

Criterios de implementación ISO 14000:2015 Caso Estudio Sector Galvánico.

Diplomado en Sistema Integrado de Gestión en Seguridad, Salud, Ambiente y Calidad HSEQ - Daniela Cortes, Stephanie Ruiz y Angelica Real.

DANIELAC 11 DE OCTUBRE DE 2019 14:57

RESUMEN EJECUTIVO

DANIELAC 24 DE NOVIEMBRE DE 2019 15:05

Ilustración 1. Sector galvánico



DANIELAC 24 DE NOVIEMBRE DE 2019 15:31

Fuente: Funde, 2013

STEPHANIE RUIZ 27 DE NOVIEMBRE DE 2019 06:43

El presente estudio se llevó a cabo en el sector metalúrgico, dedicado a la elaboración de los macro procesos de lavado químico pasivado y galvanizado; siendo este último el proceso seleccionado para la aplicabilidad de la norma ISO 14001:2015.

Acorde a lo anterior, el proceso de galvanizado consiste en un recubrimiento electrolítico metálico, en donde se hace inmersión de la pieza metálica en zinc, estañado, cobrizado o

plateado fundido, para generar una capa de protección contra la corrosión y oxidación, siendo estas piezas usadas en la industria eléctrica, automotriz y de construcción.

Frente al recubrimiento electrolítico a las piezas metálicas, existen diferentes problemáticas ambientales internas, tales como emisiones de vapores ácidos que afectan la salud de los empleados y externas como vertimientos de aguas residuales con altas concentraciones de metales pesados, generación de residuos tóxicos y lodos; esto debido a la inadecuada disposición de los residuos sólidos y líquidos con metales pesados (zinc, estañado, cobrizado, plateado) producidos durante el proceso; los cuales impactan negativamente el entorno directo de la empresa, los ecosistemas, el agua, el suelo y la calidad del aire.

Por lo anterior, la empresa ha visto la necesidad de implementar medidas de prevención, control y mejora en el proceso de recubrimiento electrolítico de las piezas metálicas, con el objetivo de cumplir con los lineamientos del sistema integrado de gestión, lo que conlleva a fortalecer las actividades de la organización en el tema ambiental y la seguridad de los trabajadores.

CONTEXTO GENERAL DEL SECTOR PRODUCTIVO

STEPHANIE RUIZ 27 DE NOVIEMBRE DE 2019 09:29

La empresa seleccionada pertenece al sector metalúrgico y está clasificada en la actividad económica con el código CIIU 2592, tratamiento y revestimiento de metales mecanizados, lo que indica que es un procedimiento donde se hace principalmente un recubrimiento electrolítico; mediante la inmersión de las piezas en un baño de zinc fundido, adicional se aplica una corriente eléctrica, permitiendo generar un

proceso electroquímico, en el que los metales se unen y crean una capa de protección contra la corrosión y la oxidación, siendo resistentes a la humedad y a la contaminación ambiental que se puedan presentar sobre el hierro o el acero.

Para el proceso de galvanizado, se debe realizar los siguientes pasos:

- Desengrasado: el cual consiste en sumergir el metal en una solución desengrasante ácida, con el fin de remover de la superficie del acero, residuos de aceites y grasas.
- Enjuague 1: Se sumerge el material en agua limpia para evitar el arrastre de ácido a las siguientes etapas del proceso.
- Decapado: Consiste en eliminar el óxido y la calamina, para obtener así una superficie del material químicamente pura una vez terminado.
- Fluxado: Es donde se prepara la superficie para el galvanizado, con una solución salina de cloruro de amonio y zinc; eliminando cualquier óxido restante y a su vez creando una capa protectora al acero, para que no se formen otros óxidos en la superficie antes de la inmersión en zinc fundido.
- Galvanizado: Es un proceso anticorrosivo, mediante la inmersión de los metales en el zinc fundido, se produce la difusión del zinc en la superficie y creación de una capa exterior de zinc puro de gran resistencia a los distintos agentes de corrosión de la atmósfera, el agua o el suelo (Eurotega).
- Enjuague 2. se sumerge el material en agua corriente, con el propósito de retirar las impurezas presentes debido al contacto con el baño electrolítico.
- Baño de cromatizado homogeneizado: se hace un lavado con agua para aumentar la resistencia a la corrosión del material y nuevamente se realiza el proceso de primer enjuague, para garantizar su total limpieza.
- Secado: se hace uso de una secadora centrifugadora para las piezas pequeñas y para las piezas grandes el secado es a temperatura ambiente.

Con los pasos enunciados anteriormente, se efectúa diferentes recubrimientos, como los son: estañado, cobrizado, plateado, zincado, fosfatos de zinc, aleaciones metálicas (zinc-níquel), los cuales se ejecutan bajo las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) y la aplicabilidad de las normas ISO 1461:2010 y la NCH(Normas Chilenas Vigentes) 3346:2013 "Recubrimiento de Galvanización en Caliente sobre Piezas de Hierro". determinado el espesor mínimo de Zinc en distintas categorías de material y el espesor del acero. (ASTM A 123) y con altos estándares de calidad con la (ISO 9001:2015).

INSUMOS

Para el recubrimiento de las piezas en el proceso de galvanizado, los principales insumos son: zinc, níquel, estaño, cromo, fosfato de zinc, aluminio, plomo, hierro, magnesio, ácido

clorhídrico para reponer baños agotados, sales de flux y aditivos químicos como Amoniaco y Soda caustica.

Cada insumo que ingresa a la planta, cuenta con un certificado de calidad, exigido a todos los proveedores para asegurar su pureza, los cuales son verificados en los laboratorios dentro de la empresa metalúrgica.

EQUIPOS E INSTALACIONES

Actualmente la empresa cuenta con un tambor, nueve líneas de zinc alcalino y un tanque para zincado estático como recubrimiento de piezas de 5 metros, sumando un total de 17,000 litros de baño que garantiza una capacidad productiva de 100 Ton/mes de todo tipo de piezas.

También hay instalaciones para el baño de cobre alcalino dispuestas en dos líneas de cobrizado sumando un total de 1,200 litros de baño, lo que garantiza una capacidad productiva de 15 Ton/mes de todo tipo de piezas.

Igualmente, dos líneas de estañado, que suman un total de 1,800 litros de baño, que garantiza una capacidad productiva de 25 Ton/mes de todo tipo de piezas.

Además, cuenta con un baño de Plata de 400 litros, que garantiza una capacidad productiva de 1 Ton/mes de todo tipo de piezas pequeñas.(Ingezinc, 2018,).

Finalmente se realiza control de Calidad, a través de la inspección visual y ensayo de los materiales galvanizados.

DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

STEPHANIE RUIZ 27 DE NOVIEMBRE DE 2019 09:44

La empresa metalúrgica, dedicada al proceso del galvanizado por electrólisis, tiene como finalidad proteger piezas metálicas de la corrosión, oxidación y deterioro. Pero el galvanizado es un proceso que utiliza en su mayoría metales pesados, los cuales son elementos contaminantes en el ambiente y altamente tóxicos en concentraciones elevadas, los cuales son usados en el desarrollo de las actividades de limpieza, preparación y acabado de las piezas metálicas; generando así una afectación sobre los recursos naturales.

La contaminación e impactos ambientales que afectan el agua, el suelo y el aire son:

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

En el galvanizado, se emplea abundante volumen de agua en las etapas de desengrase, decapado, enjuague y recubrimiento metálico, por lo que el nivel de aguas residuales vertidas, son complejas para el tratamiento y disposición; debido a que no todos los elementos presentes en

la solución electrolítica se unen durante el proceso de galvanización, quedando así un gran porcentaje de elementos disueltos en las aguas residuales, conteniendo sustancias químicas, sustancias ácidas, sólidos en suspensión y elementos tóxicos como níquel, cadmio, plomo, estaño, cromo, etc.

En el tratamiento de los desechos líquidos, se producen lodos de desechos, los cuales presentan sustancias altamente tóxicas y contaminantes; las cuales al no ser dispuestos adecuadamente llegan fácilmente al suelo, provocando así la contaminación del mismo, además de que por infiltración, puede llegar a las napas de agua subterránea y contaminarlas. Por consiguiente, es necesario el tratamiento y disposición adecuada de los lodos residuales, en un terreno idóneo, el cual tenga una capacidad de aceptación y supresión suficientemente grande, para consecutivamente disponer en una celda en un relleno sanitario, y evitar el contacto y/o escape en el suelo y agua subterránea.

CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La contaminación de los suelos se da por la disposición inadecuada de los lodos residuales, producto de la decantación de las partículas pesadas de aguas residuales derivadas del desengrasado y el decapado, ya que estos contienen óxidos resultantes del proceso de limpieza, sales de hierro, aluminato férrico y cianuro.

Por lo tanto, la contaminación del suelo por galvanización es muy grave, debido a genera un cambio en la alcalinidad y dependiendo de la concentración de los metales pesados, se puede degradar, disminuir la fertilidad, e incluso si la concentración es superior a los límites, se puede generar desertificación, afectando la capacidad de intercambio catiónico e incluso la manera como se desarrolla la infiltración en el suelo, ocasionando así una alteración en los procesos biológicos que allí se efectúan entre los microorganismos y las plantas, impactando de este modo la micro-fauna y la composición de la estructura del suelo.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La problemática de contaminación del aire se da por emisión de gases contaminantes, producto del desarrollo de las etapas del proceso de galvanización, iniciado desde el decapado hasta el secado de las piezas, debido a que en el proceso de decapado, se emplean ácidos como el ácido nítrico y ácido clorhídrico; los cuales producen gases por las diversas reacciones electrolíticas, generando que se produzca una neblina tóxica que se esparce, aunque los vapores no son significativos como contaminantes del medio ambiente, si generan un riesgo para los trabajadores de la empresa; debido a los diferentes procesos de combustión de las calderas y en

caso de fallas de los ductos de ventilación, puede ser un riesgo mortal para los trabajadores y personal presente.

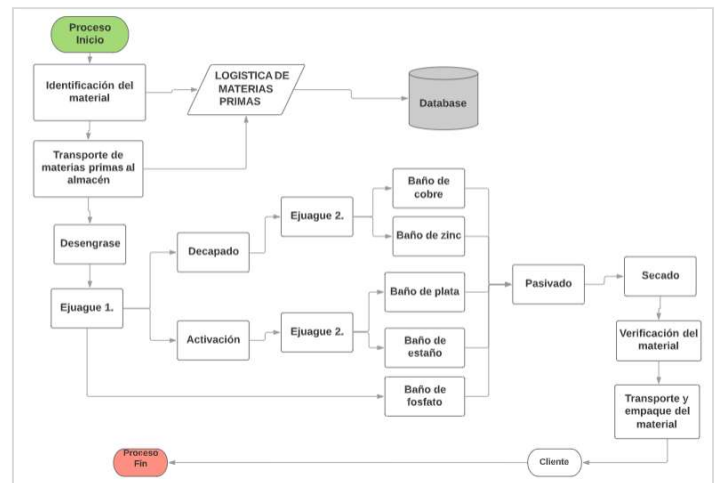
DIAGRAMA DE FLUJO

DANIELAC 24 DE NOVIEMBRE DE 2019 15:19

A continuación el proceso del sector productivo de la empresa metalúrgica.

DANIELAC 21 DE NOVIEMBRE DE 2019 10:22

Imagen 1. Diagrama de flujo de los procesos del sector galvánico.



DANIELAC 24 DE NOVIEMBRE DE 2019 15:07

Fuente: Autores

MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

DANIELAC 24 DE NOVIEMBRE DE 2019 15:19

El documento reúne los principales impactos y aspectos ambientales, como resultado de las actividades a ejecutar en el sector galvanico.

DANIELAC 23 DE NOVIEMBRE DE 2019 17:19

Tabla 1. Matriz de Aspectos e Impacto Ambientales Proceso Galvanizado.

Proceso	Aspecto	Impacto
Logística de materiales y materias primas	<ul style="list-style-type: none"> - Generación de residuos ordinarios y peligrosos. - Generación de envases de productos químicos. - Derrame de sustancias peligrosas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación del suelo - Contaminación de agua - Riesgo a la salud humana.
Zincado	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de agua. - Consumo de energía - Consumo de productos químicos. - Generación de aguas aceitosas - Generación de envases de productos químicos. - Generación de lodos. - Generación de aguas aceitosas. - Generación de aguas ácidas con presencia de metales y otras impurezas arrastradas del baño anterior. - Generación de aguas residuales con presencia de ácidos, bases y metales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución del recurso - Contaminación del agua - Contaminación del suelo - Riesgo a la salud humana. - Contaminación atmosférica.

ALCANCE

DANIELAC 27 DE NOVIEMBRE DE 2019 09:15

El Sistema de Gestión Ambiental del proceso galvanizado es conforme a los requisitos de la norma ISO 14001:2015 para las actividades de recubrimientos electrolíticos metálicos, usado en la industria eléctrica, automotriz y de construcción. Entre las principales actividades de recubrimiento, se emplea el estañado, cobrizado, plateado, zincado aleaciones y acabados superficiales de fosfatado lavado químico y pasivados. La gestión ambiental, sera aplicada a la planta y la zona de influencia que puede verse afectada por los procesos. Por lo tanto la compañía define:

- El contexto de la organización, y los interesados externas como internas.
- Cumplir a cabalidad la normatividad ambiental legal vigente que aplique a los procesos.
- Implementa herramientas como el ciclo PHVA, para la mejora continua en sus procesos, y reducción de riesgos.
- La organización debe planificar y preparar los procesos para los cambios y la mejora continua de los mismos.

El sistema de gestión ambiental, planteado en el sector, tiene como principal objetivo, promover en todos sus procesos la protección y conservación del medio ambiente, por lo tanto para su cumplimiento, se cuenta con una política integral, en que abarca los temas ambientales, calidad y SST. Además en el área ambiental, la empresa cuenta con programas como son:

- PUEAA: programa de ahorro y uso eficiente del agua.
- PROURE: Programa de Uso Racional y Eficiente de la energía.

LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE Y ACTUAL

ANÓNIMO 24 DE NOVIEMBRE DE 2019 15:20

Legislación Ambiental aplicable y actual para el sector metalúrgico, enfocado en la actividad de Galvanizado.

ANÓNIMO 26 DE NOVIEMBRE DE 2019 20:02

Tabla 2. Legislación Ambiental Proceso de Galvanizado.

DANIELAC 21 DE NOVIEMBRE DE 2019 08:22

Plateado electrolito	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de agua. - Consumo de energía - Consumo de productos químicos. - Generación de aguas aceitosos - Generación de envases de productos químicos. - Generación de lodos. - Generación de aguas aceitosas. - Generación de aguas ácidas con presencia de metales y otras impurezas arrastradas del baño anterior. - Generación de aguas residuales con presencia de ácidos, bases y metales. - Generación de aguas ácidas con presencia de metales y otras impurezas arrastradas del baño anterior. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución del recurso - Contaminación del agua - Contaminación del suelo - Riesgo a la salud humana. - Contaminación atmosférica.
----------------------	---	---

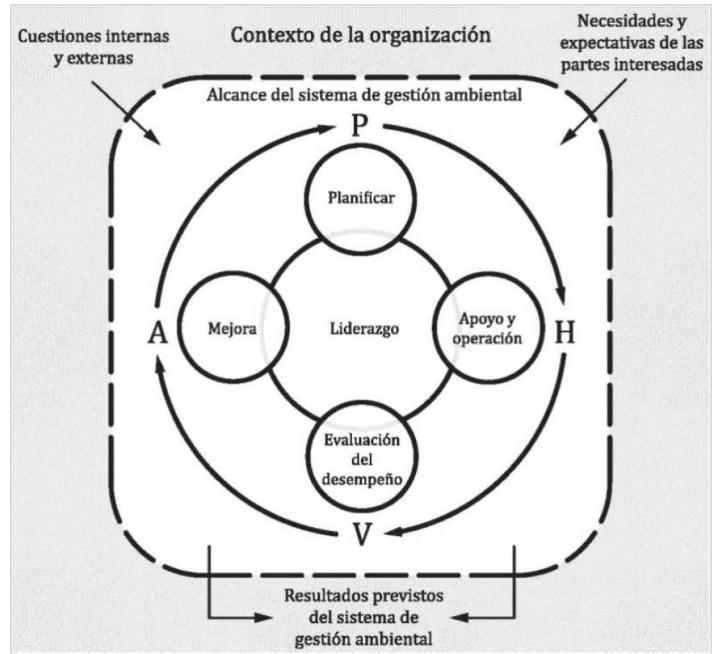
DANIELAC 21 DE NOVIEMBRE DE 2019 08:23

Estaño electrolito	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de agua - Consumo de productos químicos - Generación de aguas aceitosas - Generación de envases de productos químicos - Derrame de solución - Generación de lodos con metales pesados. - Generación de vapores (emisiones de partículas metálicas y otras sustancias del baño) - Consumo de energía 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación de aguas - Contaminación de suelo - Riesgos a la salud humana - Contaminación atmosférica.
Cobrizado y fosfatado	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de agua. - Consumo de productos químicos. - Generación de aguas aceitosos - Generación de envases de productos químicos. - Generación de lodos. - Generación de aguas acidas. - Generación de aguas ácidas con presencia de metales y otras impurezas arrastradas del baño anterior. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución del recurso - Contaminación del agua - Contaminación del suelo - Riesgo a la salud humana. - Contaminación atmosférica.

ANGELICAYIREAL 23 DE NOVIEMBRE DE 2019 17:30

Fuente. Autores

Actividad/etapa	Normatividad	Aspectos técnicos y administrativos que debe realizar la empresa para cumplir
Proceso de Galvanizado (Recepción de materiales, almacenamiento de materias primas, entrega de materias primas, desengrase, enjuague, decapado, baño de zinc, plata y estaño, pasivado, secado, activación).	Decreto ley 2811 de 1974	La preservación y manejo de los RNR.
	Ley 9 de 1979	Almacenamiento, clasificación y reciclaje Rs.
	Resolución 2309 de 1986	Verificación al tercerizado de los residuos peligrosos.
	Ley 055 de 1993	Minimizar la generación de residuos peligrosos, y/o sus características.
	Decreto 948 de 1995	Prevenir la contaminación del aire.
	Decreto 1545 de 1998	Plan de saneamiento básico industrial
	Decreto 93 de 1998	Verificar el plan de prevención y respuesta ante emergencias.
	Decreto 321 de 1999	
	Ley 697 de 2001	Propender la racionalización de la energía eléctrica.



DANIELAC 26 DE NOVIEMBRE DE 2019 20:03

Decreto 4742 de 2005	Programas de uso eficiente del agua.
Decreto 4741 de 2005	Acciones de clasificación
Resolución 1402 de 2006	Adecuar el PGIR- <i>Respel</i> .
Resolución 43 de 2007	Seguimiento a SICOQ
Decreto 1299 de 2008	Fortalecer actividades del SGA.
Decreto 3930 de 2010	Verificar los vertimientos y proveedores.

DANIELAC 24 DE NOVIEMBRE DE 2019 15:31

Fuente: ISO 14001, 20125

ANGELICAYIREAL 26 DE NOVIEMBRE DE 2019 11:10

La mejora continua del proceso de galvanizado, pueden lograrse aplicando el ciclo de PHVA, en las actividades de mayor impacto ambiental. Por lo tanto, es necesario implementar las cuatro etapas de esta metodología.

DANIELAC 26 DE NOVIEMBRE DE 2019 20:03

Decreto 4728 de 2010	
ISO 1461:2010	
Resolución 1514 de 2012	Culminar el trámite para la obtención del permiso de vertimientos.
NCH 3346:2013	
Decreto 1076 de 2015	Actualización del plan de acción en caso de contingencias Ambiental.
Decreto 1480 de 2007	Realizar aprovechamiento, ahorro y uso eficiente del agua.
Decreto 1090 de 2018	
ISO 9001:2015	Hacer seguimiento al (SGC)
ISO 14001:2015	Fortalecer el (SGA)
ASTM-A 123	Buenas practicas del galvanizado

DANIELAC 26 DE NOVIEMBRE DE 2019 20:03

Fuente: Autores

CICLO PHVA

DANIELAC 21 DE NOVIEMBRE DE 2019 10:22

Imagen 2. Ciclo PHVA. ISO 14001:2015.

1. PLANEAR

Se plantea lograr un compromiso y liderazgo por parte de la alta gerencia, con la gestión de los recursos e implementación de una planta de tratamiento de ósmosis inversa, que integre procesos físicos y químicos. En el proceso físico, tendrá como fin remover los sólidos gruesos, sedimentos y material flotantes de las aguas residuales, para posteriormente aplicar un proceso químico, donde se da por medio de un proceso de precipitación cónica. Para el caso de los efluentes con contenidos en Cr(VI), obliga aplicar un tratamiento específico; en primer lugar reducir a Cr(III) mediante un reductor como el sulfito de sodio. Posteriormente, el cromo (III), se precipita por neutralización del efluente en forma de hidróxido de cromo (III) que evoluciona a óxido de cromo (III). (Tuset)

De acuerdo a lo anterior, el tratamiento en la planta de ósmosis inversa, inicia pasando el agua por una batería de filtros y una membrana semipermeable, filtrando contaminantes como: metales pesados, sales, sustancias tóxicas, etc. (Tuset) Con el objetivo de lograr mejorar la calidad del agua y reducir la carga contaminante de los vertimientos. Simultáneamente, permite reutilizar la mayor parte de agua tratada en las etapa del proceso de galvanizado; a través de

un proceso de recirculación.

También, se propone implementar el ahorro energético de bajo costo, mediante la mejora en las actividades de operación diaria e instalar paneles traslucidos en la cubierta de la planta, aprovechando de este modo la iluminación natural. Adicional, complementar con el uso de un sistema solar fotovoltaico, para el abastecimiento eléctrico de las unidades y equipos ofimáticos (Torres, 2015).

Por último, se tiene como meta comunicar, capacitar y sensibilizar a los trabajadores, para que sean partícipes del sistema de gestión ambiental, bajo la norma ISO 14001:2015.

2. HACER

La empresa debe considerar implementar las siguientes alternativas de producción más limpia, en el desarrollo del proceso de galvanizado.

- Primero se requiere hacer un tratamiento a las aguas residuales, a través de la planta de tratamiento de osmosis inversa, determinando los caudales entrada y salida, así mismo tomar muestras para establecer los parámetros físico-químicos y la presencia de metales pesados en los vertimientos. Luego, caracterizar los vertimientos y disponer adecuadamente los lodos precipitados.
- Otra alternativa a efectuar es sustituir las lámparas incandescentes por fluorescentes, instalar paneles traslucidos en la cubierta de la planta e implementar un sistema solar fotovoltaico, contabilizando los ahorros de energía.
- Capacitar al personal de la organización en cuanto a temas de producción más limpia, ahorro y uso eficiente del agua y la energía.

3. VERIFICAR

Para el proceso de verificación, se debe llevar registros, actas y minutas, donde se evalué la eficiencia y efectividad de las alternativas implementadas, para lo cual es necesario:

- Registrar la cantidad de lodos dispuestos y la cantidad de recurso hídrico aprovechado y/o vertido en el sistema de alcantarillado.
- Hacer seguimiento a los parámetros de la caracterización de vertimientos.
- Llevar actas de control y revisión permanente del sistema de tratamiento de aguas residuales; evitando que superen los límites permisibles.

-Verificar los niveles de iluminación y el uso del sistema solar fotovoltaico.

4. ACTUAR

Dando cumplimiento al Ciclo PHVA, culminamos con acciones constantes de mejora, a través de la ejecución de acciones correctivas en caso de no obtener los resultados esperados, diagnosticando las causas de las no conformidades. así mismo aplicar un seguimiento y evaluación para alcanzar de este modo la mejora continua.

CONCLUSIONES

DANIELAC 24 DE NOVIEMBRE DE 2019 15:28

El crecimiento industrial en el país es evidente, ya que con lleva a un crecimiento económico trayendo consigo mejoras en la calidad de vida de la población, pero de igual manera es evidente la contaminación del medio ambiente y deterioro del mismo a causa de las industrias y la falta concientización ambiental. Por lo tanto como se evidencio en el caso de estudio, el sector galvánico genera una gran presión en el ambiente, esto hace que la alta dirección piense en implementar mejoras en el proceso, ya que es más económico pagar por prevenir que pagar por el daño causado, por lo tanto la implementación de la ISO 14001:2015 en la industrias del sector galvánico, es la mejor alternativa para ser una organización más competitiva, más rentable, eficiente en sus proceso y producir más limpio, finalmente se concluye que las auditorías ambientales son una herramienta sencilla que ayuda a las industrias de cualquier sector económico a determinar las fallas en sus procesos, y busca así implementar soluciones efectivas para la mejora continua de las organizaciones.

ANGELICAYIREAL 27 DE NOVIEMBRE DE 2019 09:31

Por lo tanto, es necesario implementar alternativas de producción más limpia, en las diferentes etapas del proceso de galvanizado, con estas acciones de mejora, se lograra reducir las carga contaminante en los vertimientos y recircular e incorporando el agua en los procesos, asimismo el ahorro de energía y lograr la satisfacción de los clientes mejorando su imagen y su capacidad competitiva.

RECOMENDACIONES

DANIELAC 21 DE NOVIEMBRE DE 2019 10:29

1. En el presente estudio se identificaron los siguientes impactos ambientales: contaminación del agua, contaminación del suelo, contaminación del aire y riesgos a la salud humana, por lo tanto se recomienda que es donde la industria debe atacar, implementando planes de gestión ambiental para la mejora de sus procesos y de esta manera disminuir la contaminación generada.

ANGELICAYIREAL 27 DE NOVIEMBRE DE 2019 09:31

Por último, es recomendable ir aprovisionando recursos económicos, para que posteriormente se implemente nuevas oportunidades de mejora, como por ejemplo instalar nuevas tecnologías, entre ellas una campana de extracción de gases, un sistema de regeneración interna de flux y una mampara con filtros de manga; asegurando de esta manera la reducción de los residuos peligrosos generados en el proceso. Con el fin de lograr beneficios ambientales y en especial en la salud y seguridad de los trabajadores al reducir los impactos.

PREGUNTAS

STEPHANIE RUIZ 25 DE NOVIEMBRE DE 2019 22:19

¿Que controles ambientales, tiene la empresa metalúrgica para minimizar los impactos ocasionados por la disposición de los lodos?

ANGELICAYIREAL 25 DE NOVIEMBRE DE 2019 22:20

¿Qué tipo de tratamiento emplea la empresa metalúrgica, a los vertimiento y/o residuos líquidos generados en el desarrollo del proceso de galvanizado?

REFERENCIAS

ANGELICAYIREAL 27 DE NOVIEMBRE DE 2019 09:31

- Eurotega (s.f). Proceso de Galvanizado. Recuperado de: http://www.eurotega.com/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=53
- Fundes. (2013). Guía de Buenas Prácticas para el Sector Galvanotécnica. Disponible en: file:///C:/Users/samsung/Downloads/AdjuntoIZ-copiaZ3.pdf
- García, R. (2014) Caracterización y propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la industria de galvanizado de lámina por inmersión en caliente. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0375_MT.pdf
- Ingezinc. (2018). Recubrimientos de Estaño, Cobre, Plata, fosfato y Zinc | Recuperado 21 noviembre, 2019, de <http://www.ingezinc.com/>
- Norma internacional ISO 14001 (2015). Sistema de gestión ambiental.
- S. Tamayo & E. Molina. (2014). Industrial development and its impact on the environment. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). La Habana, Cuba.. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300008
- Torres A. (2015) Evaluación y acciones de producción más limpia en taller galvánico de la provincia de Villa Clara. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612015000400001
- Tuset. S (S.F) Tratamiento de residuos líquidos en la industria de la galvanizadora. Recuperado de: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-residuos-industria-galvanizado/>

※※※※※