



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN
AMBIENTAL, BASADO EN LA METODOLOGÍA CERO INCIDENTES AMBIENTALES,
APLICADO A UNA LÍNEA CONTINUA DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE**

Pride Tolentino Alvizures Valle

Asesorado por el MSc. Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN
AMBIENTAL, BASADO EN LA METODOLOGÍA CERO INCIDENTES AMBIENTALES,
APLICADO A UNA LÍNEA CONTINUA DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PRIDE TOLENTINO ALVIZURES VALLE

ASESORADO POR EL MSC. ING. NICOLÁS DE JESÚS GUZMÁN SÁENZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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 INVESTIGACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL, BASADO EN LA METODOLOGÍA CERO INCIDENTES AMBIENTALES, APLICADO A UNA LÍNEA CONTINUA DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 1 de octubre de 2015.

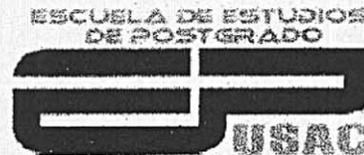


Pride Tolentino Alvizures Valle



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
 Facultad de Ingeniería
 Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



ADSE-MEAPP-0005-2015

Guatemala, 24 de noviembre de 2015.

Director:
 Ing. Víctor Manuel Monzón Valdés
 Escuela de Ingeniería Química
 Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Pride Tolentino Alvizures Valle** con carné número **91 12041**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

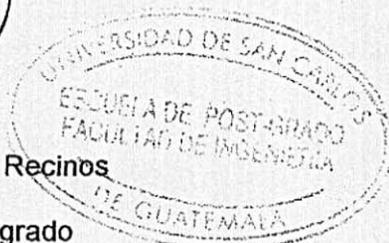
MSc. Nicolás Guzmán
 Ingeniería civil y Sanitaria, Col. 4540

Ing. Juan C. Fuentes M.
 M.Sc. Hidrología
 Colegiado No. 2,504

Msc. Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
 Asesor (a)

Msc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
 Coordinador de Área
 Desarrollo Social y Energético

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
 Director
 Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
 /ec



Ref.EIQ.TG.023.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería del estudiante, **PRIDE TOLENTINO ALVIZURES VALLE**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en ENERGÍA Y AMBIENTE** titulado **"DISEÑO DE INVESTIGACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL, BASADO EN LA METODOLOGÍA CERO INCIDENTES AMBIENTALES, APLICADO A UNA LÍNEA CONTINUA DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE"**. Procede a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Salvador Wong Da
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, abril de 2016

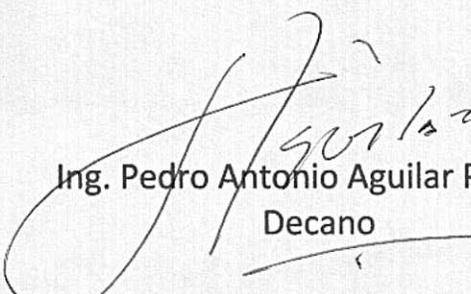
Cc: Archivo
CSWD/ale



DTG. 184.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL, BASADO EN LA METODOLOGÍA CERO INCIDENTES AMBIENTALES, APLICADO A UNA LÍNEA CONTÍNUA DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE**, presentado el estudiante universitario: **Pride Tolentino Alvizures Valle**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, abril de 2016

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Porque no importando nuestra condición humana imperfecta, siempre ha estado presente para darme fuerzas y guiarme.
- Mis padres** Francisco César Alvizures y Lidia Marina Valle, quienes han sido los pilares en mi formación y mi vida.
- Mi esposa** Verónica Lucrecia López, que siempre ha luchado junto a mí en tantas batallas.
- Mis hijos** Pride y Diana Paola Alvizures López, por ser mis motivos para avanzar.
- Mis hermanos** César Francisco, Vinicio Esaú y Allan Eduardo Alvizures Valle, por su presencia en todo momento.
- Mis tíos** Belizario Rodríguez y Esther Valle, quienes me han apoyado en muchas etapas de mi vida.
- Mis primos** Ulises, Carlos y Durán Rodríguez Valle, por estar siempre a mi lado a pesar de las distancias.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por ser mi alma máter y donde he logrado el desarrollo profesional.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme ser parte de su comunidad para darme los conocimientos profesionales.

**Escuela de Estudios de
Postgrado**

Por sustentar el conocimiento técnico y académico que me ha permitido ser un mejor profesional.

**Escuela de Ingeniería
Química**

Por haberme guiado a lo largo de los años en la senda del conocimiento, dándome las aptitudes necesarias para poder participar activamente en el campo laboral de Guatemala.

Mi asesor

MSc. Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz, por asistirme y acompañarme en el desarrollo de este trabajo de graduación.

Mis amigos

Por su apoyo, presencia y tiempo en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
Hipótesis	XXIV
JUSTIFICACIÓN.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. ANTECEDENTES	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1. Pregunta general	5
2.2. Pregunta auxiliar 1	5
2.3. Pregunta auxiliar 2.....	6
2.4. Pregunta auxiliar 3.....	6
2.5. Pregunta auxiliar 4.....	6
3. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	9
4. MARCO TEÓRICO.....	11
4.1. Medioambiente	11
4.2. Impacto y contaminación ambiental	11
4.3. Sistema de gestión ambiental (SGA).....	12
4.4. Proceso de galvanizado continuo por inmersión en caliente ...	13

4.4.1.	Etapa I. Limpieza superficial del acero sin recubrimiento.....	14
4.4.1.1.	Retiro de chatarra y material defectuoso.....	15
4.4.1.2.	Limpieza alcalina.....	15
4.4.1.3.	Lavado y enjuague en caliente.....	15
4.4.2.	Etapa II. Tratamiento superficial por medio de hidrógeno	16
4.4.3.	Etapa III. Recubrimiento con zinc y aleaciones metálicas	16
4.4.3.1.	Inmersión en paila de metales.....	16
4.4.3.2.	Limpieza de escoria de zinc y otros metales.....	17
4.4.3.3.	Control de capa	17
4.4.4.	Etapa IV. Enfriamiento y secado de la tira de acero galvanizado	17
4.4.4.1.	Enfriamiento por agua.....	18
4.4.4.2.	Secado y pasivado	18
4.4.5.	Etapa V. Enrollado y empaque de producto galvanizado	18
4.5.	Metodología “Cero Incidentes Ambientales”	19
4.5.1.	Fuentes contaminantes	20
4.5.1.1.	Exposiciones químicas.....	20
4.5.1.2.	Exposiciones físicas	21
4.5.1.3.	Exposiciones biológicas	21
4.5.1.4.	Exposición a diversas formas de energía	21
4.5.2.	Elementos para un SGA “Cero Incidentes Ambientales”	22

4.5.2.1.	Compromiso de la dirección	22
4.5.2.2.	Comunicación e involucramiento	22
4.5.2.3.	Inducción y capacitación.....	23
4.5.2.4.	Roles y responsabilidades	23
4.5.2.5.	Obligaciones legales.....	23
4.5.2.6.	Identificación de peligros y evaluación de riesgos	24
4.5.2.7.	Documentación y elaboración de los procedimientos	24
4.5.2.8.	Inspección, investigación, información y reportes de campo.....	25
4.5.2.9.	Auditorías de verificación y mejora del sistema.....	25
4.5.2.10.	Preparación para emergencias.....	25
5.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	27
6.	METODOLOGÍA.....	29
6.1.	Fases de la implementación del SGA “Cero Incidentes Ambientales”.....	29
6.1.1.	Fase I-Compromiso de la organización	29
6.1.2.	Fase II-Política Ambiental.....	30
6.1.3.	Fase III-Equipo de trabajo.....	30
6.1.4.	Fase IV-Solicitud de recursos	31
6.1.5.	Fase V-Mapa de riesgos ambientales	31
6.1.6.	Fase VI-Planes y acciones para control de riesgos de hallazgos significativos.....	35
6.1.7.	Fase VII-Indicadores de gestión	36
6.1.8.	Fase VIII-Auditorías al SGA.....	37

6.1.9.	Fase IX-Reporte Directivo del SGA.....	37
7.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	41
8.	CRONOGRAMA	43
9.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	45
9.1.	Recursos humanos	45
9.2.	Recursos financieros.....	45
9.3.	Recursos tecnológicos	45
9.4.	Acceso a la información	46
	CONCLUSIONES.....	47
	RECOMENDACIONES	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	SGA Mejora Continua	10
2.	Implementación de un SGA “Cero Incidentes ambientales”	39

TABLAS

I.	Variables ambientales	32
II.	Criterios de evaluación ambiental	33
III.	Matriz de análisis de aspectos ambientales	34
IV.	Matriz de control operacional, monitoreo y medición	38
V.	Cronograma para el SGA “Cero Incidentes Ambientales”	43
VI.	Presupuesto del SGA “Cero Incidentes Ambientales”	46

GLOSARIO

Accidente	Evento súbito no deseado que causa lesiones a una o más personas.
Acero	Aleación de hierro y pequeñas cantidades de carbono para obtener un compuesto de mayor dureza y resistencia.
Acero galvanizado	Acero al que se le aplica una capa superficial de zinc y otros metales (galvanizado), para protegerlo de la corrosión por efecto de la oxidación del hierro.
Acero negro	Acero sin recubrimiento galvanizado.
Adherencia	Característica de la cubierta galvanizada para permanecer pegada a la superficie del acero.
Alcalino	Propiedad química de una sustancia para neutralizar un ácido.
Aluminio	Metal no ferromagnético, de color grisáceo brillante, que funde a 660,3 °C y que se utiliza en conjunto con el zinc para el proceso de galvanizado del acero.

Ambiente	Componentes físicos, químicos, biológicos, sociales y culturales que rodean e influyen sobre los seres vivos; el término medioambiente es equivalente.
AMEF	Análisis de modo y efecto de fallas.
Antimonio	Elemento semimetálico que funde a 631 °C, de color blanco azulado, brillante y frágil que se utiliza en conjunto con el zinc para el proceso de galvanizado del acero.
Auditoría	Inspección o verificación de un proceso o conjunto de procesos y sus parámetros en base a criterios preestablecidos y acordados como aceptables.
Bunker	Combustible líquido denso, derivado del petróleo que, entre otros usos, se utiliza en calderas para producción de vapor de agua.
Caldera piro tubular	Máquina o dispositivo que utiliza combustible líquido bunker que se quema dentro de tubos, rodeados por agua, para producir vapor de agua.
Capa de zinc	Espesor de la capa de zinc y otros metales, aplicada en el proceso de galvanizado.

Choque térmico	Cambio brusco y repentino de la temperatura de un material pudiendo dañarlo en su estructura interna.
Combustión	Reacción química en cadena entre materiales combustibles, oxígeno y calor.
Contaminación ambiental	Alteración las propiedades físicas, químicas y biológicas del medioambiente causadas por factores de origen humano que lo dañan o deterioran.
COPs	Contaminantes orgánicos persistentes.
Corrosión	Deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.
Crisol	Cavidad o recinto donde se funden o reciben metales fundidos.
Cristalización	Proceso químico por el cual los iones, átomos o moléculas establecen enlaces hasta formar una red cristalina
Criterio ambiental	Los lineamientos y conceptos, necesarios para preservar, restaurar y conservar el equilibrio de los ecosistemas y proteger al ambiente, en el marco del desarrollo sustentable.

Decibel	Medida en escala logarítmica utilizada para expresar el nivel de potencia y de intensidad del ruido.
Desvío	Acción humana o comportamiento que no sigue el patrón aceptable y previamente acordado.
Detección	Localización de alguna cosa que no puede observarse directamente mediante aparatos o métodos físicos o químicos.
Diésel	Hidrocarburo líquido amarillento y aceitoso usado como combustible, es un sinónimo para el gasóleo.
Difusión	Proceso de intercambio molecular donde se introducen partículas materiales en un medio donde inicialmente estaban ausentes.
Disciplina operativa	Apego a las reglas, procedimientos y normas en un entorno laboral.
Emergencia	Situación fuera de control que se presenta por el impacto negativo de un evento no deseado.
Emisión atmosférica	Fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que

emanen como residuos o productos de la actividad humana o natural.

Enlaces metálicos

Enlace químico que mantiene unidos entre sí los átomos de metales, generando estructuras muy compactas.

Entorno

Conjunto de circunstancias o factores diversos que rodean una cosa o a una persona, colectividad o época e influyen en su estado o desarrollo.

**Environmental
Protection Agency**

Agencia de Protección del Medioambiente.

Escoria

Residuos metálicos provenientes del proceso de fundición de metales.

Exposición

Colocar una cosa, objeto o sujeto en un determinado espacio para que reciba la acción de un agente determinado.

Factibilidad

Disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los proyectos, objetivos o metas señaladas.

Falla

Defecto material de una cosa que la hace menos confiable o inutilizable.

Formato	Estándar que define la manera en que está codificada la información en un archivo físico o digital.
Fundición	Proceso de conversión de metales sólidos al derretirlos por medio de calor.
Galvanizado	Procedimiento de aplicación de un recubrimiento de zinc sobre las piezas de acero o fundición mediante inmersión de las mismas en un baño de zinc fundido.
Gestión ambiental	Conjunto de acciones, recursos, lineamientos, políticas y otros para conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del ambiente.
Hallazgos	Situación o condición importante encontrada en un sistema de gestión.
HC	Hidrocarburos.
Hidrógeno	Elemento químico gaseoso incoloro, inodoro, muy reactivo que se halla en todos los componentes de la materia viva y en muchos minerales, arde fácilmente por lo que se utiliza en procesos industriales de combustión.

Hidróxido de sodio	Es un hidróxido cáustico usado en la industria, es muy corrosivo. Se utiliza para la limpieza alcalina del acero negro.
Impacto ambiental	Efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente.
Incidente ambiental	Evento súbito no deseado que potencialmente puede causar daños a los humanos y el medioambiente.
Indicador	Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.
Inmersión caliente	Proceso productivo mediante el cual el acero negro se sumerge en el baño de zinc fundido.
ISO	International Organization for Standardization.
ISO 14000	Serie de normas internacionales para la gestión medioambiental.
Lámina galvanizada	Producto resultante de la galvanización del acero negro laminado.
Línea continua	Equipo productivo que opera en forma diaria continua y sin paros, salvo los de mantenimiento o por reparaciones.

Lodos	Residuos acuosos formados por grasas, partículas metálicas y suciedad provenientes del proceso de lavado del acero negro en el proceso de galvanizado.
Mapa de riesgos	Herramienta que permite organizar la información sobre los riesgos de las empresas y visualizar su magnitud de forma gráfica y textual.
Materia prima	Sustancia natural o artificial que se transforma industrialmente para crear un producto.
Mejora continua	Actividad sostenible en el tiempo y regular que debe ser la base para asegurar la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora del mismo.
Metales pesados	Grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas, su acumulación en el tiempo y en el cuerpo de los animales puede causar serias enfermedades y daños ambientales.
Metodología	Serie de métodos y técnicas que se aplican sistemáticamente para alcanzar un resultado teóricamente válido.
Mitigar	Acción de atenuar o suavizar una cosa negativa.
Nocivo	Que tiene un efecto dañino o perjudicial.

NPR	Número prioritario de riesgo, se obtiene multiplicando los índices de gravedad, ocurrencia y detección.
Oxidación	Efecto que se produce cuando el oxígeno se combina un metal o con los elementos conocidos como metaloides, causando su degradación por corrosión.
Óxido blanco	Manchas blancas que aparecen sobre la lámina galvanizada durante su almacenamiento.
Paila	Recinto donde se realiza la fundición de metales.
Pasivado	Capa protectora externa que se aplica a la superficie del metal galvanizado con el fin de aislarlo de la acción de agentes externos durante su almacenamiento.
Peligro	Fuente u origen de algo que puede llevar a que ocurra un daño si la exposición a dicha fuente es cercana.
Política ambiental	Es la preocupación y desarrollo de objetivos con fines para mejorar el medio ambiente, conservar los principios naturales de la vida humana y fomentar un desarrollo sostenible.

Preservación	Protección o cuidado sobre alguien o algo para conservar su estado y evitar que sufra un daño o un peligro.
Procedimientos	Conjunto de acciones u operaciones que tienen que realizarse de la misma forma, para obtener siempre el mismo resultado bajo las mismas circunstancias.
Proceso	Conjunto de actividades o procedimientos mutuamente relacionadas o que al interactuar juntas en los elementos de entrada los convierten en resultados.
Productividad	Indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida.
Recocido	Tratamiento térmico cuya finalidad es el ablandamiento, la recuperación de la estructura o la eliminación de tensiones internas en metales.
Refractario	Se refiere a la propiedad de ciertos materiales de resistir altas temperaturas sin descomponerse.
Residuos	Material o producto no deseado considerado como desecho y que se necesita eliminar porque carece de valor económico.

Responsabilidad social	Término que se refiere a la carga, compromiso u obligación, que los miembros de un grupo tienen, tanto entre sí como para la sociedad en su conjunto.
Riesgo	Grado de exposición que se produce frente a un peligro.
Riesgo ambiental	La posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente debido a un fenómeno natural o a una acción humana.
Secado	Proceso térmico para eliminar la humedad en la tira de lámina de acero galvanizado.
Seguridad ambiental	Se refiere a la teoría y práctica de evaluar, corregir, controlar y prevenir aquellos factores en el medio ambiente que potencialmente pueden afectarle adversamente.
Seguridad operativa	Procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que interviene en los procesos y actividades de trabajo.
SGA	Sistema de Gestión Ambiental, gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procesos, los

procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día los compromisos en materia de protección ambiental que suscribe una Empresa.

Significativo	Que tiene un significado relevante o peculiar.
Sistema atmosférico	Son los componentes de la atmósfera terrestre.
Sistema biótico	Característico de los organismos vivos o que mantiene un vínculo con ellos.
Sistema edáfico	Relativo al suelo, capa superficial, disgregada y de espesor variable que recubre la corteza terrestre procedente de la meteorización de las rocas preexistentes.
Sistema hídrico	Relativo a los recursos provenientes de las fuentes de agua.
Sistema lítico	Se refiere a todo lo relacionado a las rocas y minerales de la corteza terrestre.
Sostenible	Algo que puede mantenerse por sí mismo gracias a que las condiciones económicas, sociales o ambientales lo permiten, se puede sostener sin afectar los recursos.

Sustentable	Se refiere a algo que puede sostenerse o sustentarse por sí mismo y con razones propias.
Temperatura	Propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella.
Umbral	Nivel o valor de permisible de exposición, puede ser mínimo o máximo.
Vida útil	Duración estimada que algo puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado o producido.
Vulnerabilidad	Capacidad de un individuo o de una comunidad para enfrentar eventos peligrosos o dañinos específicos en un momento dado.
Zinc	Metal de color blanco azulado que arde en aire con llama verde azulada, funde a 420 °C. En presencia de humedad se forma una capa superficial de óxido o carbonato básico que aísla al metal y lo protege de la corrosión; esta propiedad es la que se aprovecha en el proceso de galvanizado del acero.

RESUMEN

La producción de lámina galvanizada en Guatemala implica procesos productivos complejos. Estos procesos inciden en el ambiente por lo cual deben abordarse y aplicar medidas efectivas para lograr el menor impacto ambiental.

Utilizando la metodología "Cero Incidentes Ambientales", similar a la metodología "Cero Accidentes", se puede diseñar e implementar un sistema de gestión ambiental (SGA), acotado y efectivo que no necesariamente implique llegar a una certificación como ISO 14000.

Parte del principio que, controlando los eventos menos visibles u ocultos; en ocasiones tolerados porque así han ocurrido siempre, pero que constituyen desviaciones a los criterios ambientales establecidos y adoptados, es posible detectar y controlar oportunamente condiciones, fallas en los mecanismos de gestión, en los procedimientos y en el comportamiento operativo que, de no hacerse, podrían desencadenar un evento mayor o un incidente ambiental grave.

Adoptando una línea de investigación aplicada no experimental, estudio mixto de variables y mediante análisis descriptivo de datos, en un marco temático de gestión ambiental: tratamientos y estrategias en la gestión de residuos; el trabajo a desarrollar se enfocará al proceso de galvanizado continuo por inmersión en caliente de una planta industrial ubicada en el municipio de Villa Nueva, Guatemala.

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar un sistema de gestión ambiental para una línea de galvanizado continuo por inmersión en caliente basado en la metodología de “Cero Incidentes Ambientales”.

Específicos

1. Establecer el mapa de riesgos ambientales para una línea de galvanizado continuo por inmersión en caliente.
2. Definir las responsabilidades y compromisos del sistema de gestión basado en la metodología “Cero Incidentes Ambientales”.
3. Establecer los mecanismos de seguimiento y medición de las operaciones y actividades documentadas y aplicadas para la mejora ambiental mediante indicadores de gestión.
4. Definir el proceso de auditoría y revisiones periódicas para asegurar la permanencia, cumplimiento y continuidad del programa.

Hipótesis

Utilizando la metodología "Cero Incidentes Ambientales" similar a la metodología "Cero Accidentes", se puede diseñar e implementar un sistema de gestión ambiental, acotado y efectivo que no necesariamente implique llegar a una certificación como ISO 14000.

JUSTIFICACIÓN

El proceso de galvanizado continuo por inmersión en caliente involucra una serie de procesos físicos y químicos que ambientalmente, si no son controlados pueden derivar en los siguientes problemas:

- Sanciones legales
- Rechazo comunitario
- Ineficiencia energética
- Restricción de crecimiento y acceso a mercados locales e internacionales
- Gastos o costo extras por manejo de residuos y desechos
- Deterioro de instalaciones, equipos y herramientas
- Compromiso de la salud del recurso humano
- Daños al entorno y medioambiente
- Incumplimiento a la responsabilidad social

El programa "Cero Incidentes Ambientales" es un sistema alcanzable para mejorar y generar resultados efectivos dentro del marco ambiental, ya que aplica una metodología basada en los siguientes factores:

Es un sistema de gestión y como tal, involucra a todos los niveles de la organización.

Implementa el análisis de procesos para definir aplicaciones de ingeniería en la mejora ambiental.

Documenta sistemáticamente indicadores, mecanismos de control, auditorias, entre otros.

Exige capacitación y desarrollo del recurso humano.

Es flexible ya que puede ser el primer paso para mejorar la gestión ambiental y, sin embargo, es completo y consistente que puede ampliarse y ser un programa permanente.

El esquema de trabajo se orienta por prioridades, optimizando recursos humanos, materiales y financieros.

INTRODUCCIÓN

Existen metodologías sistemáticas y exigentes, sujetas a evaluaciones y mediciones para certificaciones globales de tipo ambiental, por ejemplo, las Normas del grupo ISO 14000, que se consideran por una organización al momento de plantear la necesidad de implementar un sistema de gestión ambiental (SGA). Sin embargo, aunque la exigencia ambiental se le presenta a todo tipo de industrias u organizaciones sin importar su tamaño, para algunas debido al factor económico reflejado en el costo de estos procesos de certificación, desisten en el intento para implementarlos.

Lo anterior no exime a las empresas e industrias en general, de aplicar programas congruentes con la preservación del ambiente, ya que todas generan un impacto, que acumulado puede llegar a ser tan o más nocivo que las generadas por grandes industrias o corporaciones.

Sin una gestión ambiental sostenible las organizaciones se exponen a sanciones legales, pérdida de competitividad y oportunidades de negocio, rechazo comunitario y, en casos extremos, al cierre de sus operaciones.

Adoptando una línea de investigación aplicada no experimental, mixta y mediante análisis descriptivo de datos, en un marco temático de gestión ambiental: tratamientos y estrategias en la gestión de residuos; el trabajo a desarrollar se enfocará al proceso de galvanizado continuo por inmersión en caliente, en el cual hay una serie de etapas que causan efectos ambientales diversos. A cada uno de estos factores se deberán aplicar medidas de gestión

para reducir el impacto y estar equilibradas para no afectar aspectos de productividad, seguridad, calidad y costos.

Un SGA, bajo la metodología propuesta: “Cero Incidentes Ambientales”, parte del principio que, controlando los eventos menos visibles u ocultos; en ocasiones tolerados porque así han ocurrido siempre, pero que constituyen desviaciones a los criterios ambientales legalmente establecidos y adoptados, es posible detectar y controlar oportunamente condiciones, fallas en los mecanismos de gestión, en los procedimientos y en el comportamiento operativo que, de no hacerse, podrían desencadenar un evento mayor o un incidente ambiental grave.

Como cualquier sistema de gestión, el basado en la metodología “Cero Incidentes Ambientales”, muestra el proceso paso a paso, partiendo del compromiso de la dirección, estableciendo los principios básicos o políticas que guiarán el programa, las responsabilidades y actividades de todos los departamentos y las mediciones necesarias para evaluar el desempeño. También incluye los mecanismos de clasificación, de generación de planes de mejora y el ciclo de auditorías para acuñarlos. También define la documentación y los planes de entrenamiento y capacitación estandarizados para todo el personal.

Tal y como se proyecta en el presente trabajo, un SGA no es un compendio de las soluciones a cada tipo de industria o de un proceso en particular; es la metodología para llegar a una administración de los controles y los recursos empleados y que, de forma sustentable, deriven en un compromiso de mejora continua para la protección del medioambiente

1. ANTECEDENTES

La problemática ambiental, dentro de sus condicionantes, tiene una relación directa con los procesos productivos en general, evidenciados por la diversidad de componentes que interactúan y los conforman: materias primas, consumo de energía, transformaciones físicas y químicas, materiales complementarios, residuos generados en el propio proceso y también al final de la vida útil de equipos y productos. Todo lo anterior tiene un efecto en el ambiente al generar emisiones, desechos, cambios en el entorno y posibles impactos adversos, temporales o permanentes.

Bajo una perspectiva ordenada y técnica, la regulación y el control ambiental surgen en la década de los setenta, cuando los profesionales de ingeniería asumen su responsabilidad frente a la sociedad para garantizar, inicialmente, la salud y el bienestar público. En esta década se crea la Environmental Protection Agency de EE.UU. (Perry & Green, 1998).

El tema ambiental también está normado en la legislación de los países, Guatemala no es la excepción; es así como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo (Suecia), en 1972, marcó el punto de partida definitivo para avanzar en los temas legislativos referentes a la protección y conservación del ambiente. De esta forma, habiéndose aceptado los compromisos en dicha conferencia, el Congreso de la República de Guatemala emite la Ley de Protección y Mejoramiento del Medioambiente en 1986, por medio del Decreto Legislativo 68-86 (Coj López, 2013).

La evolución del manejo ambiental llevó a las empresas e industrias a adoptar metodologías de gestión, sin embargo, para ser un modelo permanente y no aislado, la gestión ambiental debe trabajarse como un sistema de gestión ambiental (SGA), como las normas ISO, dentro de las cuales existen las ISO 14,000 orientadas al ambiente. Adoptar un SGA permite un enfoque ordenado, normativo y basado en la premisa de la mejora continua para que pueda ser revisado y mejorado periódicamente en todos los niveles de una organización de tipo industrial (Mejía Duarte, 2008).

Un sistema de gestión ambiental usualmente no surge desde los inicios de operación de las organizaciones industriales, conlleva un proceso y, en ocasiones, no se tiene en el corto plazo someterse en forma voluntaria a una “Certificación Ambiental”. Es por ello que hay alternativas de gestión sistemáticas que surgen como primera línea de acción cuyos resultados cumplen con estándares similares a los que se obtendrían de otros de carácter normativo para obtener una certificación, ISO 14001:2004 por ejemplo.

A principios del siglo XX, H. W. Heinrich desarrolló una metodología basada en el análisis de eventos ocurridos y relacionados con la ocurrencia de accidentes. En sus estudios detectó que, para que ocurra un evento grave o fatal, antes ocurrieron una serie de errores, omisiones, fallas e incumplimientos en condiciones, actos o procedimientos que desencadenaron el evento no deseado. En sus trabajos obtuvo una medida estadística simple que mostraba que por cada accidente grave o fatal, antes se dieron 29 accidentes con lesiones menores y 300 incidentes sin lesiones (cuasi accidentes). Lo anterior mostraba que si se hacía una metodología sistematizada de gestión, análisis y control de los incidentes, se lograría reducir el número de accidentes, incluso llevarlos a “Cero Accidentes”.

Los números de Heinrich fueron revisados posteriormente y se demostró que la proporcionalidad no era un valor estándar para todo tipo de industria, sin embargo, el concepto de la gestión y control de los riesgos en la base de los eventos es un hecho fundamental, y se mantiene como premisa para evitar los eventos más graves (Instituto Nacional de Seguridad de Higiene en el trabajo, 2013).

La línea divisoria entre la seguridad laboral y la ambiental es difusa e interrelacionada, de tal forma que la metodología desarrollada por Heinrich pueden reenfocarse como “Cero Incidentes Ambientales” permitiendo enfrentar y asegurar una reducción de los eventos indeseados o “accidentes con daño”, en cualquiera de las dos áreas, seguridad humana y seguridad ambiental (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de lámina galvanizada en Guatemala implica procesos productivos complejos. Estos procesos inciden en el ambiente por lo cual deben abordarse y aplicar medidas efectivas para lograr el menor impacto ambiental.

Ignorar esta situación expone a las empresas a sanciones legales, pérdida de competitividad y oportunidades de negocio, rechazo de las comunidades e incluso al cierre de operaciones.

2.1. Pregunta general

El trabajo de investigación debe dar respuesta a la interrogante central: utilizando la metodología "Cero Incidentes Ambientales" similar a la metodología "Cero Accidentes", ¿se puede diseñar e implementar un sistema de gestión ambiental, acotado y efectivo que no necesariamente implique llegar a una certificación como ISO 14000?

Las interrogantes auxiliares sobre las cuales se definirá el desarrollo del trabajo son:

2.2. Pregunta auxiliar 1

¿Cuáles son los riesgos clave a considerar, en el proceso de galvanizado, para diseñar e implementar un sistema de gestión ambiental basado en la metodología "Cero Incidentes Ambientales"?

2.3. Pregunta auxiliar 2

¿Quiénes y qué responsabilidades se asignarán para diseñar e implementar un sistema de gestión ambiental, basado en la metodología "Cero Incidentes Ambientales"?

2.4. Pregunta auxiliar 3

¿Cómo se medirá el proceso de diseño e implementación de un sistema de gestión ambiental, basado en la metodología "Cero Incidentes Ambientales"?

2.5. Pregunta auxiliar 4

¿Cuáles serán los instrumentos y procesos para verificar y auditar que un sistema de gestión ambiental, basado en la metodología "Cero Incidentes Ambientales, es efectivo, permanente y que se cumple la premisa de la mejora continua?

Adoptando una línea de investigación aplicada no experimental, mixta y mediante análisis descriptivo de datos, en un marco temático de gestión ambiental: tratamientos y estrategias en la gestión de residuos; el trabajo a desarrollar se enfocará al proceso de galvanizado continuo por inmersión en caliente, en el cual hay una serie de etapas que causan efectos ambientales diversos. A cada uno de estos factores se deberán aplicar medidas de gestión para reducir el impacto y estar equilibradas para no afectar aspectos de productividad, seguridad, calidad y costos.

Para establecer las acciones concretas y efectivas, se aplicará un proceso sistemático controlado, dando como resultado un sistema de gestión ambiental.

El sistema de gestión basado en la metodología "Cero Incidentes Ambientales", permitirá generar una alternativa rigurosa, efectiva y escalable a una certificación basada en grupo de normas como por ejemplo las ISO 14000.

La implementación del programa "Cero Incidentes Ambientales" se desarrollará para un proceso productivo, en una línea continua de galvanizado de lámina por inmersión en caliente; ubicada en el municipio de Villa Nueva.

El enfoque de la investigación se orientará al control de procesos de forma sistemática, teniendo como objetivo garantizar la seguridad operativa que permita cumplir con los planes de producción con el mínimo impacto al ambiente.

Para la efectiva aplicación se involucrará a la alta dirección, jefaturas, mandos medios y personal operativo; definiendo claramente el rol de participación y las responsabilidades.

En el proceso de control se definirán planes de mejora que registrarán procedimientos o inversiones, las últimas soportadas por estudios de ingeniería para lograr un balance entre el costo y la efectividad del control.

3. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El trabajo de investigación se desarrollará para proporcionar las herramientas básicas para la implementación de un SGA; teniendo como premisa de trabajo generar la disciplina operativa, especialmente en el área de procesos, que permitan una ruta de trabajo definida y evolutiva a una cultura ambiental.

El contexto de aplicación es para una industria dedicada al procesamiento de acero galvanizado ubicada en el municipio de Villa Nueva, Guatemala, y los efectos que se dan hacia el medioambiente en sus diferentes etapas.

El proceso de implementación iniciará por los compromisos directivos para definir la política ambiental de la organización y la facilitación de los diversos recursos que se emplearán.

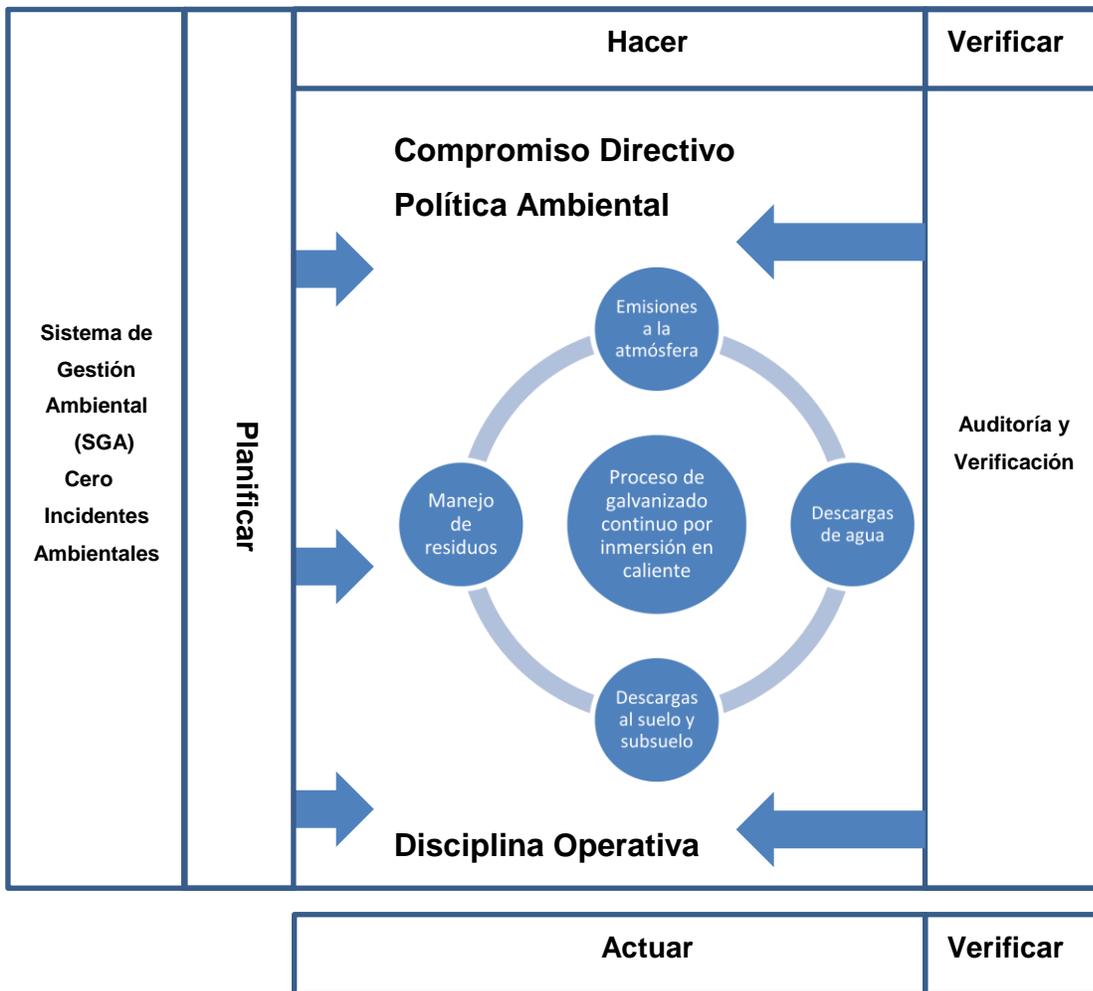
Definida la política, se harán una serie de observaciones y evaluaciones en las áreas operativas para determinar los riesgos y posibles controles. Esto permitirá priorizar a fin de que los recursos, dentro de los compromisos de la dirección, sean direccionados adecuadamente. Los aspectos ambientales con un riesgo potencial mayor serán los que se clasificarán como primera etapa de abordaje y control dentro del proceso de implementación del SGA.

Dentro de la primera etapa de implementación, todos aquellos riesgos o factores en conflicto con la legislación ambiental se considerarán prioritarios.

El modelo de implementación del SGA seguirá el mismo esquema del modelo de la mejora continua de Deming: planificar, hacer, actuar y verificar.

Esquema del proceso de implementación:

Figura 1. **SGA Mejora Continua**



Fuente: elaboración propia.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Medioambiente

En Guatemala, la legislación local define el alcance y el concepto de ambiente o medioambiente que en el territorio nacional se le dará a estos. En el compendio de legislación ambiental de Guatemala, elaborado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, 2010). Se encuentra que por medio de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medioambiente, en el artículo 13, ambiente o medioambiente comprende los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (rocas y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

Dentro del mismo compendio, el *Reglamento para la Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental*, en el artículo 3, define ambiente o medioambiente como el sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, en permanente modificación por la acción humana o natural, y que afectan o influyen sobre las condiciones de vida de los organismos, incluyendo al ser humano (USAID, 2010).

4.2. Impacto y contaminación ambiental

Todo proceso productivo, acotando el alcance de este trabajo, causará diversos impactos en el ambiente que pueden ser mínimos o de consideración. Los impactos adversos se convierten en contaminación de origen industrial y es por ello que se deben adoptar medidas adecuadas para mitigarlos (Díaz

Figuroa, 2010). Las actividades industriales sin un marco de gestión ambiental responsable derivarán en daños irreversibles cuyo costo será trasladado a las generaciones futuras.

El trabajo de investigación, *Amenazas al ambiente y vulnerabilidad social en Guatemala*, de la Universidad Rafael Landívar (Tuy, 2005). Refiere que las amenazas, las alteraciones ambientales y la vulnerabilidad que deriva de estas; en su mayoría provienen de las acciones humanas. El efecto es sensible en el suelo, el agua, el aire, el clima, la flora y la fauna.

La contaminación ambiental derivada de la industria entre otros conceptos, como actividad humana, se puede definir así:

“Un ambiente se halla contaminado cuando se incorporan en él agentes contaminantes, tóxicos o infecciosos que, al exceder los límites tolerables causan directa o indirectamente una pérdida reversible o irreversible de las condiciones normales del medio y de sus componentes.” (Mendoza Berthet, 2012, pag. 5).

4.3. Sistema de gestión ambiental (SGA)

Un SGA es una metodología ordenada y sistemática que permite el control de los aspectos ambientales en una organización, sobre la base de la mejora continua, esto a fin de mitigar el impacto que sus procesos puedan ocasionar en el medioambiente (Mutzus Galván, 2007). Constituye como tal una herramienta pero es de carácter gradual y progresivo para lograr los objetivos que establezca una organización, no es una alternativa de corto o mediano plazo.

Los aspectos relevantes que debe contener un SGA, basado en la mejora continua, están definidos en la Norma ISO 14000 (Mutzus Galván, 2007). Estos

deberán estar contenidos y cumplirse a fin de hacer equivalente el diseño e implementación de un SGA basado en la metodología de “Cero Incidentes Ambientales”:

- Planificación
- Programas ambientales
- Documentos y registros para el manual de gestión ambiental
- Implementación y operación
- Control operacional
- Control de documentos
- Verificación de la implementación

4.4. Proceso de galvanizado continuo por inmersión en caliente

El galvanizado por inmersión en caliente se puede resumir como el proceso mediante el cual se aplica una capa fundida de zinc a una superficie de acero (Cabrera Jerez, 2005). Lo significativo del proceso es la operación continua y las temperaturas de proceso que oscilan alrededor de los 460 °C.

Bajo estas condiciones se crean condiciones de equilibrio químico que facilitan la adherencia entre el acero y el zinc, en presencia aluminio y antimonio (Cabrera Jerez, 2005). El tiempo que el acero está en contacto con el zinc fundido es de 2 a 4 segundos, por lo que las reacciones químicas se basan en la creación de fuertes enlaces metálicos entre el acero y el zinc por difusión.

El proceso de galvanizado continuo registra una diversidad de operaciones productivas que abarcan procesos químicos, energéticos, físicos, mecánicos y otros; teniendo cada uno de ellos diversos efectos sobre el medioambiente. Por tal motivo, en cada uno de ellos se aplican controles y

mediciones para obtener la operación óptima y con el menor impacto posible. Por tal razón, considerando el enfoque de un SGA y la diversidad de procesos mencionados, se deberá enfocar en cuatro grandes líneas de acción (Mejía Duarte, 2008):

- Emisiones a la atmósfera
- Descargas de agua
- Descargas al suelo y subsuelo
- Manejo de residuos

En la producción del acero galvanizado se observan varias etapas para lograr un producto terminado de calidad, con buena adherencia de zinc que le darán resistencia a los efectos de la intemperie (González Cardona, 2005). La aplicación principal del acero galvanizado será la fabricación de láminas para techos y esta protección con el zinc evitarán la corrosión, manteniendo las propiedades originales del acero en cuanto a resistencia mecánica y duración.

Cada una de estas etapas genera impactos en el ambiente y que son el objetivo de implementar un SGA (Mutzus Galván, 2007). Esto para obtener un proceso productivo enmarcado dentro de las tolerancias ambientales para evitar daños a ese medioambiente donde opera.

4.4.1. Etapa I. Limpieza superficial del acero sin recubrimiento

Esta incluye el uso de los rollos de acero negro que vienen empacados con papel especial, combinación de plástico y cartón (Cabrera Jerez, 2005). Por la naturaleza del proceso, se generan continuamente por cada rollo de acero negro que es galvanizado.

4.4.1.1. Retiro de chatarra y material defectuoso

Se debe considerar que esto proviene de los rollos de acero negro que presentan golpes y defectos en las primeras vueltas, estas deben ser cortadas y descartadas (Cabrera Jerez, 2005). Otra parte se genera al retirar las cubiertas y flejes metálicos exteriores.

4.4.1.2. Limpieza alcalina

Esta parte del proceso es fundamental para eliminar las grasas y aceites que se aplican a los rollos de acero negro, necesarios para dar protección frente a la oxidación durante el traslado marítimo.

Se utilizan compuestos químicos a base de hidróxido de sodio, en soluciones acuosas calentadas a temperaturas entre 60 y 80 °C (Cabrera Jerez, 2005). Sin esta limpieza habría como consecuencia menor adherencia del zinc fundido a la capa superficial del acero.

Para esta etapa hay un consumo energético en forma de calor, específicamente el originado por la combustión de diésel y bunker para generación de vapor mediante calderas piro tubulares (Cabrera Jerez, 2005). Adicionalmente se tiene el consumo de energía eléctrica que se da en todas las etapas del proceso.

4.4.1.3. Lavado y enjuague en caliente

Luego de la limpieza alcalina, se acumulan lodos y residuos contaminados con grasa, suciedad, residuos de óxido, residuos alcalinos; estos son eliminados mediante agua caliente en un rango entre 60 y 80 °C (Cabrera

Jerez, 2005). El agua es proyectada por medio de chorros que salen de boquillas difusoras aplicándola directamente sobre la tira de lámina. El consumo de agua está presente en todas las etapas del proceso de galvanizado.

4.4.2. Etapa II. Tratamiento superficial por medio de hidrógeno

Luego de la limpieza alcalina, es necesario aplicar una limpieza controlada sobre la superficie del acero negro; esto permite eliminar óxido superficial que pudo formarse durante el traslado o almacenamiento previo a la galvanización (Cabrera Jerez, 2005). El tratamiento con hidrógeno libera la superficie del acero de cualquier traza que reduzca la adherencia del zinc.

4.4.3. Etapa III. Recubrimiento con zinc y aleaciones metálicas

Antes de ser aplicado el zinc fundido, la tira de lámina de acero se somete a un tratamiento térmico (760 °C), en el horno de recocido (Cabrera Jerez, 2005). Este se utiliza para modificar las estructuras internas del acero según será requerido, adicionalmente ayudan a evitar el choque térmico cuando se ingresa la lámina al baño de zinc.

4.4.3.1. Inmersión en paila de metales

Para el proceso de galvanizado se utilizan el zinc, el aluminio y el antimonio, combinación que genera humos metálicos debido a la alta temperatura a la que son fundidos (460-465 °C). Para lograr fundir y mantener la temperatura de la paila o crisol, se utiliza combustible diésel (Cabrera Jerez, 2005). Este pasa por un conjunto de ductos, con paredes recubiertas con

ladrillo refractario; que funcionan a manera de quemadores. Los gases resultantes de la combustión del diésel se eliminan a través de chimeneas.

4.4.3.2. Limpieza de escoria de zinc y otros metales

La interacción de las trazas de hierro presentes en el acero y los metales utilizados, para recubrir el acero, producen escoria formada por oxidación (Cabrera Jerez, 2005). Esta se acumula en la superficie y contribuye en la mayor parte de la generación de los humos metálicos.

4.4.3.3. Control de capa

La capa de metales con que se cubre el acero negro, se regula por medio de unas “cuchillas de aire”, estas son armazones en forma de labios colocadas a ambos lados de la tira de acero y, mediante flujo de aire, soplan sobre la tira haciendo que el zinc y el resto de metales en equilibrio, tenga un espesor definido o capa (Cabrera Jerez, 2005).

Se controlan juntándolas o separándolas de la tira, entre más próximas estén, menor es la capa y viceversa. Como consecuencia de su conformación, producen un ruido silbante continuo entre 95 y 110 decibeles.

4.4.4. Etapa IV. Enfriamiento y secado de la tira de acero galvanizado

Mediante flujo de aire, la tira de lámina ya galvanizada es enfriada a una temperatura de 250 °C aproximadamente, a fin de lograr la cristalización de los metales adheridos (Cabrera Jerez, 2005).

En esta parte del proceso se produce la “flor” característica que se aprecia en los materiales galvanizados en hoja.

4.4.4.1. Enfriamiento por agua

Inmediatamente después del enfriamiento por aire, pasa a un sistema de enfriamiento con agua para permitir un descenso de la temperatura a 30 °C aproximadamente (Cabrera Jerez, 2005). Esto permite que los operadores puedan manipularla en las fases finales y evita que se quemen los componentes de los rodillos, a base de hule, que eliminan la humedad al exprimir la tira de lámina ya galvanizada.

4.4.4.2. Secado y pasivado

Luego del enfriado, la lámina debe ser secada completamente, de no hacerse, se crean condiciones de humedad que dan inicio al óxido blanco en la cubierta de zinc. Para ello se utiliza un sistema de secado por medio de quemadores de gases licuados del petróleo. En esta misma fase se le aplica una protección química superficial extra, denominada pasivado (Cabrera Jerez, 2005). Esta capa o protección extra permite almacenar el acero galvanizado y que mantenga su brillo característico hasta ser instalado en forma de lámina para techos.

4.4.5. Etapa V. Enrollado y empaque de producto galvanizado

Al principio del proceso y para que este sea continuo, se aplica una soldadura que une el rollo saliente ya galvanizado con el rollo entrante, sin galvanizar. En la salida del proceso esta debe cortarse, lo que genera restos de metal y chatarra (Cabrera Jerez, 2005). Para el empaque de rollos se utilizan

los mismos componentes provenientes del empaque del rollo de acero sin recubrimiento, se reutilizan papeles, cinchos o flejes metálicos.

4.5. Metodología “Cero Incidentes Ambientales”

Como se menciona en los antecedentes, los estudios realizados por Heinrich, pionero de la salud ocupacional y la seguridad, marcaron la línea de acción del modelo que busca controlar aquellos eventos que no causaron daño (García Ramón & Vallejo Carrera, 2014). Hacerlo en esta etapa permite aplicar controles adecuados antes del daño, ya que tienen el potencial de causarlo.

Un SGA basado en esta metodología persigue que la gestión de las actividades tenga como meta controlar los eventos sin daño. Por ejemplo, una fuga por goteo en una tubería por la que se trasiega ácido es un “desvío” al funcionamiento correcto que se tenía previsto para dicha instalación y causa un “incidente menor” de contaminación en el suelo.

No actuar en ese momento se convierte en un riesgo potencial de daño mayor, ya que esa pequeña gota podría ser el aviso que la tubería llegó al final de su vida útil y que está próxima a ceder, causando un derrame mayor y hasta ser una catástrofe.

Este comportamiento, como una mejora al modelo de Heinrich, se denominó modelo del “Iceberg” (García Ramón & Vallejo Carrera, 2014). Esta analogía predice que la punta del iceberg es el equivalente a un evento grave (accidente o incidente con daños significativos) pero debajo en la zona que pasa desapercibida o no es visible, y donde se dieron un gran número de eventos que fueron sumando para que ocurriera el evento mayor.

Existen a lo largo de la historia diversas catástrofes ambientales que fueron la suma de muchos incidentes menores, sin efectos al entorno, pero que no fueron atendidos oportunamente. La línea divisoria entre la seguridad laboral y la ambiental en ocasiones puede ser difusa, llegando a cruzarse incluso, de esa cuenta este trabajo mostrará que la metodología “Cero Incidentes Ambientales” es aplicable en ambos campos (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014). Esto permitirá enfrentar y asegurar una reducción de los eventos indeseados o “accidentes con daño”, en cualquiera de las dos áreas.

4.5.1. Fuentes contaminantes

Lo anterior puede confirmarse ejemplificando las siguientes fuentes de exposición que pueden dar lugar a lesiones, daños ambientales o ambos.

4.5.1.1. Exposiciones químicas

Disolventes, compuestos para limpiar, o desengrasar, ácidos, álcalis y cualquier producto químico que sea utilizado o desechado en un proceso productivo.

Se puede observar que entrando en contacto no controlado con los humanos producirán lesiones, enfermedades crónicas o agudas (Díaz Figueroa, 2010). Y si por ejemplo se trata de derrames, estos dañarán las fuentes hídricas, el subsuelo, la flora o la fauna.

4.5.1.2. Exposiciones físicas

Ruido, calor, frío, emisiones gaseosas. El ejemplo de lesiones en estas puede ser la pérdida auditiva, quemaduras e intoxicaciones (Diaz Figueroa, 2010). Por el lado ambiental, aumento de las emisiones contribuyentes al calentamiento global o incremento del ruido ambiental.

4.5.1.3. Exposiciones biológicas

Virus, bacterias, mohos, sangre, desechos biológicos. Claramente un empleado que tenga contacto con dichos elementos y no cuenta con un buen sistema de prevención y control del riesgo, sufrirá enfermedades por la exposición (Mendoza Berthet, 2012). Ambientalmente un mal manejo podría causar daños irreparables o mortandad extensa en poblaciones humanas, la flora y la fauna.

4.5.1.4. Exposición a diversas formas de energía

Térmica, nuclear, eléctrica, geotérmica, hidráulica. Un caso evidente de la afectación a la seguridad humana y ambiental fue el evento de Chernóbil, el accidente nuclear sucedido en la central nuclear, el 26 de abril de 1986. La catástrofe de Chernóbil afectó gravemente a Bielorrusia, Ucrania y Rusia, causando pérdidas incalculables y daños terribles a las personas, a la flora y a la fauna. Más de 160 000 km² se encuentran contaminados (Aguayo Ríos, 2008). El accidente de Chernóbil fue una de las mayores catástrofes ambientales, sus costos en el 2000 superaban los 250 000 millones de dólares, según un estudio oficial del Gobierno ruso, revelado por el Wall Street Journal.

4.5.2. Elementos para un SGA “Cero Incidentes Ambientales”

Los elementos a desarrollar de la metodología “Cero Incidentes Ambientales” tendrán una estructura definida, inicia por los compromisos directivos pasando por las fases de implementación y concluyendo con la revisión periódica y mejora del SGA (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014). Tal y como se muestra líneas abajo y que son compatibles con la normativa ISO 14000.

4.5.2.1. Compromiso de la dirección

Los objetivos de un SGA se cumplirán dependiendo del grado de participación de la dirección. Cuando hay un compromiso directivo los esfuerzos, recursos y avances del proceso de implementación (Mejía Duarte, 2008). De la dirección saldrá la política medio ambiental que regirá el camino de todas las áreas de la organización que buscarán desarrollar e implementar el SGA.

4.5.2.2. Comunicación e involucramiento

Establecida la política y los objetivos se deberá trasladar la información, es decir, comunicarlos a todos los niveles de la organización (Mejía Duarte, 2008). También se deberá tener un programa de comunicación por diversas vías donde se informe de los planes y programas, los roles y las actividades individuales y colectivas dentro del proceso de implementación del SGA.

4.5.2.3. Inducción y capacitación

El personal en general debe contar con la asistencia necesaria para comprender cómo encaja en el proceso de implementación de un SGA. Esto se logra conformando equipos de trabajo por área donde se comunicarán la política, los objetivos, los fundamentos y la metodología de implementación (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014). Deberá ser una formación práctica y orientada al trabajo de piso, donde se hacen las cosas, para establecer los procedimientos y normas que permitan que funcione el SGA.

4.5.2.4. Roles y responsabilidades

En concordancia con la inducción y capacitación para obtener resultados positivos en la implementación, cada uno de los participantes, en los distintos niveles de la organización, deberá conocer qué debe hacer para la implementación y permanencia del SGA (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014). Una definición clara de los roles y responsabilidades permitirá dirigir esfuerzos conjuntos y reducir fallas durante la implementación al no tenerse la certeza de lo que se debe hacer desde un puesto específico.

4.5.2.5. Obligaciones legales

El punto de partida para la implementación del SGA es el cumplimiento legal vigente. Es importante que la organización tenga una información y conocimiento exacto de los aspectos legales que en materia ambiental le aplican (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014). Ningún SGA será efectivo si se incumple la legislación local que le aplica a una

organización porque desde su inicio ya estaría en falla y sujeta a sanciones; lejos de los objetivos de gestión.

4.5.2.6. Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Cuando se trabaja en la implementación de un SGA se deberán hacer muchos esfuerzos, en diferentes áreas de una organización. No todos estos esfuerzos tienen el mismo nivel de impacto y, por ello, es necesario priorizar las acciones.

Una identificación de peligros y los riesgos asociados a estos facilitan la administración de los recursos disponibles (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014). En esta etapa también se logran visualizar las posibles acciones de control de los riesgos que luego serán propuestas y analizadas para lograr implementar la óptima.

4.5.2.7. Documentación y elaboración de los procedimientos

En un SGA se debe dejar documentado cómo se desarrollarán y harán las diferentes actividades del personal. De la etapa anterior se debieron obtener las mejores prácticas ambientales para los diferentes procesos, estas deben quedar registradas para luego estar disponibles, ser comunicadas, y tener vigencia para lograr formar y entrenar a los grupos de trabajo de forma homologada (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014).

Esto permite dirigir a todos hacia un mismo fin y objetivos manteniendo controles permanentes que podrán mejorarse conforme se va logrando madurez cuando ha sido implementado un SGA.

4.5.2.8. Inspección, investigación, información y reportes de campo

Establecidos los procedimientos, los ejecutantes y los responsables de darles seguimiento deberán inspeccionar que sean cumplidos (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014). Cuando esto no sucede deberán informar y reportar, para emprender las investigaciones necesarias que muestren las causas raíz que llevaron al incumplimiento y los planes de mejora aplicables.

4.5.2.9. Auditorías de verificación y mejora del sistema

Esta etapa es la evaluación sistemática de los puntos o requisitos del SGA. Será la comprobación de la efectividad de la implementación del SGA y documentará las mejoras que deberán desarrollarse para ir soportando la evolución del mismo (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014).

Una auditoría es el diagnóstico objetivo de un SGA, cuyo informe será remitido a la dirección para su seguimiento.

4.5.2.10. Preparación para emergencias

La implementación de un SGA tiene como objetivo que las actividades de una organización no deriven en daños ambientales pero el factor humano y los errores están presentes (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014).

Por lo mismo deberán documentarse las posibles situaciones que escaparían de control y las acciones para mitigarlas y controlarlas.

Un SGA basado en la metodología “Cero Incidentes Ambientales”, a lo largo de todas las etapas de implementación y funcionamiento, tiene como meta lograr una cultura ambiental (Centro Especializado de Formación Integrada, S. C., 2014). Esto significa que, respetando las diferencias individuales, una organización tiene una serie de principios y valores de respeto al medioambiente y que no derivan de la imposición sino de la convicción.

Al ser el enfoque de este trabajo hacia la industria, para lograr esa cultura debe implementarse la disciplina operativa de procesos (Obregón Chávez, 2007). Consiste en generar las mejores prácticas de trabajo para realizar las actividades y detectar oportunamente mejoras, para evitar situaciones de riesgo hacia la salud, el ambiente y cumplir con los planes productivos.

5. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES DE GESTIÓN AMBIENTAL EN GUATEMALA
2. EL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL (SGA)
3. EL PROCESO DE GALVANIZADO CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE
4. LA METODOLOGÍA “CERO INCIDENTES AMBIENTALES”
5. FASES Y PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SGA BASADO EN LA METODOLOGÍA “CERO INCIDENTES AMBIENTALES
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

6. METODOLOGÍA

Objetivo general: diseñar e implementar un sistema de gestión ambiental para una línea de galvanizado continuo por inmersión en caliente, basado en la metodología de “Cero Incidentes Ambientales”.

De acuerdo al problema de investigación definido, adoptando una línea de investigación aplicada no experimental, estudio mixto de variables y mediante análisis descriptivo de datos, en un marco temático de gestión ambiental: tratamientos y estrategias en la gestión de residuos; el trabajo a desarrollar se enfocará al proceso de galvanizado continuo por inmersión en caliente de una planta industrial ubicada en el municipio de Villa Nueva, Guatemala.

6.1. Fases de la implementación del SGA “Cero Incidentes Ambientales”

Para el desarrollo de la problemática y alternativa de solución el trabajo de investigación se dividirá en fases, donde cada una define las actividades y el resultado o aspecto a lograr en la estructura de implementación de un SGA.

6.1.1. Fase I-Compromiso de la organización

La implementación de un SGA es viable si inicia con el compromiso y la adopción del tema ambiental como parte de la problemática de gestión en una organización, por lo tanto, deja de ser un aspecto de cumplimiento legal y pasa a constituir una metodología, necesaria para implementar la mejora continua integrada a los procesos productivos, principalmente.

Sin este primer paso la iniciativa de implementar un SGA no funcionará, porque no está dentro de las prioridades de la organización y no tendrá el soporte y los recursos necesarios para ser desarrollada.

6.1.2. Fase II-Política Ambiental

Declarada la necesidad el compromiso de implementar un SGA, la organización deberá emitir una política ambiental que exprese el compromiso con el medioambiente, su alcance, los objetivos a lograr, los principios y los roles para que sea sustentable. Esta deberá ser emitida, comunicada y explicada por la Alta Dirección para demostrar que es parte de la gestión de la organización y que tendrá el soporte necesario para cumplirla. Con la política como respaldo de las acciones, se puede emprender el proceso de implementación.

6.1.3. Fase III-Equipo de trabajo

El proceso de implementación de un SGA requiere un equipo de trabajo enfocado en el desarrollo y coordinación de las etapas y las actividades de estas. No se puede asignar a una sola persona desarrollar e implementar el SGA. El equipo de trabajo es designado por la dirección y, para el caso de estudio de este trabajo, se definirá con el personal con mando y operativo del área de galvanizado.

La propuesta directiva para el equipo de implementación deberá contemplar:

- Un coordinador del equipo de implementación
- Un asesor con experiencia en SGA

- Un experto en el proceso de galvanizado continuo
- Un operario con experiencia en los procesos de galvanizado continuo

6.1.4. Fase IV-Solicitud de recursos

La primera actividad del equipo de implementación consiste en la evaluación del proyecto y la definición de los recursos para llevarlo a cabo.

Deberá elaborar el programa y el cronograma de trabajo para que el informe de solicitud que se envíe a la Dirección sea lógico, consistente y muestre en forma resumida los aspectos de inversión que se deben aprobar para que se continúe con el proceso.

- Papelería y útiles
- Mobiliario y equipo de oficina
- Programas y sistemas electrónicos
- Gastos de comunicación, difusión y capacitación
- Otros gastos (proyección para imprevistos)

Objetivo específico 1: establecer el mapa de riesgos ambientales para una línea de galvanizado continuo por inmersión en caliente.

6.1.5. Fase V-Mapa de riesgos ambientales

En esta etapa se arma el panorama de gestión de los procesos productivos para una línea de galvanizado continuo. Permitirá priorizar los recursos en función de la importancia del aspecto ambiental detectado.

En esta etapa se procederá a establecer los criterios ambientales aceptados o tolerables con relación al impacto ambiental. Para contar con un patrón estándar se definirán las siguientes categorías o variables independientes a documentar:

Tabla I. **Variables ambientales**

Variable a observar	Aspecto a documentar (ubicación y tipo)
Emisiones atmosféricas	Gases, vapores, aerosoles y otros emanados en el proceso y periféricos; que puedan afectar la atmósfera (aire).
Descarga de aguas	De proceso: alcalinas, ácidas, contaminadas con otros químicos; que puedan afectar las fuentes hídricas (agua).
Descargas al suelo y subsuelo	Otras descargas de fluidos: hidrocarburos, químicos, residuales, etc. Que puedan afectar el suelo y sub suelo por absorción (suelo).
Manejo de residuos	Disposición final de los diferentes desechos provenientes del proceso y los periféricos; todos aquellos que son marcados como descartables y se desechen por diversos medios fuera de las instalaciones (residuos).
Consumo de materias primas	Cantidades utilizadas en el proceso de galvanizado
Materiales peligrosos almacenamiento y consumo	Cantidades almacenadas y almacenadas de corrosivos, tóxicos, combustibles, radiactivos

Fuente: elaboración propia.

La recopilación general se hará con un formato o matriz de evaluación del proceso, contendrá la información por observación cuyos hallazgos serán evaluados por el equipo para posterior análisis. El manejo de los resultados se deberá hacer en hojas electrónicas con alguno de los programas actuales.

La matriz de evaluación inicial se soportará según los criterios siguientes:

Tabla II. Criterios de evaluación ambiental

Criterios en la evaluación de aspectos						
Severidad (S)						
	Aire	Agua	Suelo	Residuos	Consumos de Materias Primas e Insumos	Materiales Peligrosos Almacenamiento y Consumo (Corrosivos, Tóxicos, Combustibles, Radiactivos)
	Emissiones con presencia de COP's o Metales Pesados Tóxicos. Ruido Perimetral > norma.	Efluentes con HC, Metales Pesados Tóxicos (Cromo, Plomo, Mercurio, Cadmio), Cianuros.	Suelo con metales pesados y COPs.	Manejo de Residuos Peligrosos/ Especiales	Consumo mayor al 50 % del total de la Planta.	Se maneja sustancia por encima del Umbral de Riesgo definido por la normativa del país.
	Emissiones con material particulado, BTX, Ácidos.	Efluentes con presencia de sulfuros, sulfatos, fenoles, DQO, DBO, Zinc, Manganeso, Aluminio, Hierro, Sustancias solubles en éter.	Suelo con Hidrocarburos.	Manejo de Residuos Industriales	Consumo entre 25 - 50 % del total de la Planta.	Identificado como una actividad altamente riesgosa por un análisis de riesgo.
	Emisión de gases de combustión.	Efluentes con presencia de Sólidos Sedimentables, pH, Coliformes Fecales, Cloro.	Suelo con Ácidos, Alcalis.	Reciclo o Venta parcial (> 50 %).	Consumo entre 5 - 25 % del total de la Planta.	Manejo de Materiales Peligrosos de acuerdo a su HDS.
	No hay emisiones. Ruido Perimetral < Norma.	No hay consumo ni descarga. O descarga con todos los parámetros dentro de norma.	Otros No Tóxicos.	Reciclo Total o Venta.	Consumo menor al 5% del total de la Planta.	Manejo de Materiales No Peligrosos de acuerdo a su HDS.
Detección-Prevención (D)			Ocurrencia (P)			
	Control seguramente detectará fallas	1	Remota: es muy difícil que ocurra el evento (1 vez cada 2 años o más)			
	Control tiene altas posibilidades de detectar fallas	2	Baja: es relativamente poco probable que el evento ocurra (anual)			
	Control lo detectará	3	Moderada: eventos ocasionales (trimestral)			
	Control difícilmente lo detectará	4	Alta: eventos frecuentes (mensual)			
	Control no lo detectará	5	Muy Alta: eventos constantes y persistentes (semanal)			
Cumplimiento Legal o Criterio Interno (L)						
I	Cumple/ No Aplica (depende luego del resultado del NPR)					
O	No Cumple (Aspecto SIGNIFICATIVO, sin importar el resultado del NPR)					
$NPR = S \times P \times D$; $ESA = NPR + L$						
ESA (Escala de Significancia Ambiental) SE CONSIDERA SIGNIFICATIVO PARA VALORES MAYORES A 48 CUANDO NO SE CUMPLE EL REQUISITO LEGAL O CRITERIO INTERNO, ESA AUTOMÁTICAMENTE TOMA EL VALOR MÁXIMO (100)						

Fuente: Ternium Internacional Guatemala, S. A.

El formato de recopilación de la información y análisis de datos se basará en el modelo de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF):

Tabla III. **Matriz de análisis de aspectos ambientales**

**Sistema de Gestión Ambiental
Matriz de análisis de Aspectos Ambientales**

Planta (1)	Responsable del Área (d)	Número de revisión (8)
Nombre del Proceso (2)	Fecha de análisis (5)	Procedimiento de referencia
Prejijo (12)	Responsable MEDA (7)	Aprobado por (9)
Grupo de análisis MEDA (3)		Fecha de Revisión (6)
		Nombre del archivilloja

Escala de Significancia Ambiental	
Probabilidad	Cantidades
48	0
88%	3
12%	

Actividad (10)	Aspecto Ambiental (11)	Impacto Ambiental	Causa(s) del impacto ambiental potencial	Severidad	Ocurrencia	Detección	Complimiento I. P. R., Legal y Criterio Interno	Evaluación de Riesgo Ambiental	Controles de Procedimientos Actuales	Legislación aplicable y/o Normativas y/o criterios internos
							E. S. A.	Significativo		
								100		
								100		
								100	Significativo	
								100	Significativo	

NOTAS

(1) Nombre de la planta o ubicación productiva
(2) Proceso productivo al que se refiere el análisis
(3) Iniciales de los integrantes del equipo asignado a la realización del análisis
(4) Nombre del responsable del área operativa a que se refiere el análisis
(5) Fecha de realización
(6) Fecha en que se revisa el análisis
(7) Nombre del responsable de I.A. de la planta
(8) Número consecutivo de revisión
(9) Número consecutivo de análisis asignado por I.A.
(10) Listar las actividades que conforman el proceso
(11) Listar el aspecto ambiental identificado para la actividad
(12) Prejijo identificador del proceso asignado por MEDA.

Fuente: Ternium Internacional Guatemala, S. A.

Objetivo específico 2: definir las responsabilidades y compromisos del sistema de gestión basado en la metodología “Cero Incidentes Ambientales”.

6.1.6. Fase VI-Planes y acciones para control de riesgos de hallazgos significativos

El mapa o matriz de riesgos permitirá enfocar los recursos de acuerdo al impacto asignado a cada hallazgo, iniciando por los de mayor puntuación.

Para ello el equipo de implementación establecerá y documentará planes de acción asignados a responsables y quienes definirán las tareas a realizar para controlar el riesgo. Las acciones de los planes se establecerán sobre tres ejes de trabajo que se considerarán en el siguiente orden:

- Condiciones en infraestructura, relacionado a que los diseños en equipos, instalaciones, maquinaria y todos aquellos elementos mecánicos permitan una operación segura y ambientalmente adecuados para reducir la probabilidad de errores atribuibles al factor humano.
- Procedimientos operativos de trabajo, instrucciones y normativos, relacionado a que las indicaciones y métodos de trabajo a ejecutar por el personal operativo sean claros, consistentes, lógicos y que puedan interpretarse de la forma correcta para evitar errores que puedan derivar en daños o fallas causando efectos en el entorno, tanto humano como al medioambiente o estructuras.

Dentro de los procedimientos operativos deberán establecerse aquellos enfocados a la preparación para atención de emergencias. Un SGA busca reducir el impacto ambiental pero no son infalibles y por lo mismo

deberá contar con procedimientos de emergencia que permitan mitigar y controlar situaciones adversas que potencialmente pudieran ocurrir: fallos en equipos, desastres naturales, orden civil, errores humanos, por ejemplo.

- Comportamiento y actitudes, relacionado a que se busque una cultura de trabajo orientada a la preservación del medioambiente.

No solo depender de las condiciones ni de los procedimientos, sino que el personal en general tome y adopte los principios establecidos en la política como forma de trabajo permanente.

Objetivo específico 3: establecer los mecanismos de seguimiento y medición de las operaciones y actividades documentadas y aplicadas para la mejora ambiental mediante indicadores de gestión.

6.1.7. Fase VII-Indicadores de gestión

El equipo de implementación, en conjunto con la dirección, debe definir cómo se evaluará el desempeño y mejora continua del SGA.

El punto de partida son las variables declaradas para el monitoreo y elaboración del mapa de riesgos; esto porque pueden ser proyectadas en función de la producción.

Cada variable y sus componentes puede declararse como una herramienta de medición del proceso y, por lo mismo, mostrar su evolución.

Por ejemplo, al determinar el volumen de gases de combustión emitidos, pueden correlacionarse con los volúmenes de producción; generando así un indicador: litros de bióxido de carbono generados a razón de las toneladas de acero galvanizado producidas (litros CO₂/TM acero galvanizado). Este se monitorea mensualmente y permite diagnosticar si hay una mejora en la reducción o si se cumple con el parámetro aceptado.

Objetivo específico 4: definir el proceso de auditoría y revisiones periódicas para asegurar la permanencia, cumplimiento y continuidad del programa.

6.1.8. Fase VIII-Auditorías al SGA

Se relaciona a las verificaciones periódicas planificadas para medir los indicadores y el desempeño observado. Para realizarlas el equipo de implementación deberá elaborar los instrumentos de evaluación o cuestionarios para cada indicador según el aspecto ambiental a verificar.

6.1.9. Fase IX-Reporte directivo del SGA

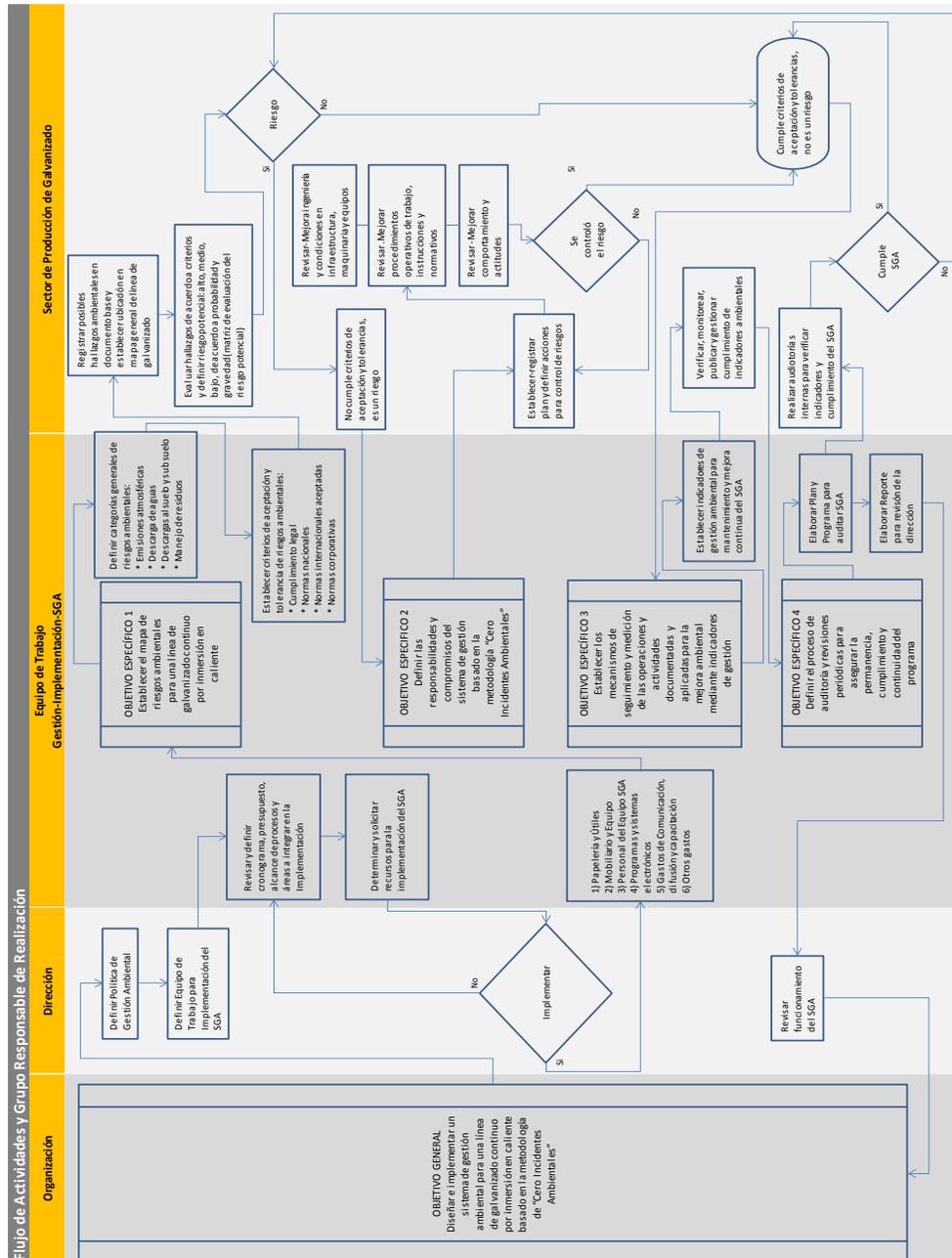
De las auditorías se desprende el reporte directivo para que la organización tenga conocimiento cómo está funcionando el SGA y los ajustes o mejoras que deberán aplicarse.

Este reporte es el consolidado de hallazgos detectados (no cumplen los criterios establecidos), el impacto potencial que tiene ese hallazgo, así como las áreas donde ocurre. Contendrá el dato del responsable de llevar a control el hallazgo, la fecha prevista de cumplimiento y los posibles recursos a requerir.

Formato de verificación de auditorías:

Diagrama de flujo para la implementación del SGA:

Figura 2. Implementación de un SGA “Cero Incidentes Ambientales”



Fuente: elaboración propia.

7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

El trabajo desarrollado será sobre una línea de investigación aplicada no experimental, conlleva un estudio mixto de variables que, mediante análisis descriptivo de datos no agrupados, permitirá referenciar los puntos de atención y distribuirlos en el mapa de riesgos del proceso de galvanizado.

La recolección de datos se hará de forma manual por observación y entrevista a los responsables operativos y sus mandos. Los datos se anotarán en una hoja o formato elaborado por medio de programa de hojas electrónicas y tendrá la estructura del formato de análisis descrito en párrafo posterior. No tendrán ponderación y evaluación en ese momento y solo registrará los valores observados.

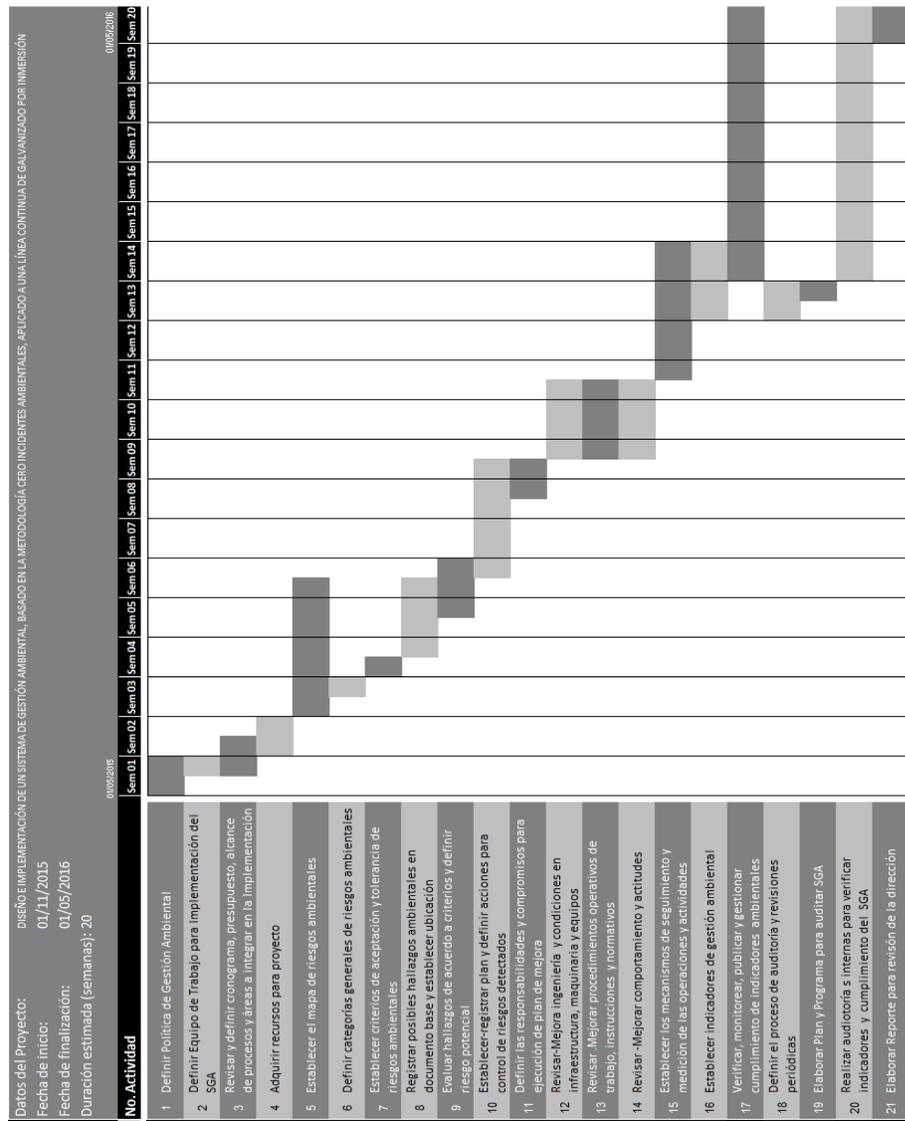
Los datos obtenidos, del proceso de galvanizado y las variables de interés, se analizarán mediante programa de hojas electrónicas. Esto para establecer frecuencias y probabilidades y posterior categorización por puntuación.

La categorización y el registro de los cálculos se llevarán en una hoja electrónica siguiendo el modelo de Análisis de Modo y Efecto de la Falla (AMEF).

La puntuación, de acuerdo a los valores definidos como críticos, permitirá orientar los recursos y la gestión empezando por los de mayor puntuación hacia los menores.

8. CRONOGRAMA

Tabla V. **Cronograma para el SGA “Cero Incidentes Ambientales”**



Fuente: elaboración propia.

9. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

9.1. Recursos humanos

Para la realización del trabajo participan el investigador del estudio, se autorizó la integración de los jefes de sector de las áreas operativas de producción del área de galvanizado, supervisores y personal de planta. También se autorizó la contratación de un asesor en procesos de implementación y gestión ambiental.

9.2. Recursos financieros

Las áreas participantes contarán con el soporte financiero para la adquisición de papelería, impresiones, suministros de oficinas, contratación de asesor e imprevistos. El financiamiento será aportado en su totalidad por la empresa sujeta de estudio en el presente trabajo. Dentro de objetivos corporativos de gestión debe contar con un sistema orientado a la mejora y manejo ambiental sustentable de sus operaciones.

9.3. Recursos tecnológicos

No se prevé una inversión en equipo de cómputo, licencias y programas, ni de equipos audiovisuales y gastos por comunicaciones dado que ya la organización cuenta con todos estos y están asignados a los participantes al proyecto.

9.4. Acceso a la información

Se cuenta con autorización para observación, entrevistas y colecta de la información de campo mencionada para este trabajo. El horario de actividades corresponderá a las jornadas diurnas habituales para el personal con mando y operativo.

No se autorizó uso o publicación de planos específicos de la línea de galvanizado ni de los equipos complementarios. Se podrán utilizar diagramas generales de la infraestructura y del proceso. Tampoco está permitido uso de la información contable asociada al proceso, las materias primas, los precios de venta final de productos y cualquier otra información que pueda ser utilizada en proyección de costos de venta.

Tabla VI. Presupuesto del SGA “Cero Incidentes Ambientales”

Rubro	Descripción	Quetzales (Q)
Recursos Humanos	1 Asesor	Q 13 500.00
	1 Investigador	Q 0.00
	1 Jefe de sector	Q 0.00
	3 Supervisores de sector	Q 0.00
Recursos Tecnológicos	1 Computador Portátil	Q 0.00
	1 Paquete de programas utilitarios	Q 0.00
	1 Equipo de proyección	Q 0.00
	1 Equipo de audio	Q 0.00
Papelería, gastos de impresión y suministros	Actividades documentales.	Q 7500.00
Mobiliario-Equipo de oficina	1 Escritorio	Q 750.00
	1 Teléfono de escritorio	Q 0.00
	1 Fotocopiadora	Q 0.00
	1 Archivo de dos cuerpos	Q 450.00
	1 Mesa redonda para sesiones	Q 0.00
	4 Sillas	Q 0.00
Transporte y Movilización	1 Vehículo de la empresa	Q 0.00
	Gastos de combustible	Q 2 500.00
Imprevistos	Gastos no documentados del 10%	Q 2 470.00
Total de gastos		Q 27,170.00

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La implementación, funcionalidad y el cumplimiento de los objetivos de un SGA dependerán del apego a la metodología sistemática empleada; “Cero Incidentes Ambientales” cumple con esta finalidad y cuenta con elementos de gestión suficientes para ser empleado como un SGA.
2. Para la implementación del SGA deben priorizarse los esfuerzos empezando por los puntos críticos que pueden afectar al medioambiente, estos deben registrarse en un mapa de riesgos para tener la ruta base a fin de hacer una gestión óptima de los recursos necesarios.
3. El equipo de implementación de un SGA debe contar con roles y compromisos claros y concisos; esto para lograr el resultado en deseado por la organización.
4. Cuando se avanza en un SGA este debe ser monitoreado y medido, por ello al iniciar la implementación deberán establecerse los indicadores clave para medir la gestión y como va con respecto a los objetivos.
5. La mecánica de verificación de un SGA debe ser objetiva, para ello deberán aplicarse auditorías periódicas donde se determinará, según criterios establecidos, cómo va el proceso de gestión.

RECOMENDACIONES

1. Al implementar el SGA como primera acción deberá obtenerse la aprobación y participación de la Alta Dirección; esto permitirá contar con los recursos y soporte necesarios dentro de una organización.
2. El equipo que desarrollará la implementación del SGA debe establecer los puntos críticos de riesgo ambiental, iniciando con el marco legal para evitar posibles incumplimientos que deriven en sanciones e incluso el cese de operaciones.
3. Al establecer los roles del equipo de implementación deben considerarse las capacidades, experiencia y conocimientos de sus integrantes sobre los procesos industriales; por lo anterior será preferible que el equipo lo integren los mandos que tiene a su cargo estos procesos.
4. Para contar con indicadores acertados para medir el desempeño del SGA, el equipo de implementación preferiblemente debe considerar las entradas y salidas de los procesos productivos; con esto se garantizará contar con una línea base de medición en función del ritmo de producción.
5. En las auditorías periódicas, antes deben elaborarse los programas y el contenido en función de los indicadores y criterios así como las áreas a evaluar. De preferencia debe ser por medio de un auditor líder y experimentado en la implementación de un SGA.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguayo Ríos, A. (Febrero de 2008). *Evidencias del Cs-137 en el área de canales y chinampas de Xochimilco; implicaciones ambientales*. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. Recuperado el 31 de julio de 2015, de Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería - UNAM: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2181/aguayorios.pdf?sequence=1>.
2. Cabrera Jerez, S. J. (Noviembre de 2005). *Sistema constructivo de techo con losacero para vivienda popular en losa final*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado el 31 de julio de 2015, de Biblioteca USAC: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2532_C.pdf.
3. Centro Especializado de Formación Integrada, S. C. (Noviembre de 2014). *CERO Sistema Integral de Seguridad y Salud Ocupacional*. Recuperado el 23 de julio de 2015, de Autocapacitación Sistemas: <http://www.autocapacitacion.net/>.

4. Coj López, J. (Abril de 2013). *Análisis jurídico en relación a la falta de aplicación de la normativa vigente sobre la contaminación ambiental por parte del Estado de Guatemala*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado el 24 de julio de 2015, de Bliiblioteca USAC: [http:// biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_10501.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_10501.pdf).
5. Diaz Figueroa, L. A. (Marzo de 2010). *El impacto global de la degradación ambiental de Guatemala en su desarrollo económico*. Tesis de Licenciatura en Relaciones Internacionales, Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado el 05 de agosto de 2015, de Biblioteca USAC: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/28/28_437.pdf.
6. García Ramón, P. J., & Vallejo Carrera, J. F. (Junio de 2014). *Cero accidentes es alcanzable*. FUNDACIÓN MAPFRE. Madrid: FUNDACIÓN MAPFRE Instituto de Prevención, Salud y medioambiente. Recuperado el 3 de agosto de 2015, de Revista de FUNDACIÓN MAPFRE: [http:// www.mapfre.com /fundacion/html/ revistas/seguridad/n134/es/articulo3.html](http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n134/es/articulo3.html).
7. González Cardona, H. E. (Noviembre de 2005). *Implementación de un sistema de control de calidad en una planta de lámina galvanizada corrugada de acero*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos , Guatemala. Obtenido de Biblioteca USAC: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1472_IN.pdf.

8. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (Febrero de 2013). El dato del mes. *ERGA FP Formación Profesional*(121), 2. Recuperado el 23 de julio de 2015, de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/PUBLICACIONES%20PERIODICAS/Erga_online/2013/ERG@nline%20n%C2%BA%20121.pdf.
9. Mejía Duarte, I. O. (Abril de 2008). *Propuesta para la implementación de un sistema de gestión ambiental bajo la norma ISO 14,001:2004 para la pequeña y mediana empresa (PyMes) en Guatemala*. Tesis de Maestría en Artes en Gestión Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado el 21 de julio de 2015, de Biblioteca USAC: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0132_MT.pdf.
10. Mendoza Berthet, J. M. (Enero de 2012). *Delito de contaminación industrial en la ciudad de Quetzaltenango*. Tesis de licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad Rafael Landívar, Quetzaltenango. Recuperado el 21 de julio de 2015, de Biblioteca URL: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/07/01/Mendoza-Jose.pdf>.
11. Mutzus Galván, C. V. (Abril de 2007). *Diseño y documentación de un plan para la implementación de un sistema de gestión ambiental conforme a la norma ISO 14000:2004*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado el 25 de julio de 2015, de Biblioteca USAC: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1042_Q.pdf.

12. Obregón Chávez, R. (Junio de 2007). *Implementación de la disciplina operativa en la administración de operaciones en la industria petrolera de Guatemala*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado el 4 de agosto de 2015, de Biblioteca USAC: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1792_IN.pdf.
13. Perry, R. H., & Green, D. (1998). *Manual del Ingeniero Químico* (Sexta Ed., Vol. 2). Distrito Federal, México: McGraw Hill.
14. Tuy, H. (Ed.). (Septiembre de 2005). *Amenazas al ambiente y vulnerabilidad social en Guatemala*. Recuperado el 25 de julio de 2015, de Biblioteca URL: http://biblio3.url.edu.gt/IARNA/serie_amb/3.PDF.
15. USAID. (2010). *Compendio de legislación ambiental de Guatemala*. Compendio de leyes ambientales de la República de Guatemala, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Guatemala. Recuperado el 28 de julio de 2015, de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales: <http://apps.marn.gob.gt/web/documentos/novedades/compendio.pdf>.

