 18 de octubre de 2020].
11. Manufactura. *Top 10 de catástrofes industriales*. [en línea]. <<https://manufactura.mx/industria/2014/11/20/top-10-catastrofes-industriales>>. [Consulta: octubre de 2020].

12. MARSH & McLENNAN Companies. *The 100 largest Losses 1974-2013*. [en línea]. <<https://www.oliverwyman.com/content/dam/marsh/Documents/PDF/UK-en/100%20Largest%20Losses%2023rd%20Edition-03-2014.pdf>>. [Consulta: octubre de 2020].
13. Ministerio de Trabajo Colombiano. *Decreto 1072, de 2015. Sistemas de gestión y seguridad en el trabajo*. [en línea]. <<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/DUR+Sector+Trabajo+Actualizado+a+15+de+abril++de+2016.pdf/a32b1dcf-7a4e-8a37-ac16-c121928719c8>>. [Consulta: enero de 2021].
14. Ministerio de Trabajo y Prevención Social. *Acuerdo Gubernativo núm. 229-2014*. Guatemala: Diario de Centroamérica, 2014. 86 p.
15. MOLINA ZALDAÑA, Mynor Roderico. *Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo*. Trabajo de graduación de Maestría en Mantenimiento Industria. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 105 p.
16. OCVAC. *Caldera 01*. [en línea]. <http://ocvac.com/portfolio_item/caldera-01/>. [Consulta: 2 de noviembre de 2020].
17. Prevencionar.com. *Curva de Bradley*. [en línea]. <<https://prevencionar.com/2020/11/04/curva-de-bradley/>>. [Consulta: 3 de diciembre de 2020].

18. Prosafety. *Investigación de accidentes e incidentes*. [en línea]. <<https://prosafetysoftware.com/modulos/investigacion-de-accidentes-e-incidentes>>. [Consulta: 18 de octubre de 2020].
19. SARASOLA, Luis Xabier. *Plan de prevención de riesgos laborales de una carpintería metálica*. [en línea]. <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/4390/72484117P_MGPRL_JULIO14.pdf?sequence=1>. [Consulta: 22 de noviembre de 2020].
20. Slideshare. *Rentabilidad de la seguridad*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/xuanxo/rentabilidad-de-la-seguridad>>. [Consulta: 18 de octubre de 2020].
21. UNINET. *Norma oficial mexicana, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL-1993*. [en línea]. <<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/ecol054.pdf>>. [Consulta: 15 de noviembre de 2020].
22. VIDES, Andrea. *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo norma ISO 45001:2018*. [en línea]. <<https://agexporthoy.export.com.gt/servicios-al-exportador/norma-iso-45001innova-los-sistemas-de-gestion-de-seguridad-y-salud-ocupacional/>>. [Consulta: enero de 2021].
23. Wiki/wiki. *Lista de los desastres industriales*. [en línea]. <https://es.qwe.wiki/wiki/List_of_industrial_disasters>. [Consulta: febrero de 2021].

24. World Steel Association. *Seguridad y salud en industrias metalúrgicas*. [en línea]. <<https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/safety-and-health.html>>. [Consulta: febrero de 2021].

APÉNDICE

Apéndice 1. Inspección de tuberías bunker

EQUIPO / LÍNEA DE PRODUCCIÓN: Tubería y accesorios de bunker

RUTA DE INSPECCIÓN: Bimestral

DENOMINACIÓN DE LA TAREA: Inspección de tubería y accesorios de bunker

CONDICIÓN OPERATIVA: Equipo en marcha

MOTIVO DE LA TAREA: Rutina de inspección

REVISIÓN:

FECHA:

EQUIPO:

PLAN:

Realizado por: _____

La inspección de fugas en tuberías de bunker se debe realizar visual en todos los accesorio y tuberías del sistema detalladas a continuación, toda anomalía encontrada deberá ser reportada al jefe inmediato superior inmediatamente y proceder con las reparaciones necesarias, tomando en cuenta las medidas de seguridad que correspondan.

La inspección se debe realizar desde el depósito principal de bunker ubicado en la parte exterior del área de calderas, siguiendo las tuberías hacia el depósito de diario en la parte interna del cuarto de calderas, las distribuciones por medio de las bombas ubicadas debajo del tanque diario, sus tuberías de alimentación y retorno de cada caldera.

Continuación del apéndice 1.

1. Bomba de la alimentación tanque diario, y tuberías del tanque principal

- 1.1 Inspeccione los siguientes elementos por fugas de bunker: Tuberías y accesorios, codos, *tees*, coplas, uniones, *flanges*, válvulas, manómetros, sellos de la bomba. Entre otros.



Comentarios:

2. Tanque de bunker diario

- 2.1 inspeccione las tuberías de entrada, provenientes de la bomba del tanque exterior, hasta conectarse al tanque diario, levante las tapaderas del *trench* y revise accesorios, codos, *tees*, coplas, uniones, *flanges*, válvulas, entre otros.

Continuación del apéndice 1.



Comentarios:

2.2 Inspeccione las tuberías de retorno de calderas y retorno a tanque principal, conectadas en el tanque diario, levante las tapaderas del *trench* y revise accesorios, codos, *tees*, coplas, uniones, *flanges*, válvulas, entre otros.



Comentarios:

Continuación del apéndice 1.

3. Bombas de bunker alimentación calderas

3.1 Inspeccione las tuberías y accesorios codos, *tees*, reductores, válvulas, uniones, manómetros, filtros y sellos de las bombas.



Comentarios: _____

4. Precalentadores bunker calderas

4.1 Inspeccione las tuberías desde las salidas de las bombas hasta el precalentador, y las tuberías de retorno, inspección de accesorios codos, *tees*, reductores, tubería de cobre, uniones por *flanges*, manómetros, entre otros.



Comentarios: _____

Continuación del apéndice 1.

4. Reguladores de presión bunker quemadores de calderas

5.1 Inspeccione las tuberías y accesorios codos, *tees*, reductores, tubería de cobre, uniones por *flanges*, manómetros, mangueras metálicas flexibles, entre otros. hasta la entrada de los quemadores.



Comentarios

Fecha: _____

Técnico _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Inspección de calderas

SERVICIOS INDUSTRIALES: CALDERAS Y SISTEMA DE VAPOR RUTA DE INSPECCIÓN: SEMANAL		CONDICIÓN OPERATIVA: EQUIPO EN MARCHA						
DENOMINACIÓN DE LA TAREA:		RIESGOS DE LA TAREA:						
MOTIVO DE LA TAREA	CONTROL DIARIO OPERACION CALDERAS INSPECCIÓN DIARIA							
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
	Rango Operación	10:00 - 22:00	10:00 - 22:00	10:00 - 22:00	10:00 - 22:00	10:00 - 22:00	10:00 - 22:00	10:00 - 22:00
Parámetros	Temperatura Gases Chimenea	400 - 500 °F						
	Temperatura Agua Alimentación	200 - 220 ° F						
	Temperatura Tanque Bunker Diar	150 - 200 °F						
	Temperatura Bunker Entrada Que	180 - 210 °F						
	Presión Bomba Agua Alimentación	Mayor 100 Psi						
	Bomba de Agua de Alimentación	NO Lugas						
	Presión Bomba de Bunker	100 - 120 Psi						
	Bomba de Bunker	NO Lugas						
	Presión Piloto Gas	4 - 8 Onzas						
	Presión Aire Atomización	12 - 25 Psi						
	Presión Bunker Precalentador	75 - 80 Psi						
	Presión Bunker Entrada Quemad	40 - 45 Psi						
	Presión Bunker Retorno Quemad	30 - 35 Psi						
	Presión Vapor Caldera	88 - 100 Psi						
	Presión Vapor Precalentador	15 - 25 Psi						
	Presión Vapor Manifold	88 - 100 Psi						
	Presión Vapor Tanque Bunker	15 - 20 Psi						
	Presión Agua Suavizador	40 - 60 Psi						
	Nivel Agua Tanque Alimentación	Bajo/Medio/Alto						
	Nivel Agua Caldera	Bajo/Medio/Alto						
	Posición Leva Moduladora	Bajo/Medio/Alto						
	Nivel Aceite Compresor	Bajo/Medio/Alto						
	Prueba por Purga Columna Agua	Caldera se Apaga						
	Purga Fondo	Según Químico						
	Horómetro	Horas						
	Nivel Químico Suavizador	Bajo/Medio/Alto						
	Nivel Tanque Salmuera	Bajo/Medio/Alto						
	Temperatura Tanque Alkalino 1	50 - 70 °C						
	Temperatura Tanque Alkalino 2	50 - 70 °C						
	Temperatura Tanque Hot Rinse	50 - 70 °C						
	Trampas de Vapor	NO Lugas						
	Reguladores de Vapor tipo Hongi	NO Lugas						
		Fecha:						
		Caldera No.:						
		Mecánico:						
		Supervisor:						
		EQUIPOS A INSPECCIONAR:						
		UBICACIÓN TÉCNICA						
		TG-SIN-DFLU-CLVP-CAL1	Sistema de Distrib. Caldera No. 1					
		TG-SIN-DFLU-CLVP-CAL2	Sistema de Distrib. Caldera No. 2					
		EQUIPO SAP No.						
			60001992 Caldera No. 1					
			60001995 Caldera No. 2					
		* Deberá realizar la inspección a los equipos que se encuentran en operación.						
		OBSERVACIONES (Anotar aquí cualquier situación detectada durante la inspección, realice un aviso MO si se necesita alguna corrección)						

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Método operativo de trabajo seguro-operación de calderas

METODO OPERATIVO DE TRABAJO SEGURO-OPERACIÓN DE CALDERAS
I.- OBJETIVO
Definir los requerimientos, la secuencia de actividades y la metodología de ejecución para realizar las Operaciones de Trabajo de una forma correcta, garantizando la seguridad del personal, de los equipos e instalaciones y de los productos
II.- TÉRMINOS Y ABREVIATURAS
<p>RIESGO.- Combinación entre la probabilidad de que ocurra un determinado evento peligroso y la magnitud de sus consecuencias.</p> <p>MEDIDA DE PREVENCIÓN.- Acciones para la ejecución en forma correcta de las actividades de este MOTS dirigidas a evitar los efectos de los RIESGOS.</p> <p>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL ESPECÍFICO (EPPE).- El que los participantes en la ejecución de éste MOTS debe usar, además del Equipo de Protección Personal Básico (EPPB) requerido en el área.</p> <p>CONDICIONES OPERATIVAS DE SEGURIDAD ESPECIFICAS (COSE).- Características específicas de los MATERIALES, HERRAMIENTAS, EQUIPOS y el ENTORNO relacionados con este MOTS para garantizar las condiciones de trabajo seguras.</p>
III.- PARTICIPANTES Y RESPONSABILIDADES
<p>JEFE DE SECTOR O EQUIVALENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> * Validar, Aprobar y Divulgar este MOTS, asegurar de que el personal lo comprende aplicando el formato de evaluación establecido. * Auditar las actividades que describe esta MOTS para asegurar su cumplimiento. * Garantizar que todos los cambios realizados en procesos y/o instalaciones que afecten a las actividades comprendidas en este MOTS sean debidamente documentados. <p>MANDO SUPERIOR DEL PERSONAL ENCARGADO DE EJECUTAR LAS ACTIVIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> * Retirar y sustituir del área de ejecución de este MOTS, los Materiales, Herramientas y Equipo que no cumplan las Condiciones de Seguridad Específicas (COSE). * Corregir las condiciones del Área de Ejecución de este MOTS que no cumplan con las COSE establecidas . * Asegurarse de que todo el personal use el EPPB y EPPE establecido para la ejecución de este MOTS . <p>PERSONAL ENCARGADO DE EJECUTAR LAS ACTIVIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> * Verificar las COSE de los Materiales, Herramientas, Equipos y Áreas de Ejecución aplicables a este MOTS y reportar al Mando Superior sobre las alteraciones o discrepancias detectadas en estas. * Ejecutar cada una de las actividades descritas con apego estricto a su secuencia e informar al Mando Superior sobre los cambios o modificaciones detectados en éstas.
IV.- REGLAS DE SEGURIDAD GENERALES
<p>Cumplir las 10 Reglas que Salvan Vidas Ternium</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Evita exponerte a zonas de atrapamiento 2 Cumple con el bloqueo efectivo y asegura cero energía antes de intervenir. 3 Utiliza arnés, línea de vida y acordonamiento al trabajar en altura. 4 Mantén distancia segura de cargas suspendidas. 5 Asegurate de conocer las Hojas de Seguridad y las medidas de emergencia antes de trabajar con gases y 6 Ingresa al espacio confinado solo con autorización 7 Opera el equipo móvil para el cual estás certificado. Si interactuas con equipos en movimiento, mantén una 8 Trabaja en instalaciones eléctricas solo si estás capacitado y cuentas con el EPP específico. 9 Realiza el trabajo en caliente solo si cuentas con autorización y estas capacitado. 10 Cumple siempre con los procedimientos, nunca tomes atajos, respeta la señalización y utiliza el EPP establecido.






Continuación del apéndice 3.

V.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL ESPECÍFICO					
<p>Guantes dieléctricos de alta tensión Northclase 72057186</p> 	<p>Respirador Moldex M2600 N95 blanco 72016896</p> 	<p>Chaleco reflejante verde 72044859</p> 	<p>EPPE</p>		
VI.- BLOQUEOS					
EQUIPO O ELEMENTO A BLOQUEAR	TIPO DE BLOQUEO				
	ELÉCTRICO	HIDRÁULICO	MECÁNICO	NEUMÁTICO	OTROS
Panel Principal	X				
Sección entrada					
Sección Salida					
Sección proceso					
N/A					





Continuación del apéndice 3.

VII.- MATERIALES	
MATERIAL	Características Generales
Solvente	Dispositivo de seguridad, llenado a mano.
<p>* Debe ser almacenado en un contenedor diseñado especialmente para evitar su emisión, fuga, incendio o explosión</p> <p>* El recipiente que contenga a estas sustancia química, debe estar identificados con el rombo de identificación de riesgos.</p> <p>* Las sustancias se deberán encontrar en un área ventilada, libre de chispa o de generación de calor.</p> <p>*Obligatorio el conocer las condiciones de seguridad e higiene descritas en la hoja de seguridad de este producto.</p>	
Gasolina	Lubricante liquido aflojalotodo
<p>* Asegurarse de conocer la identidad de las sustancias químicas que se van a usar.</p> <p>* Leer la hoja de "Datos de Seguridad del Producto", así como las instrucciones y las señalizaciones alusivas a su peligrosidad (Rombo de Identificación). Nunca trabajar sin conocer estos datos.</p> <p>* Para el llenado deberá disponerse de una bomba (manual o eléctrica) para impulsar el combustible.</p> <p>* Si no se cuenta con estaciones de carga: Deberá almacenarse en Tambores los cuales deben mantenerse en posición vertical levemente inclinados y bajo techo.</p> <p>* La bomba debe estar firme y el orificio de entrada de combustible no ubicado sobre el fondo para evitar la remoción y</p>	
Whipe	Trapos para limpieza o aplicación de aceite
<p>* Material no inflamable</p> <p>*Trapos y similares que han sido usados con líquidos inflamables deberan ser desechados en recipientes.</p> <p>*Prohibido utilizar llamas abiertas u otras fuentes de ignición.</p> <p>*Evitar chispas, llamas, calor y humo.</p>	
VIII.- HERRAMIENTAS	
HERRAMIENTA	Características Generales
Herramientas mecánicas	Dispositivos utilizados para desmontar y montar elementos de la máquina
<p>* Verificar el estado y las condiciones de la herramientas antes de utilizarla</p> <p>*Queda prohibido utilizar herramientas de fabricación propia/echizas.</p> <p>*Usarse exclusivamente herramientas autotizadas por la empresa.</p> <p>*Las herramientas deben estar aseguradas para evitar su caída.</p> <p>*Queda prohibido alterar o quitar los dispositivos de seguridad de diseño de las herramientas.</p> <p>*Las herramientas deberan ser transportadar unicamente en portaherramientas.</p>	
IX.- EQUIPOS	
EQUIPO	Características Generales
Extintor	Equipo de seguridad contra incendios
<p>*El cuerpo del extintor no debe presentar golpes, corrosión, ni enmendaduras.</p> <p>* El envase debe especificar el tipo de agente extinguidor.</p> <p>* Manómetro debe encontrarse en buenas condiciones y que marque presión.</p> <p>* Las palancas fija y de accionamiento deben encontrarse en buenas condiciones.</p> <p>*Debe tener el pasador de seguridad en su lugar y con su candado de seguridad íntegro.</p> <p>* La manguera y boquilla deben encontrarse sin rasgaduras ni enmendaduras.</p> <p>* Nomenclaturas tanto de fecha de recarga como de manejo, en buenas condiciones, visible y entendible.</p>	

Continuación del apéndice 3.





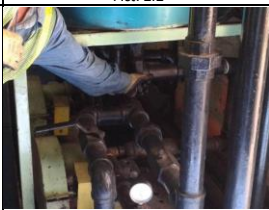










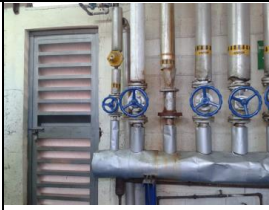

X.- RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN	
R6.- Caída al mismo nivel N° 1.	
<ul style="list-style-type: none"> * Observar donde se pisa. * Mantener orden y limpieza. * Recoger los sobrantes de material utilizado en la tarea. * Mantener iluminada la zona de trabajo. * No debe haber obstáculos en los pasillos peatonales. * Mantener extendidas la mangueras de equipos al trabajar. * No pisar rieles o cadenas de objetos móviles. * Recoger y limpiar manchas de aceite o grasa del piso. * Antes de realizar la actividad debe revisar el área dónde se va a trabajar. 	
R12.- Contacto con objetos o materiales a temperatura extrema N° 1.	
<ul style="list-style-type: none"> * Usar EPPE indicado en este MOTS 	
R19.- Exposición a corriente eléctrica N° 1.	
<ul style="list-style-type: none"> * Usar EPPE indicado en este MOTS * Las líneas deberán tener la leyenda de cuanto voltaje se maneja en éstas. * Nunca reparar equipos eléctricos que estén conectados. * Solamente el electricista puede hacer o quitar el bloqueo efectivo de interruptores y poner o quitar tarjetas * Verificar la ausencia de energía eléctrica en el equipo a intervenir. 	
R21.- Exposición a explosiones - incendio N° 1.	
<ul style="list-style-type: none"> * Prohibido fumar en el área. * Revisar el equipo de suministro de gas y los detectores de flama. * Tener a la mano un extintor de incendios en estado operativo. * Observar que no haya materiales combustibles sin protección o cambiarlos de lugar. * Contar con Permiso de Fuego. * Tener un vigía con manguera de agua abierta. 	
R50.- Manejo de Fluidos y/o Gases a alta presión	
<ul style="list-style-type: none"> * Usar EPPE indicado en este MOTS * Notifique al Jefe de Sector de cualquier fuga detectada en el sistema. * Verificar que la manguera y conexiones del sistema estén sin rupturas, sin empates, golpes. * Estar fuera del área donde se realicen pruebas con fluidos y/o gases a alta presión, permaneciendo * No realizar pruebas con fluidos y/o gases a alta presión si no se cuenta con un manómetro o instrumento 	

Continuación del apéndice 3.

X.- RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN	
R31.- Exposición y/o contacto con sustancias peligrosas N° 1.	
<ul style="list-style-type: none"> * Usar EPPE indicado en este MOTS * Colocar estas sustancias en lugares apartados y bien iluminados. * Utilizar recipientes adecuados, cerrados herméticamente y con su etiqueta correspondiente. * Asegurar que las regaderas y lava ojos de emergencia estén en condiciones operativas. * Asegurarse de conocer la identidad de las sustancias químicas que se van a usar. * Leer la Hoja de "Datos de Seguridad del Producto", así como las instrucciones y las señalizaciones alusivas a su peligrosidad (Rombo de Identificación). 	
R37.- Golpes al maniobrar herramientas.	
<ul style="list-style-type: none"> * Usar EPPE indicado en este MOTS * Utilizar herramienta de la medida indicada. * Utilizar la herramienta adecuada para la tarea, no improvisar. * No poner la mano en el punto de impacto. * Sujetar la herramienta con firmeza. 	
R41.- Inhalación y/o ingestión de sustancias peligrosas.	
<ul style="list-style-type: none"> * Usar EPPE indicado en este MOTS * Asegurar que las regaderas y lava ojos de emergencia estén en condiciones operativas. * Asegurar la hermeticidad entre las tapas de los tanques que contengan sustancias peligrosas. * Asegurarse de conocer la identidad de las sustancias químicas que se van a usar. * Leer la Hoja de "Datos de Seguridad del Producto", así como las instrucciones y las señalizaciones alusivas * No trabajar con la sustancia si no se conocen los datos. 	
R49.- Atmósfera explosiva	
<ul style="list-style-type: none"> * Usar EPPE indicado en este MOTS * Ventilar el ambiente. 	

1. PREPARATIVOS PREVIOS			
NIVEL DE RIESGO	PASOS	RIESGO N°	SEÑALIZACIÓN
BAJO	Act. 1.1 El operador deberá utilizar en todo momento el EPP establecido para la tarea.	R12 R28 R31	
MEDIO	Act. 1.2 Mantener el área de trabajo limpia y ordenada, durante todo el tiempo para evitar tropiezos y accidentes.	R6 R31	
Act. 1.1		Act. 1.2	
			

Continuación del apéndice 3.

2. ARRANQUE DE CALDERA			
NIVEL DE RIESGO	PASOS	RIESGO Nº	SEÑALIZACIÓN
MEDIO	Act. 2.1 En el tablero eléctrico, encender el Flipón de la bomba de bunker y la bomba de bunker en el contactor correspondiente.	R19 R49	
MEDIO	Act. 2.2 Abrir la llave de paso de bunker en el tanque colocado en el interior de la sala de calderas.	R31 R39 R50	
MEDIO	Act. 2.3 Encender la caldera en el contactor del tablero eléctrico de la caldera y verificar que se encienda el panel ubicado en el frente de la caldera.	R19 R41 R49	
Act. 2.1		Act. 2.2	
			
Act. 2.3			
MEDIO	Act. 2.4 Para comenzar el precalentado de la caldera, en el interior del tablero frontal de la caldera, se enciende el pre-calentador de la caldera en el interruptor correspondiente	R19 R49 R50	
MEDIO	Act. 2.5 Una vez comenzado el precalentamiento de la caldera esperar el indicador de temperatura llegue a 175 °F, cerrar las válvulas de entrada y retorno, verificar que la presión de entrada llegue a 40 PSI y la de retorno a 30 PSI.	R12 R28 R50	
MEDIO	Act. 2.6 Encender la caldera en el switch correspondiente y colocar el control de modulación de flama en manual.	R12 R49	
Act. 2.4		Act. 2.5	
			
Act. 2.6			
MEDIO	Act. 2.7 y 2.8 Esperar a que el manómetro que indica la presión de vapor marque 75 PSI para abrir las válvulas que llevan el vapor hacia los tanques alcalinos.	R12 R28 R50	
MEDIO	Act. 2.9 Pasar el control de modulación de flama a automático para que la caldera module por sí misma.	R12 R49	
Act. 2.7		Act. 2.8	
			
Act. 2.9			

Continuación del apéndice 3.

3. OPERACIÓN			
NIVEL DE RIESGO	PASOS	RIESGO Nº	SEÑALIZACIÓN
BAJO	Act. 3.1 Verificar que la temperatura de los tanques alcalinos se mantenga entre 50 y 70 °C en el panel ubicado a la par del púlpito de la línea G1.	R12	
MEDIO	Act. 3.2 Verificar que la presión de vapor se mantenga entre 70 y 75 lbs. Cuando se llenan los tanques alcalinos en operación, la presión puede descender hasta 50 lbs.	R50	
MEDIO	Act. 3.3 Verificar que la presión de la bomba de bunker se mantenga en 80 lbs.	R50	
Act. 3.1		Act. 3.2	Act. 3.3
			
MEDIO	Act. 3.4 Verificar que la presión de entrada y de retorno se mantengan en 40 y 30 PSI respectivamente.	R50	
MEDIO	Act. 3.5 Verificar que la presión indicada en el manómetro de presión del precalentador se mantenga en 80 PSI.	R50	
BAJO	Act. 3.6 Verificar que la temperatura del tanque de bunker de diario se mantenga entre 120 y 140 °F.	R12	
Act. 3.4			
			

Continuación del apéndice 3.

4. APAGADO DE CALDERAS			
NIVEL DE RIESGO	PASOS	RIESGO Nº	SEÑALIZACIÓN
MEDIO	Act. 4.1.- Para comenzar el proceso de apagado de la caldera primero se debe colocar el modo de operación en manual en el switch ubicado en el tablero frontal de la caldera. Esperar cinco minutos y luego apagar la caldera en el switch correspondiente, luego apagar el precalentador.	R19 R49 R50	
MEDIO	Act. 4.2.- Apagar la bomba de bunker en el contactor correspondiente y luego apagar el interruptor del tablero electrico general de la sala de calderas.	R12 R50	
MEDIO	Act. 4.3 Apagar el contactor de la caldera ubicado en el panel eléctrico de la caldera.	R12 R50	
	Act. 4.1	Act. 4.2	Act. 4.3
			
MEDIO	Act. 4.4 Esperar a que no exista presión en las tuberías de vapor que van a hacia los tanques alcalinos para cerrar las valvulas correspondientes.	R50	
MEDIO	Act. 4.3 Verificar que todo esté apagado y sin presión en las tuberías. Dejar limpia y ordenada el área de trabajo.	R6	
	Act. 4.4	Act. 4.5	
			

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Procedimiento de gestión del cambio

1. Objetivo

Establecer medidas de control y prevención, cuando surge un cambio en los procesos, equipos, modificación, nuevo diseño del área, organización del trabajo, esto para permitir una adaptación adecuada a las capacidades humanas, con el fin de minimizar los riesgos asociados al proceso, maquinaria, equipo e instalaciones, que permita que los riesgos sean aceptables.

2. Alcance

Aplica a todo proceso, maquina, equipo, procedimiento o Instalación cuando se realizan cambios temporales, permanentes o de emergencia.

3. Responsables

La Gerencia y el mando del área tienen la responsabilidad de velar por la seguridad y salud cuando se realiza el cambio.

Definiciones

- **Cambio**

Acción donde se realiza la modificación en alguna de las siguientes:

- **Cambio Temporal**

Cuando se realiza una modificación en el proceso, instalación, procedimiento o equipo, puede ser planeada o no planeada. Los cambios temporales están sujetos a evaluación si se pasan a cambios permanentes.

- **Cambio de emergencia**

Cambio que se da rápidamente, siguiendo el procedimiento de autorización para realizar el mismo lo más pronto, ya sea porque está comprometiendo la seguridad de las personas, instalaciones o la productividad de la empresa está siendo afectada.

- **Cambio organizacional**

Cuando se da un cambio en las responsabilidades o en la estructura de la compañía.

	NOMBRE	CARGO	FECHA (D/M/A)
ELABORÓ			
REVISÓ			
APROBÓ			

Continuación del apéndice 4.

5. Disposiciones

5.1 Verificación e inspecciones planeada de riesgos

Se verifica e identifican en las inspecciones los riesgos ante el cambio a realizar.

Para documentar del cambio, la empresa evalúa los riesgos nuevos, tomando como base los nuevos peligros debido al cambio, se verifica lo importante que son e intolerables, teniendo en cuenta:

¿Cuáles peligros nuevos y cuáles son los riesgos asociados?

¿Han cambiado o se han agregado nuevos riesgos de otros peligros?

¿Afectan negativamente a los controles, por nuevos riesgos?

¿Se utilizado los controles más apropiados, teniendo en cuenta costos, aceptabilidad de los mismos?

5.2 Identificación de los cambios propuestos

Se deben identificar los cambios a realizar temporales y/o permanentes teniendo en cuenta las siguientes acciones:

- Cambio de productos químicos en general
- Cambio en equipos que emiten radiación (radiación o fuentes de energía)
- Cambio en leyes o requisitos legales
- Cambio de compañías contratistas
- Nueva de tecnologías
- Cambio a los planes de respuesta a emergencias
- Cambio de responsabilidades en la jerarquía
- Cambio en la operación y mantenimiento de los procesos
- Cambios en las leyes o regulación de seguridad e higiene industrial
- Cambio en de los programas o tecnología del equipo (incluido software).
- Documentación en general, procedimientos, métodos operativos, diseños o normas nuevas o revisadas.
- Cambio de materias primas.
- Cambios en el organigrama y responsabilidades de la organización, incluyendo empresas contratistas.
- Cambio o modificación en los dispositivos de seguridad de los equipos.

Continuación del apéndice 4.

Cambio en las responsabilidades u organigrama de la compañía o de alguna de sus estructuras como:

- Cambios en la estructura de la operación
- Cambios en los horarios y/o turnos de trabajo
- Cambios de servicios de la organización a contratación con terceros
- Cambios de empresas contratistas, para continuidad de la operación

5.3 Documentar el cambio

La documentación del cambio se debe tener en cuenta el reporte de acto o condición insegura, descripción, verificación, causa, acción, seguimiento, resultado y eficiencia que se registra en el formato de reporte de acciones correctivas y preventivas

Para la gestión del cambio el área en conjunto con el departamento de Seguridad, identifica los peligros en las inspecciones en campo de los mandos, con esto se valora los riesgos y así establecer los controles a los cambios realizados y propuestos en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo antes de aplicarlos.

La compañía gestiona y controla cualquier tipo de cambio que afecte o impacte sobre los peligros y riesgos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, esto incluye cambios organigrama del personal, sistema de gestión, procesos, actividades, uso de materias primas, materiales, donde es evaluado por medio de una identificación de peligros y una evaluación de riesgos antes de realizarse.

5.4 Evaluar la factibilidad técnica

La evaluación de factibilidad técnica del cambio se toman en cuenta los recursos financieros, humanos, administrativos, tomando en cuenta la identificación de los requisitos legales, garantizando que se incluya nuevos requisitos que le aplique al sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, garantizando que la organización dará cumplimiento a cada uno de ellos a través de planes de trabajo para su cumplimiento, tomando en cuenta que los requisitos legales se han comunicado a todas las personas que laboran bajo el control de la organización.

5.5 Aprobar el cambio

La gerencia es quien aprueba o rechaza la ejecución del cambio a realiza, teniendo en cuenta las recomendaciones del área afectada y del área de seguridad e higiene industrial, quienes verifica la eficacia y efectividad de los controles de riesgos e impactos.

Continuación del apéndice 4.

6. Desarrollar y ejecutar el cambio

Para el desarrollo de la ejecución del cambio se tiene en cuenta la revisión del arranque, para asegurar que todas las medidas de control han sido implementadas. Todo cambio debe ir debidamente documentado por medio de formatos de control del cambio.

En la revisión el área seguridad e higiene industrial debe validar, auditar que los controles hayan sido implementados y que todo el personal involucrado tenga los conocimientos y aptitudes.

7. Descripción de las actividades para la gestión del cambio

FLUJOGRAMA	DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO	RESPONSABLE
¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.	INICIO	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> 1. VERIFICAR LA INSPECCION </div>	1. Se deben identificar y verificar los cambios a realizar, los peligros y riesgos relacionados.	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> 2. IDENTIFICAR EL CAMBIO PROPUESTO </div>	2. Se identifican los cambios en peligros y los riesgos relacionados con las actividades laborales, de acuerdo al formato control de cambios.	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> 3. DOCUMENTAR EL CAMBIO </div>	3. Se debe documentar el cambio en el formato establecidos de control de Cambios.	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> 4. EVALUARLA FACTIBILIDAD TECNICA PRESENTES </div>	4. Se evalúa la cualidad técnica y operativa, se identifican los aspectos de seguridad e higiene industrial para el cambio en la operación.	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> 5. APROBAR EL CAMBIO </div>	5. Se revisar, se aprueba o se rechaza el cambio, deberá quedar documentado en el formato de control de cambios.	

Continuación del apéndice 4.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>6. DESARROLLAR Y EJECUTAR EL CAMBIO</p> </div>	<p>1. Se desarrolla y ejecuta el cambio</p>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>7. REALIZAR CIERRE DEL CAMBIO</p> </div> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>2. Se cierra el cambio una vez todo lo planificado haya sido ejecutado y existe una verificación de la eficacia del cambio.</p>	
<p>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.</p>	<p>FIN</p>	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Documento de soporte

<p>Procedimiento No. 1 en caso de incendio y explosión</p>
<p>I. Objetivo</p> <p>Establecer los lineamientos a seguir para responder ante un incendio o explosión que ocurra en los alrededores o dentro de las instalaciones, con el propósito de reducir el riesgo ambiental, a la salud o las instalaciones.</p>
<p>II. Alcance</p> <p>La aplicación de este procedimiento es de carácter obligatorio para todo el personal que labora dentro de las instalaciones, cuando exista un incendio o una explosión.</p>

Continuación del apéndice 5.

III. Definiciones

- **Incendio:** un incendio, es un evento no deseado peligroso para la vida humana e instalaciones. La gravedad de un incendio para las personas no sólo se manifiesta con la pérdida de la vida, también se padece la inhalación del humo, quemadura, traumatismos en general, daños severos de las instalaciones, explosiones.
- **Riesgo ambiental:** la probabilidad de que algún suceso específico ocasione un impacto ambiental negativo.
- **Explosión:** ruptura violenta de un cuerpo por la acción de un explosivo o por el exceso de presión interior, provocando un fuerte estruendo.
- **Colapso:** destrucción de una estructura o de un sistema.

IV. Recomendaciones

- Aplicar este procedimiento, supervisar que el personal de su área cumpla con lo que se encuentra estipulado en dicho procedimiento. Asegurar que el área cuente con capacitaciones y con lo necesario para la mitigación de daños. Controlar manifestaciones de pánico o desorden, y procurar que las personas busquen zonas seguras durante una emergencia.
- Personal: aplicar el procedimiento en todas las áreas de la tienda.
- La persona que detecte la emergencia: si tiene la capacitación del uso del extintor y además si es un conato de incendio, buscar el extintor más cercano y descargar a la base del fuego. Dar aviso a supervisor, monitor de seguridad Industrial.

Continuación del apéndice 5.

- Personal contra incendios: intentar contener el incendio si fuera posible, de lo contrario evacuar a todo el personal mientras llegan los bomberos (Tel.: 122 y/o 123).
- Líder en escena: una vez concluida la emergencia, debe verificar que todo el personal haya evacuado, remover escombros, evaluación de daños mediante un informe.

V. Instrucciones

Atención ante una emergencia por Incendio y/o explosión.

¿Qué hacer antes?

- Identificar las rutas de evacuación, salidas de emergencia, siempre validando que no estén obstruidas por obstáculos.
- No almacenar materiales peligrosos, sin ninguna medida de prevención, se debe conocer las hojas de seguridad de los materiales peligrosos.
- Mantenimiento preventivo recurrente y planeado a los circuitos de red materiales peligrosos e instalaciones eléctricas.
- Conexiones eléctricas, no sobrecargarlas.
- A toda instalación eléctrica, evitar verter agua cercana.
- Identifique las ubicaciones de los extinguidores en las instalaciones.
- Realizar simulacros de evacuación constantemente, sobre conatos de incendio.
- Identificar a los Supervisores y/o Brigadistas del área.

Continuación del apéndice 5.

¿Qué hacer durante?

- Al escuchar alarma que alerta la emergencia, suspender actividades que está realizando.
- Informe a los supervisores y/o brigadistas del evento no deseado para la activación del plan de emergencias.
- Conservar la calma usted y sus compañeros.
- Ubicar donde está la emergencia de conato y alejarse de la zona de riesgo.
- Si existe humo, tapase la nariz y boca con un trapo o paño, mejor si esta húmedo y agacharse.
- Ir a las zonas externas puntos de reunión. Recordar: ¡no corrol, ¡no grito! y ¡no empujo!
- Solicitar ayuda vía telefónica a la estación de bomberos más cercana (Tel. 122 y/o 123).
- Siga las instrucciones de supervisores, monitores de la tienda.
- Cierre puertas y ventanas para retraso de la propagación del fuego, tocar con precaución las puertas antes de salir, si están con alta temperatura no abrirlas.
- Mantenerse lejos del área donde está el fuego ya que puede reactivarse.

¿Qué hacer después?

- Evitar realizar rumores y no dejarse guiar por ellos.
- No interferir en la coordinación de actividades de los supervisores, brigadistas y bomberos.

Continuación del apéndice 5.

- Prestar atención a las instrucciones de los Supervisores y/o Brigadistas del área.

VI. Herramientas y equipos

- Extinguidores, equipo de protección personal, teléfonos u otro medio de comunicación.
- salidas de emergencia y puntos de encuentro.
- Plano de ubicación interna de la tienda.
- Inventarios de productos y materia prima, cintas de peligro, conos de seguridad.
- Botiquines y camillas
- Cinta de demarcación del área. (CINTA DE PELIGRO.)

Procedimiento No.2 en caso de emergencias médicas

I. Objetivo

Establecer los lineamientos a seguir para responder ante emergencias Médicas que afecten al personal de las instalaciones, con el propósito de reducir el riesgo a las personas.

II. Alcance

La aplicación de este procedimiento es de carácter obligatorio para todo el personal, cuando exista una emergencia médica.

Continuación del apéndice 5.

III. Definiciones

- **Emergencia médica:** es la necesidad o falta de ayuda médica para una condición que sobreviene sin previo aviso, en la cual se ve amenazada la vida o salud inmediata causando la muerte de no ser asistida. Ejemplos de ellos serían: dificultad respiratoria marcada con inhabilidad para realizar tareas, hemorragia, caídas mayores a 3 veces la altura de la persona, dolor de pecho, reacciones alérgicas, entre otras
- **Riesgo:** la probabilidad de que algún suceso específico ocasione un impacto negativo.

IV. Responsabilidades

- Personal aplicar este procedimiento. Participar activamente en programas de capacitaciones. Personal que detecte la emergencia: dar el aviso de emergencia, trasladar a o los lesionados a la clínica médica, si fuera posible.

V. Instrucciones

Atención ante una emergencia médica

Antes de actuar:

- Controlar manifestaciones de pánico o desorden
- No gritar ni causar pánico
- Seguir los procedimientos designados en el plan de emergencia
- Trasladar a la persona a la clínica médica.

Continuación del apéndice 5.

Atención por:

- Shock eléctrico: tomar los signos vitales, aplicar oxígeno si es necesario, mantener las vías respiratorias abiertas, trasladar a clínica médica.
- Fracturas: Inmovilizar el miembro afectado, administrar analgésicos, trasladar a una clínica médica.

Atrapamiento: si se encuentra atrapado cualquier miembro no sacar a la fuerza, desarmar el equipo en donde se encuentra atrapado hasta poder sacar el miembro, inmovilizar el miembro. desinfectar, administrar analgésicos, trasladar a la clínica médica.

1. Quemaduras:

1.1 con partes calientes

1.1.1 Quemadura de primer grado:

- Colocar compresas de agua fría
- No quitar la ropa que se encuentra alrededor de la parte quemada
- Desinfectar la quemadura
- Si existe la presencia de ampollas no reventa
- Aplicar cremas o vaselina correspondientes
- Realizar un vendaje no comprensivo

1.1.2 Quemaduras de segundo grado:

- Colocar compresas de agua fría.
- No quitar la ropa que se encuentra alrededor de la parte quemada
- Desinfectar la quemadura

Continuación del apéndice 5.

- Si existe la presencia de ampollas no reventar.
- Aplicar cremas o vaselina correspondientes
- Realizar un vendaje no comprensivo
- Administrar líquidos vía oral o endovenoso
- Trasladar a una casa de salud.

VII. Herramientas y equipo

- Medicamentos y suministros
- Teléfonos

Procedimiento No. 3 en caso de terremoto o sismo

I. Objetivo

Establecer los lineamientos a seguir para responder ante un sismo o terremoto que afecte a las instalaciones, atendiendo la normativa de seguridad que aplica, con el propósito de reducir el riesgo ambiental, a la salud o las instalaciones.

II. Alcance

La aplicación de este procedimiento es de carácter obligatorio para todo el personal que labora dentro de las instalaciones, cuando exista un sismo o terremoto.

III. Definiciones

Continuación del apéndice 5.

Sismo: es un fenómeno natural de movimiento brusco y pasajero de la corteza terrestre, está es generada por liberación de energía acumulada en las ondas sísmicas. Los más recurrentes se producen por la ruptura de una falla geológica. También pueden ocurrir por fricción de las placas tectónicas, en los procesos volcánicos o también pueden ser generados por los humanos al realizar pruebas con bombas nucleares. El punto central de un terremoto se denomina hipocentro.

- **Riesgo:** la probabilidad de que algún suceso específico ocasione un impacto negativo.
- **Colapso:** destrucción de una estructura o de un sistema.

IV. Responsabilidades

- Personal aplicar este procedimiento, supervisar que el personal de su área cumpla con lo que se encuentra estipulado en dicho procedimiento. Asegurar que el área cuente con capacitaciones y con lo necesario para la mitigación de daños. Controlar manifestaciones de pánico o desorden, y procurar que las personas busquen zonas seguras durante una emergencia.
- Personal: aplicar el procedimiento en todas las áreas de la tienda.
- Monitores de seguridad: evacuar al personal una vez haya finalizado el sismo o terremoto.

V. Instrucciones

Atención ante una emergencia por sismo o terremoto

- Riesgos asociados: Incendio, derrumbes, colapso estructural, fugas, contaminación con gases, elementos suspendidos o inestables, derrames de líquidos inflamables o combustibles.

Continuación del apéndice 5.

¿Qué hacer antes?

- Observe las estructuras de la compañía para detectar las zonas menos riesgosas.
- Sujetar la estanterías o racks a la pared y no sobrecárgalos.
- Colocar lo materiales más livianos en la parte superior y los más pesados en la parte de abajo.
- Los pasillos peatonales deben estar despejados, libres de obstáculos, para tener rutas de salida seguras.
- Realizar simulacros de evacuación constantes, por lo menos dos al año.
- Los números telefónicos de emergencia deben estar disponibles, visibles en lugares estratégicos.
- Siempre debe portar identificación personal.
- Identificar a los Monitores de Seguridad del área en que se encuentra.

¿Qué hacer durante?

- Conservar la calma.
- Alejarse de las ventanas.
- camine rápido de forma segura, no corra.
- Busque lugares seguros para resguardarse si no se pudiera evacuar, pueden ser mesas de madera, arcos de puertas, columnas.
- Aléjese de ventanas.
- Aléjese de paredes sin soporte solas, árboles, postes y cables eléctricos.

Continuación del apéndice 5.

- Diríjase al punto de reunión, siguiendo las instrucciones de los brigadistas a cargo.
- No busque objetos personales, no pierda tiempo.
- Seguir las instrucciones de los jefes de tienda, monitores y/o brigadistas facilitando su labor.
- Auxiliar a las personas que lo necesitan y usted cuente con los conocimientos, siempre resguardando su seguridad, si no aléjese y permita el personal rescatista actuar.

¿Qué hacer después?

- Acérquese al punto de reunión y espere indicaciones de brigadistas o monitores.
- Reportar a los brigadistas o personal a cargo de la emergencia fugas de agua, gas u otro material.
- Reportar a las personas heridas o lesionadas a los responsables de la emergencia o brigadistas.
- Manejar información verídica y precisa.
- Siempre esta alerta, porque es probable que vuelva a darse un sismo, y pueden caerse los objetos.
- Use una señal visible o sonora si quedara atrapado, para llamar la atención.
- El agua puede estar contaminada, no beber agua del grifo o tubería.
- Utilice su teléfono celular para llamar solo para emergencias.
- Al realizar la evacuación, ayude a ancianos y niños.

Continuación del apéndice 5.

- No bote escombros. Si va a hacerlo debe tener el conocimiento ya que se pueden venir abajo y atraparlo
- No use picos en la remoción de escombros, puede lesionar a alguien.

VI. Herramientas y equipo

- Estructuras físicas y elementos robustos.
- Cadena de llamadas teléfonos.
- Rutas de evacuación, salidas de emergencia y puntos de encuentro.
- Plano de ubicación interna de la tienda.
- Botiquín
- Extintores de polvo químico seco o CO2.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Layout de mapa de emergencia de las instalaciones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Apéndice 7. Presupuesto de implementación de ASP calderas

Presupuesto	
Descripción	Costo (USD)
Actuador de combustible	648
Actuador de Aire	648
Controlador Híbrido HC900	14000
Transmisor de Presión de vapor	500
Transmisor de Presión diferencial para aire	500
Transmisor de Temperatura	500
Transmisor de Flujo	500
Sensor de oxígeno	100
Interruptor de aire	150
Transmisor de presión diferencial para nivel agua	500
Candado en válvula que vincula al sensor	40
Servicio de Instalación y programación	4000
Plan anual de mantenimiento, limpieza de los colectores de niveles y Sensores	1000
Sensores y bujías como equipo crítico	150
Rejilla previo a la aspiración del soplador de aire de combustión.	200
Sensor de medición de flujo en conducto de aire de combustión.	150
Instalar una UPS	75
Total	23661

Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. Hojas de seguridad de químicos

Hojas de seguridad de Químicos-Fuel Oil



FUEL OIL

SECCIÓN I			
IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DEL FABRICANTE			
NOMBRE COMERCIAL DE LA SUSTANCIA		FUEL OIL (BUNKER C)	
NOMBRE COMÚN O GENÉRICO		BUNKER	
NOMBRE DE LA COMPAÑÍA FABRICANTE		RECOPE	
DIRECCIÓN DEL FABRICANTE		Del Hotel Villas Tourmón 50 m. al oeste, San José	
Nº DE TELEFONO	22-84-27-00	Nº de FAX :	22-55-20-49
TELÉFONOS DE EMERGENCIA	911		
SECCIÓN II			
COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS			
NOMBRE COMÚN O GENÉRICO DEL COMPONENTE PELIGROSO (adjunte hojas si es necesario)		%(especificar)	Nº DE CAS
Fuel oil (bunker C)		100	68553-00-4
.Mezcla de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, nafténicos,			
Y aromáticos, incluyendo hidrocarburos aromáticos			
Policíclicos.			
SECCIÓN III			
IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y EFECTOS POR EXPOSICIÓN			
EFECTO POR:	DETALLE		
INHALACIÓN	Excesiva inhalación de aerosol o nieblas pueden causar Irritación de la nariz y tracto respiratorio, euforia, arritmia cardiaca, incremento de la respiración, cianosis, edema pulmonar, arresto respiratorio, lesiones renales, toxicidad del sistema nervioso central e inconciencia dependiendo de la concentración y tiempo de exposición.		
INGESTIÓN	Irritación gastrointestinal, vómito, diarrea y en casos severos depresión del sistema nervioso central		
CONTACTO CON LOS OJOS	El contacto con el líquido o vapores concentrados puede provocar irritación.		

Continuación del anexo 1.

Hojas de seguridad de Químicos-SQI-900



PRODUCTO: SQI - 900

Descripción:

Es un producto químico líquido balanceado para el adecuado tratamiento químico preventivo del agua dura o semi dura que se utiliza en calderas; contiene sulfitos como inhibidores de corrosión, fosfonatos & quelantes como secuestrantes de dureza y Polímeros como adiciónador de lodos.

Nombre Comercial	SQI - 900
Preparado por	QUÍMICOS INDUSTRIALES
Composición Química	Sulfitos, fosfonatos, quelantes y polímeros.
Uso Específico	Acondicionamiento de agua de alimentación para Uso exclusivo en calderas.

ALMACENAJE

Temperatura Ambiente	No aplica
Evitar	Ventilado
Sensibilidad al impacto	Envases mal cerrados y con fuga
Riesgo de Polimerización	Ninguna
Sensibilidad al almacenamiento	Ninguna
Riesgo Específico	Corrosivo

EFECTOS A LA EXPOSICIÓN

Contacto con los ojos	Puede ser irritante y cáustico
Contacto con la piel	Puede ser irritante y cáustico
Ingestión	Puede ser irritante y cáustico
Inhalación	No se produce

PRIMEROS AUXILIOS

Ojos	Lavar con abundante agua por unos Diez minutos levantando los párpados.
Piel	Lavar con abundante agua y jabón
Inhalación	No se produce
Ingestión	Puede ser irritante y cáustico. Lave bien la boca con agua. No induzca el vómito.
Riesgo a la Salud	Peligroso

Km. 28.8 Carretera al Pacífico, Callejón Tapán L 27A Amatitlán, Guatemala, C. A.
 Tel. (502) 5298 8080 y Tel/fax (502) 6633 4246 Info@quimindustriales.com
www.quimindustriales.com

Continuación del anexo 1.

Hojas de seguridad de Químicos-SQI-1400



PRODUCTO: SQI - 1400

Descripción:

Es un aditivo líquido formulado con aminas y morfollnas volátiles para proteger las tuberías de vapor y retorno de condensado contra la acción corrosiva del ácido carbónico formado en la condensación del vapor.

Nombre Comercial	SQI - 1400
Preparado por	QUÍMICOS INDUSTRIALES
Composición Química	Aminas y Morfolinas
Uso Específico	Retorno de Condensado

ALMACENAJE

Temperatura	No aplica
Ambiente	Ventilado
Evitar	Envases mal cerrados y con fuga.
Sensibilidad al impacto	Ninguna
Riesgo de polimerización	Ninguna
Sensibilidad al almacenamiento	Ninguna
Riesgo Especifico	Corrosivo

EFFECTOS A LA EXPOSICIÓN

Contacto con los ojos	Irritante
Contacto con la piel	Irritante si es prolongada la relación
Ingestión	Causa irritación y quemaduras
Inhalación	Se produce con la generación de vapor o embases mal cerrados.

PRIMEROS AUXILIOS

Ojos	Lavar con abundante agua por unos Diez minutos levantando los párpados.
Piel	Lavar con abundante agua y jabón
Inhalación	Salir inmediatamente a un lugar y procure aire fresco, si la respiración es dificultosa de oxígeno y solicite atención medica.
Ingestión	No inducir el vómito, de grandes cantidades de agua y solicite atención medica
Riesgo a la Salud	Peligroso

Continuación del anexo 1.

Hojas de seguridad de Químicos-SQI-1600



PRODUCTO: SQI - 1600

Descripción:

Es un producto químico líquido formulado con quelantes y alcalinizantes para remover incrustaciones de carbonatos de calcio y magnesio en operación. Al aplicarlo con el SQI - 900, tiene un efecto sinérgico que permite tener limpias las paredes de transferencia de calor.

Nombre Comercial	SQI - 1600
Preparado por	QUÍMICOS INDUSTRIALES
Composición Química	Quelantes y alcalinizantes.
Uso Específico	Estabilizador de pH y removedor de Incrustaciones de carbonato y magnesio

ALMACENAJE

Temperatura Ambiente	No aplica
Evitar	Ventilado
Sensibilidad al impacto	Envases mal cerrados y con fuga
Riesgo de polimerización	Ninguna
Sensibilidad al almacenamiento	Ninguna

EFFECTOS A LA EXPOSICIÓN

Contacto con los ojos	Puede ser irritante y cáustico
Contacto con la piel	Puede ser irritante y cáustico si la relación es prolongada
Ingestión	Puede ser irritante y cáustico
Inhalación	No se produce

PRIMEROS AUXILIOS

Ojos	Lavar con abundante agua por unos Diez minutos levantando los párpados.
Piel	Lavar con abundante agua y jabón
Inhalación	No se produce
Ingestión	Puede ser irritante y cáustico. Lave bien la boca con agua. No induzca el vómito y solicite atención médica

Km. 28.8 Carretera al Pacífico, Callejón Tappan L 27A Amatitlán, Guatemala, C. A.
 Tel. (502) 5298 8080 y Tel/fax (502) 6633 4246 info@quimindustriales.com
www.quimindustriales.com

Fuente: Químicos Industriales. *Hojas de seguridad de químicos.* www.quimicosindustriales.com.

Consulta: marzo de 2021.