

**ELABORACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA EN UNA EMPRESA DE  
RECUBRIMIENTOS ELECTROQUÍMICOS – “CROMADOS TÉCNICOS S.A.”**

**ING. SANDRA DILIA MAHECHA TAFUR  
ING. ANDREA DEL PILAR GÓMEZ HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTA, DC.  
2.007**

**ELABORACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA EN UNA EMPRESA DE  
RECUBRIMIENTOS ELECTROQUÍMICOS – “CROMADOS TÉCNICOS S.A.”**

**ING. SANDRA DILIA MAHECHA TAFUR  
ING. ANDREA DEL PILAR GÓMEZ HERNÁNDEZ**

**Monografía para optar al título de  
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director  
ING. RICHARD DÍAZ GUERRERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTA, DC.  
2.007**

Ni la Universidad Industrial de Santander, ni los jurados se hacen responsables de los conceptos expuestos en el presente documento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

Al Ing. Richard Díaz Guerrero por su colaboración desinteresada, constante apoyo y disposición para realizar la dirección de este trabajo.

Al Señor Agustín Alvarado por su confianza y colaboración al prestarnos las instalaciones e información de su empresa y hacer parte del equipo.

A nuestra familia especialmente a Joaquito y a Luchis por su comprensión y compañía para cada una de nosotras.

Al señor Gerardo Alape por asesorarnos en el diseño del sistema de ventilación y extracción sugerido para la planta de Cromados Técnicos en este trabajo.

# CONTENIDO

	Pág.
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>1. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>12</b>
1.1. Generalidades .....	12
1.2. Panorama del sector.....	12
1.3. Antecedentes.....	13
<b>2. NORMATIVIDAD AMBIENTAL APLICABLE AL SECTOR DE LA GALVANOTECNIA .....</b>	<b>16</b>
2.1. Aspectos Ambientales que debe tener en cuenta el Sub-sector de Galvanotecnia16	
2.1.1. Vertimientos .....	16
2.1.2. Contaminación Atmosférica.....	18
2.1.2.1. Emisiones Atmosféricas .....	18
2.1.3. Contaminación por Ruido.....	19
2.1.4. Residuos Sólidos .....	20
<b>3. ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA PLANTA CROMADOS TÉCNICOS S.A. ....</b>	<b>22</b>
3.1. Estudio de caso .....	22
3.2. Plan de Contingencia.....	24
3.2.1. Preparación del plan de contingencia.....	24
3.2.1.1. Identificación de los riesgos .....	24
3.2.1.2. Generación del plan .....	25
3.3. Análisis de Riesgos.....	25
3.3.1. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos.....	26
3.3.2. Análisis del Modo, Efecto y Criticidad Del Fallo .....	30
3.3.2.1. Definición .....	30
3.3.2.2. Nivel de detalle.....	30
3.3.2.3. Formato de trabajo.....	30
3.3.2.4. Definición del problema y condiciones de contorno .....	31
3.3.2.5. Diligenciar la tabla FMEA .....	31
3.3.2.6. Resultados.....	32
3.4. Nivel de detalle.....	32
3.5. Formato de trabajo.....	34
3.6. Definición del problema y condiciones de contorno .....	35
3.7. Resultados Tabulados.....	37
<b>4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN/CORRECCIÓN PARA LOS FALLOS SIGNIFICATIVOS.....</b>	<b>40</b>
4.1. Adecuación de la zona de pulimento con iluminación adecuada .....	40

4.2.	Eliminación de aceites y grasas superficiales de las soluciones de desengrase ...	42
4.2.1.	Consideraciones técnicas .....	42
4.2.2.	Sistema Manual .....	42
4.2.3.	Sistema Automático.....	42
4.2.4.	Beneficios económicos .....	43
4.3.	Agitación de Enjuagues .....	43
4.3.1.	Consideraciones técnicas.....	43
4.3.2.	Beneficios económicos .....	44
4.4.	Adecuación/mejoramiento de la superficie del suelo .....	44
4.5.	Sistema de Extracción/Ventilación en el Área de Producción .....	46
4.5.1.	Ventilación de extracción .....	47
4.6.	Almacenamiento de Materia Prima .....	48
4.6.1.	Estado actual.....	48
4.6.2.	Ubicación estratégica dentro de las Instalaciones .....	49
4.6.2.1.	Distribución y organización del material teniendo en cuenta las compatibilidades químicas .....	50
4.7.	Evaluación y Diagnóstico de las competencias y conocimiento del personal de la empresa sobre el procedimiento y manejo en caso de accidentes .....	53
4.7.1.	Resumen de Respuestas y diagnóstico del estado de conocimiento.....	55
4.8.	Plan de contingencia y su Puesta en práctica .....	56
4.8.1.	Coordinador de emergencias .....	57
4.8.2.	Procedimientos de respuesta ante derrames .....	57
4.8.2.1.	Inmediatamente después del descubrimiento de una emergencia inminente	58
4.8.2.2.	Durante la fase de control de la emergencia.....	58
4.8.2.3.	Inmediatamente después de la emergencia.....	58
4.8.2.4.	Equipo de emergencia .....	59
4.8.2.5.	Plan de evacuación .....	59
4.8.2.6.	Informes requeridos.....	59
4.8.2.7.	Enmienda del plan de contingencia.....	60
4.8.3.	Implementación del Plan de Contingencia .....	60
4.8.4.	Procedimiento de Respuesta para Derrames, Incendios y Explosiones .....	61
4.8.4.1.	Inmediato a la emergencia.....	61
4.8.4.2.	Durante la fase de control de la emergencia.....	62
4.8.4.3.	Seguimiento de la Etapa de control .....	64
4.8.5.	Equipo de emergencia .....	64
4.8.5.1.	Sistema interno de comunicación/alarma .....	64
4.8.5.2.	Sistema Externo de Comunicación.....	65
4.8.5.3.	Equipo de extinción de incendios.....	65
4.8.5.4.	Equipo de control de derrames .....	66
4.8.5.5.	Equipo de protección personal .....	66
4.8.5.6.	Primeros auxilios .....	66
4.8.5.7.	Paquetes de aire Scout .....	66
4.8.6.	Plan de evacuación .....	66
4.8.7.	Investigación de accidentes .....	67

4.8.7.1.	Tiempos .....	67
4.8.7.2.	Evidencias.....	68
4.8.7.3.	Identificación de las causas .....	68
4.8.7.4.	Testigos.....	68
4.8.8.	Informes requeridos.....	69
4.8.9.	Enmienda del plan de contingencia.....	69
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>72</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>
7.1.	ANEXO I – PRESENTACIÓN DICÁCTICA PARA LOS OPERARIOS.....	75
7.2.	ANEXO II – RESUMEN ENTREGADO AL PERSONAL OPERATIVO DE LA PLANTA DE CROMADOS TÉCNICOS.....	82
7.3.	ANEXO III - INFORMACIÓN UTIL SOBRE EL ÁCIDO SULFÚRICO: MANIPULACIÓN Y CUIDADOS EN EL SITIO DE TRABAJO.....	84
7.3.1.	Identidad del ácido sulfúrico .....	84
7.3.1.1.	Sinónimos.....	84
7.3.1.2.	Descripción.....	84
7.3.1.3.	Composición / información de los ingredientes .....	84
7.3.1.4.	Propiedades físicas del Ácido Sulfúrico.....	85
7.3.1.5.	Incompatibilidades .....	85
7.3.1.6.	Aplicaciones y usos .....	85
7.3.1.7.	Efectos sobre la salud .....	86
7.3.1.8.	Exposición por inhalación .....	87
7.3.1.9.	Contacto piel / ojos.....	89
7.3.1.10.	Condiciones para el manejo y almacenamiento seguro orientadas a disminuir el riesgo a la salud humana .....	89
7.3.1.11.	Almacenamiento.....	90
7.3.1.12.	Propuesta de un soporte para el envase de Ácido Sulfúrico con miras a una operación de trasvase seguro .....	90
7.4.	ANEXO IV - DISEÑO EQUIPO DE VENTILACIÓN DEL ÁREA DE ALMACENAMIENTO.....	92
7.4.1.	Descripción y especificaciones técnicas.....	92
7.4.1.1.	Ventiladores.....	94
7.4.1.2.	Ductos en lámina galvanizada.....	94
7.4.1.3.	Difusores, rejillas y persianas.....	95
7.5.	ANEXO V - PREPARACIÓN SUPERFICIE DE PISOS, MARCAS RECONOCIDAS.....	97

## INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Composición típica de aguas de lavado de plantas de Recubrimiento de Metales .....	17
Tabla No. 2 Algunas concentraciones máximas para descargas industriales a Sistemas de Alcantarillado .....	17
Tabla No. 3 Límites de Descarga por Grupo Industrial de interés .....	18
Tabla No. 4 Métodos cualitativos para el análisis de riesgos .....	27
Tabla No. 5 Tabla-formato soporte de la identificación y análisis de fallos .....	30
Tabla No. 6 Requerimientos de Materia Prima e Insumos para la preparación de la solución del Baño de Níquel Convencional .....	33
Tabla No. 7 Formato utilizado en la identificación y análisis de riesgos .....	34
Tabla No. 8 Definición de Términos .....	34
Tabla No. 9 Calificación de fallos mediante su índice de probabilidad .....	34
Tabla No. 10 Calificación de fallos según su índice de severidad y asignación del mismo .....	35
Tabla No. 11 “Resultados del diagnóstico de fallos presentados en la Planta Cromados Técnicos S.A.” .....	37
Tabla No. 12 Dimensiones del Espacio de la zona de Pulimento .....	40
Tabla No. 13 Información General del Recinto de Trabajo .....	40
Tabla No. 14 Factores de mantenimiento de acuerdo a las condiciones actuales de las luminarias .....	41
Tabla No. 15 Clasificación según el Protocolo de Kyoto de las materias Primas utilizadas en Cromados Técnicos y detalle del embalaje .....	50
Tabla No. 16 Reacciones más probables en caso de contacto de sustancias no afines químicamente .....	51
Tabla No. 17 Almacenamiento correcto de Materias Primas .....	51
Tabla No. 18 Formato Empleado para realizar la evaluación de conocimientos .....	54
Tabla No. 19 Respuestas registradas por el personal operario en la jornada de capacitación .....	55
Tabla No. 20 Procedimiento en caso de derrame de las materias primas según naturaleza .....	63
Tabla No. 21 Procedimiento básico en caso de derrames .....	83
Tabla No. 22 “Parámetros de Diseño del Sistema de Extracción para la zona de almacenamiento de Materia Prima en la Planta de Cromados Técnicos” .....	93
Tabla No. 23 “Características Técnicas de los filtros de Aire” .....	95

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1 Esquema simplificado de un Sistema Automático de para la eliminación de aceites y grasas en los baños de desengrase” .....	43
Ilustración No. 2 Diagrama general de la Planta de Cromados Técnicos y ubicación sugerida de almacenamiento de materia prima.....	49
Ilustración No. 3 Vista superior de la Disposición y ubicación del área de almacenamiento propuesta.....	52
Ilustración No. 4 Detalle del área de almacenamiento y disposición de cada una de las materias primas.....	52
Ilustración No. 5 Clasificación de los incendios según su fuente de combustión y de los extintores indicados .....	61
Ilustración No. 6 Soporte para el Acido Sulfúrico. ....	92
Ilustración No. 7 “Diseño Final y Estructura del Sistema de Extracción Propuesto” .....	96
Ilustración No. 8 “Ficha Técnica Sikafloor 381” .....	97
Ilustración No. 9 “Ficha Técnica KELCOT E-507” .....	98
Ilustración No. 10 “Ficha Técnica BASF, The Chemical Company” .....	99

## GLOSARIO<sup>1</sup>

**ACCIDENTE:** se engloban bajo esta denominación aquellos sucesos incontrolados en una actividad industrial capaces de producir daño.

**ACCIDENTE MAYOR:** Cualquier suceso, tal como una emisión, fuga, incendio o explosión, que sea consecuencia de un desarrollo incontrolado de una actividad industrial, que suponga una situación de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, inmediata o diferida, para las personas, el medio ambiente y los bienes, bien sea en el interior o en el exterior de las instalaciones, y en el que estén implicadas una o varias sustancias peligrosas de las contempladas en los RRDD 886/88 y 952/90.

**ACR:** Análisis cuantitativo de riesgos. En inglés: HAZAN.

**AFO:** Análisis de Fallos operativos. En inglés: HAZOP.

**APELL:** Programa de Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local.

**AUTOPROTECCIÓN PERSONAL:** actitudes y actuaciones, espontáneas o aprendidas, con que la población de las zonas objeto de planificación complementa o mejora la eficacia de las medidas de protección previstas en el plan.

**CENTRO DE COORDINACION REGIONAL:** Es el lugar en el cual se concentran recursos informáticos y de comunicaciones para el suministro de apoyo, coordinación y sectorización de los procedimientos de ayuda para el control de derrames en una región definida. Se constituyen de acuerdo a la zonificación geográfica establecida dentro del Plan Nacional de Contingencia. Los centros de coordinación tendrán la función de integrar los recursos de los Comités Regionales para la Prevención y Atención de Desastres que conforman cada una de las zonas determinadas en el Plan Nacional de Contingencia.

**CLOPAD:** Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres.

**COMBUSTIBLE:** Cualquier sólido, líquido o gas que puede sufrir oxidación durante un incendio.

---

<sup>1</sup> Adaptado de 17. Occupational Safety & Health Administration 29 CFR 1910.120

**CONTENCION:** Procedimientos encaminados a conservar un líquido en su lugar de existencia o en su contenedor.

**CONTROL:** Procedimientos, técnicas y métodos utilizados para mitigar un derrame de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.

**COORDINACION:** Proceso de analizar sistemáticamente una situación, obtener información relevante e informar a las autoridades pertinentes (para que decidan) las alternativas viables para elegir la combinación más efectiva de los recursos disponibles para lograr los objetivos específicos.

**CREPAD:** Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastres.

**CUERPOS DE AGUA:** Aguas marinas, fluviales y lacustres.

**DAÑO:** la pérdida de vidas humanas, las lesiones corporales, los perjuicios materiales y el deterioro grave del medio ambiente, como resultado directo o indirecto, inmediato o diferido de las propiedades tóxicas, inflamables o explosivas y oxidantes de las sustancias peligrosas, y a otros efectos físicos o fisicoquímicos consecuencia del desarrollo de las actividades industriales.

**DEGRADACION:** Reacción química que implica la ruptura molecular de un material de la ropa de protección, por el contacto con una sustancia química.

**DERRAME:** Toda descarga súbita, intempestiva, impredecible, irresistible e imprevista de una sustancia líquida o semilíquida a un cuerpo exterior.

**DERRAME DE SUSTANCIAS NOCIVAS:** Evento en el cual se libera fuera del contenedor sustancias nocivas en cantidades que representen peligro para las personas, la propiedad y/o el medio ambiente cuando son transportadas.

**DESCARGUE:** Retiro o descenso de una carga de un vehículo.

**DESCONTAMINACION:** (reducción de la contaminación) Procesos físicos y/o químicos encaminados a reducir y prevenir que la contaminación se propague a través de las personas y del equipo utilizado en un incidente con materiales peligrosos.

**EQUIPO DE RESPUESTA DEL PLAN LOCAL DE CONTINGENCIA:** Grupo de personal entrenado de respuesta que actúa bajo un plan de respuesta de emergencia y procedimientos operativos estándar para controlar, minimizar o eliminar los peligros que pueda haber para las personas, las propiedades o el ambiente cuando un hidrocarburo, derivado o sustancia nociva se derrama.

**ETIQUETA O ROTULO:** Elemento elaborado de diferentes materiales como papel, plástico, metal o madera que permita ser escrito, grabado, impreso o graficado con información básica o complementaria para un producto determinado y puede colocarse sobre el recipiente que lo contiene mediante cualquier sistema de fijación.

**EVACUACION:** Conjunto de actividades y procedimientos tendientes a conservar la vida y la integridad física de las personas en el evento de encontrarse amenazadas por el desplazamiento a través y hasta lugares de menor riesgo.

**HIDROCARBURO:** Este término incluye al petróleo crudo, fangos, lodos y residuos de la refinación del petróleo.

**HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES:** Información proporcionada por fabricantes y mediadores (mezcladores) acerca de sus productos químicos; contiene datos mínimos acerca de la composición, propiedades físicas y químicas, peligros para la salud y la seguridad, respuesta de emergencia y disposición de los desechos del material en cuestión.

**IBI:** intervalo entre incidentes (años).

**INCIDENTE:** Evento, natural o causado por el hombre, en el que se requiere la intervención de personal de emergencia para evitar o minimizar la pérdida de vidas o el daño a propiedades y/o a fuentes naturales.

**LISTA DE SUSTANCIAS CONVENIO DE BASILEA:** Tomado de Código IMDG Enm. 25-89.

En la regla 2 de la parte A del Capítulo VII del Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, en su forma enmendada, se establecen las diversas Clases de mercancías peligrosas. No obstante, a los efectos del presente Código, se ha considerado necesario subdividir varias de estas Clases y definir y describir con mayor detalle las características y propiedades de las sustancias, los materiales y los artículos que deben ser incluidos en cada Clase o División. Además, de conformidad con los criterios de selección de las sustancias contaminantes del mar a los efectos del Anexo III del Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, en su forma modificada por el correspondiente Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), algunas de las sustancias peligrosas incluidas en las diversas Clases han sido consideradas también como sustancias perjudiciales para el medio marino

La definición de Clases es como sigue:

Clase 1 - Explosivos

División 1.1 Sustancias y artículos que presentan un riesgo de explosión de toda la masa.

División 1.2 Sustancias y artículos que presentan un riesgo de explosión de proyección, pero no un riesgo de explosión de toda la masa.

División 1.3 Sustancias y artículos que presentan un riesgo de incendio y un riesgo de que se produzcan pequeños efectos de onda de choque o proyección, o ambos efectos, pero no un riesgo de explosión de toda la masa.

División 1.4 Sustancias y artículos que no presentan ningún riesgo considerable.

División 1.5 Sustancias muy sensibles que presentan un riesgo de explosión de toda la masa.

Clase 2 - Gases comprimidos, licuados o disueltos a presión.

Clase 3 - Líquidos inflamables.

Clase 4- Sólidos inflamables.

Clase 5 - Sustancias (agentes) comburentes y peróxidos orgánicos.

Clase 6 - Sustancias venenosas (tóxicas) y sustancias infecciosas.

Clase 7 - Materiales radioactivos.

Clase 8 - Sustancias corrosivas.

Clase 9 - Sustancias y artículos peligrosos varios.

DEPAE: Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, de Bogotá, D.C., creada en 1990.

PLAN DE AYUDA MUTUA: Es un medio por el cual se potencia liza la seguridad brindada por las protecciones individuales disponibles por cada empresa en una comunidad industrial, revirtiendo en mayor capacidad para enfrentar con éxito una eventual emergencia y se fundamenta en el establecimiento de un acuerdo formal entre las empresas localizadas en un mismo sector geográfico por facilitarse ayuda técnica y humana en el evento de una emergencia que sobre pase o amenace con sobre pasar la capacidad de protección de la empresa.

PLAN LOCAL DE CONTINGENCIA: Programa de tipo predictivo, preventivo y reactivo para el control de un derrame, con una estructura estratégica, operativa e informática desarrollado por la empresa, industria o actividad que puede generar un derrame.

PLAN DE EMERGENCIA/CONTINGENCIA: Organización de los medios humanos y materiales disponibles para garantizar la intervención inmediata ante la existencia de una emergencia y garantizar una atención adecuada (bajo procedimientos establecidos) de los responsables de la emergencia. Creado por el Decreto No. 919 de 1989 a través de los Comités Locales y/o Regionales para la Prevención y Atención de Desastres, quienes son sus coordinadores y ejecutores.

PLAN ESTRATEGICO: El Plan Estratégico del Plan de Contingencia es el documento que contiene la filosofía, los objetivos, el alcance del plan, su cobertura geográfica, organización y asignación de responsabilidades y los niveles de respuesta.

**REACCION:** Transformación o cambio químico; interacción entre dos o más sustancias para formar otras nuevas.

**RECURSOS:** Toda la asistencia inmediata o de apoyo disponible para ayudar a controlar un incidente; incluye personal, equipo, agentes de control, instituciones y guías de emergencia impresas.

**RESPUESTA:** Parte de la dirección de un incidente, en la cual el personal se dedica a controlarlo.

**SIMULACRO:** Simulación que mide el comportamiento del personal comprometido y encargado de la ejecución de los procedimientos de derrames y probar su reacción ante situaciones especiales que son estructuradas lo más estrechamente posibles con las emergencias reales.

**SUME:** Sistema Unificado para Manejo de Emergencias, es una metodología producto de un gran consenso institucional que pretende unificar las pautas y protocolos empleados en la atención de una emergencia a través de varias entidades, para la ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C.

**U.L.:** umbrales de letalidad: intensidades de efectos (concentración, radiación térmica, sobrepresión) que corresponden a generar víctimas en un porcentaje determinado. Se distinguen UL 1 por 100, UL 50 por 100 y UL 99 por 100, que corresponden a los porcentajes de población presente que indican.

**UNMBRAL:** valor de una magnitud física peligrosa a partir de la cual se justifica la aplicación de una determinada medida de protección y que sirve para definir los límites de las zonas objeto de planificación.

**U.N.:** Número de identificación del producto de acuerdo a la clasificación de las Naciones Unidas.

**VEHICULO:** Todo aparato montado sobre ruedas que permita el transporte de personas, animales o cosas de un punto a otro por vía terrestre pública o privada, abierta al público.

## **TÍTULO: ELABORACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA EN UNA EMPRESA DE RECUBRIMIENTOS ELECTROQUÍMICOS – “CROMADOS TÉCNICOS S.A.”<sup>2</sup>**

Autores: Sandra Dilia Mahecha Tafur  
Andrea del Pilar Gómez Hernández<sup>3</sup>

Palabras Claves: Plan de contingencia, riesgo, fallo, emergencia, industria de la galvanoplastia.

El uso de gran variedad de compuestos químicos en su mayoría altamente tóxicos y contaminantes en la Industria de la Galvanoplastia hace necesario que estas cuenten con un Plan de Contingencia, así en caso de presentarse una emergencia podrán manejarla de una manera adecuada, sin improvisaciones, minimizando la afectación a la salud humana, al medio ambiente y daños a la propiedad, y acercándose al cumplimiento de Normas exigidas por las Entidades Gubernamentales.

Se utilizó en este proyecto el Método análisis del modo, efecto y criticidad del fallo (FMEA) para evaluar las diferentes posibilidades de fallo y las diversas influencias (efectos) de los equipos y actividades de la planta en cada uno de ellos o en el sistema y su criticidad. Obtenidos los resultados se determinó para cuales eventos se debe generar un plan de contingencia y se desarrollan soluciones técnicas, de negocio, de rescate, de atención, de suministro o de cumplimiento de actividades o una combinación de estos tipos de solución.

Se contempló también la adopción de tecnologías de Producción Mas Limpia que garantiza una mejor gestión ambiental de la mano del cumplimiento de Normas, brindando seguridad al personal de trabajo y obteniendo mejores rendimientos económicos para la Empresa. Además se recomienda a la empresa realizar programas de capacitación al Personal en temas técnico-ambientales, de seguridad, del plan de contingencia y salud ocupacional.

---

<sup>2</sup> Modalidad: Monografía

<sup>3</sup> Facultad de Ingenierías Físico Químicas, Escuela de Ingeniería Química, Especialización en Ingeniería Ambiental, Director: Richard Díaz Guerrero.

**TITLE: ELABORACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA EN UNA EMPRESA DE RECUBRIMIENTOS ELECTROQUÍMICOS – “CROMADOS TÉCNICOS S.A.”<sup>4</sup>**

Authors: Sandra Dilia Mahecha Tafur  
Andrea del Pilar Gómez Hernández<sup>5</sup>

Key Words: Contingency plan, risk, failure, emergency, electroplating.

The use of several chemical compounds in the electroplating industry, most of them being highly toxic and pollutant makes necessary for the electroplating facilities to develop a contingency plan; so emergencies can be handled properly, without improvisation and minimizing its impact on the human health, the environment, and damage to property; and at the same time complying with governmental regulations.

The method used in the development of this Project was the Faillure Mode and Effect Analysis (FMEA by its acronym in Spanish), to evaluate the different possible failures and the influence (effect) of the different pieces of equipment and activities taking place in the facility. Following the determination of the results, the events requiring a contingency plan were identified, and solutions focusing on technical and business aspects of the problem, rescue, attention, supply and observance of regulations or a combination of several of them were developed.

It was considered also the implementation of technologies of Cleaner Production, which ensures a better management of environmental issues, along with the observance of regulations, improving the safety at the workplace and the economical performance of the company. Finally, there is a recommendation for the company to train the personnel in technical and environmental aspects of the operation, safety, contingency plan and workplace health.

---

<sup>4</sup> Modalidad: Monografía

<sup>5</sup> Facultad de Ingenierías Físico Químicas, Escuela de Ingeniería Química, Especialización en Ingeniería Ambiental, Director: Richard Díaz Guerrero.

## INTRODUCCIÓN

La pequeña industria colombiana en los últimos años ha tenido la necesidad de realizar cambios dentro de su infraestructura a nivel técnico, social y ambiental para estar a la vanguardia del desarrollo. Este proceso se está llevando a cabo en muchas empresas por la obligación de cumplir con las exigencias de las Normas emitidas por las Entidades Gubernamentales, como también por su necesidad de crecimiento, de lo contrario las pequeñas industrias desaparecerían.

La implementación de un Plan de Contingencia dentro de las empresas, es uno de los aspectos con mayor relevancia, “prevenir es ganar” y en caso de que se presente una eventual emergencia, se podrá evitar daños personales y materiales graves.

El presente estudio del Plan de Contingencia se realizó a la empresa CROMADOS TÉCNICOS S.A. del sector industrial de galvanoplastia, cuya actividad principal es el cromado decorativo de auto-partes; esta pequeña empresa tiene ubicadas sus instalaciones en la localidad de Kennedy, en la ciudad de Bogotá.

Se pretende realizar una evaluación, emitir un diagnóstico y establecer soluciones viables, mediante un Plan de Contingencia que la empresa pueda adoptar según sus posibilidades económicas y cumpliendo con las Normas exigidas. Se analizan los principales eventos amenazantes en las actividades realizadas en la empresa; con base en la dimensión de la producción y la estimación de los costos beneficios productivos se hace una calificación de los riesgos inherentes a cada una de las causas que pudieran ocasionar un accidente o eventualmente una contingencia.

Dados los resultados y la estimación del costo y sus consecuencias se percibe un resultado de marginalidad en los efectos de cada uno de los eventos, esto obedece a que no se aprecia como tal en un corto plazo este tipo de consecuencias y sus implicaciones, además para el pequeño empresario no son tangibles mientras no se observen en un fenómeno inmediato. Sin embargo no se debe perder de vista que las medidas de producción más limpia que en un principio se consideraron como inversiones extras, deben emplearse como estrategias productivas con beneficios ambientales, que permiten disminuir los costos de producción y posicionar productos en el mercado, es por ello que el plan de contingencia se formula con visión práctica y de día a día dentro de la operación “normal” de la planta como medidas correctivas o preventivas aplicables y siempre contemplando la capacidad económica y alcances de los ingresos de la empresa.

En la última sección se aborda brevemente y de manera sencilla el manejo de lesiones personales elementales sin llegar a involucrar órganos vitales o afecciones que comprometan la vida de la persona.

# **1. MARCO CONCEPTUAL**

## **1.1. Generalidades**

El sector de tratamiento de superficies está formado por empresas, principalmente pequeñas y medianas, dedicadas a modificar la estructura inicial de una superficie –metálica o no- para ofrecerle unas condiciones de resistencia a los agentes externos, de acabado final decorativo, etc. A nivel industrial el Sector galvánico hace parte de la cadena productiva y se caracteriza por empresas posicionadas que suplen las necesidades de un mercado atomizado, sin que sean marcadas las rivalidades entre ellas, ya sea en calidad o en precio; sólo al interior de las organizaciones se encuentren diferencias de tipo estratégico, especialmente en el sector informal. Se trata, fundamentalmente, de talleres con un nivel medio-bajo de tecnificación, como término medio. La utilización de gran variedad de compuestos químicos, muchos de los cuales pueden ser altamente tóxicos y contaminantes.

La racionalización de los consumos y las mejoras en las operaciones internas encaminadas hacia la prevención en el origen de la contaminación y la eco eficiencia aportan ventajas para la empresa que las lleva a cabo, ventajas de tipo económico, ambiental y social al reducir los impactos sobre el medio. Asimismo, se reducen las corrientes residuales generadas y su carga contaminante, se ahorra agua y materias primas y se mejora la imagen pública de la empresa. Todas estas ventajas suponen un valor añadido para la empresa que las lleva a cabo, que aumenta así su capacidad competitiva.

Las medidas de producción más limpia van de la mano de unas condiciones seguras en el trabajo, puesto que si éstas medidas son las ambientalmente correctas, también lo serán económicamente más rentables y con una complejidad técnica menor, lo cual facilita la ejecución de las labores propias en dicho proceso.

Las medidas de producción más limpia se pueden considerar como coadyudantes al programa de higiene y seguridad industrial de la empresa ya que permiten la reducción de cantidad y/o toxicidad de los productos en el lugar de trabajo, minimizan la exposición a corto y largo plazo de los empleados y visitantes a este tipo de sustancias; disminuye los requisitos necesarios para los sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento del aire, reduce o elimina la necesidad de equipos de protección personal entre otros.

## **1.2. Panorama del sector**

Las industrias de galvanotecnia están agrupadas bajo el conjunto de industrias dedicadas a la fabricación de productos metálicos, con excepción de maquinaria y equipo. Existen en el Distrito Capital numerosos establecimientos enmarcados en esta agrupación, dispersos en las zonas residenciales y comerciales.

Las plantas galvánicas pueden estar integradas en serie a los procesos productivos metal mecánicos o pueden ser plantas exclusivamente de servicios. En las plantas de servicios, a su vez, se pueden distinguir las de preparación de superficies con operaciones de desbastado, pulido y brillo y las plantas de acabado metalizado. En Bogotá D.C. los talleres de procesos galvánicos se dedican a la anodización de aluminio, operaciones de preparación de superficies, metalizado con metales preciosos y metalizado de plásticos y metales bases como hierro.

Las MIPYME's en Bogotá, presentan una serie de dificultades<sup>6</sup>

- ✍ Deficiente relación entre empresas
- ✍ Limitada capacidad gerencial
- ✍ Obsolescencia tecnológica
- ✍ Deficiente gestión de calidad
- ✍ Deficientes canales de información
- ✍ Deficientes mercado de servicios financieros especializados
- ✍ Incumplimiento de la normatividad ambiental

### **1.3. Antecedentes**

La seguridad industrial es una actividad Técnico Administrativa, encaminada a prevenir la ocurrencia de accidente, cuyo resultado final es el daño que a su vez se traduce en pérdidas.

La palabra seguro en términos de la seguridad industrial, significa que el trabajador se encuentra libre y exento de daños o riesgos. También la palabra seguro se refiere al contrato por el cual una persona, natural o jurídica, se obliga a compensar pérdidas o daños que ocurran en las situaciones que conlleven riesgos.

En los inicios de la seguridad industrial, se basaba sólo en la productividad pero con la automatización se originaron ciertos métodos organizativos y de fabricación en serie, se dieron cuenta que se explotaba físicamente por encima de lo que puede soportar el cuerpo humano y fue para entonces cuando cobra importancia el factor de la seguridad.

Esta actividad es consecuencia de la etapa histórica, conocida con el nombre de Revolución Industrial, la cual se inicia en 1776 año en el cual el Ingeniero Inglés James Watt inventa la máquina de vapor.

---

<sup>6</sup> Tomado de 12. Uribe, Eduardo. La pequeña y mediana industria y su relación con las regulaciones y las instituciones ambientales en Colombia. DAMA. Santafé de Bogotá, Colombia Diciembre de 1995.

Esto no significa que fuera la primera en su clase, los motores hidráulicos y los molinos de vientos ya funcionaban, pero la escasez de estos medios de producción, su baja velocidad y escasa potencia, hacían irrelevante la ocurrencia de accidentes, que a su vez proporcionarían graves lesiones.

Los prototipos de máquinas de vapor, no eran ni sombra de lo que hoy existe, carecían de manómetros, controles de temperatura, niveles de flujos, termostatos y sobre todo dispositivos de seguridad que sirvieran por ejemplo para liberar la presión del interior de la caldera y evitar el estallido de la misma. Por tanto, la frecuencia de accidentes se elevó con las lógicas consecuencias de daños y pérdidas.

Las primeras medidas en cuanto a seguridad se refieren, comenzaron a tomarse en Inglaterra, al nombrarse inspectores quienes visitaban a las empresas y recomendaban la instalación de protectores de los llamados puntos críticos de las máquinas, aquellos en los que podían presentarse accidentes y resultar obreros lesionados. Estas recomendaciones no surtían los efectos buscados, por la falta de sanciones ejecutables para aquellos patronos que no pusieran en práctica lo recomendado en las visitas y como no existían precedentes al respecto, desde el punto de vista de justicia social, eran los obreros los que soportaban la peor parte.

Para el año 1868, durante el gobierno de Bismark, a casi un siglo de iniciarse la Revolución Industrial, se emite en Alemania la Ley de Compensación al Trabajador, dicha ley establecía, que todo trabajador que sufriera una lesión incapacitante, como consecuencia de un accidente industrial, debía ser compensado económicamente por su patrón. Dicha ley se fue adoptando rápidamente en los países industrializados de Europa y en los Estados Unidos.

Debido a los fuertes desembolsos que tenían que hacer los propietarios de empresas, dispusieron que los accidentes que produjeran lesiones incapacitantes fueran investigados, con la finalidad de descubrir los motivos que los provocaban y hacer las correcciones de lugar, para que en el futuro por una causa similar, no ocurrieran hechos parecidos

La revolución industrial es por lo tanto la época que marca el inicio de la seguridad industrial, como consecuencia de la aparición de la fuerza de vapor y la mecanización de la industria; lo que produjo el incremento de accidentes y enfermedades laborales. Es decir en 1871, el 50% de los trabajadores, moría antes de los 20 años, debido a los accidentes y a las pésimas condiciones de trabajo.<sup>7</sup>

En general, la seguridad industrial está dirigida a prevenir, controlar y/o corregir todos los factores presentes en el ambiente de trabajo o en la maquinaria, equipos y herramientas; así

---

<sup>7</sup> Adaptado de: <http://www.monografias.com/trabajos20/seguridad-industrial/seguridad-industrial.shtml>

como maniobras o actitudes de los trabajadores que pueden causar accidentes de trabajo. En conjunción, la higiene industrial tiene por objeto la identificación, evaluación y control de factores ambientales que se originan en o por los lugares de trabajo que pueden afectar la salud o bienestar de los empleados y la sociedad en general.

Uno de los procedimientos desarrollados por el hombre en el área de seguridad industrial con el objetivo de salvaguardar la vida de las personas, disminuir los daños a la propiedad y los impactos negativos al ambiente, son los denominados Planes de Contingencia o emergencia. Para enfrentar una situación de emergencia de cualquier magnitud es necesaria la planificación anterior de procedimientos que desarrollarán para minimizar cualquier pérdida.

La prevención ha de contemplar un Plan de Contingencia el cual es el conjunto de acciones que debe realizar cada persona en caso de una eventual emergencia con el fin de proteger a las personas y los bienes. Sirve además para poder actuar con rapidez y sin improvisación, lo cual aumenta la efectividad de los medios de prevención y protección existentes; por tanto, reduce las posibles consecuencias de accidente ya que supone además la óptima utilización de equipos e instalaciones con el fin de reducir y minimizar las consecuencias.

## **2. NORMATIVIDAD AMBIENTAL APLICABLE AL SECTOR DE LA GALVANOTECNIA**

Los residuos generados por el rubro industrial de Galvanoplastia se consideran potencialmente contaminantes debido a sus características, encontrándose conformados mayoritariamente por metales pesados tales como zinc, níquel, cromo hexavalente, cobre, cadmio, los cuales son considerados, entre otros aspectos, inhibidores de tratamientos biológicos de residuos líquidos y dañinos para la salud.

A continuación se expondrá en forma breve algunas normas ambientales aplicables a los establecimientos dedicados a prestar el servicio de galvanotecnia.

### **2.1. Aspectos Ambientales que debe tener en cuenta el Sub-sector de Galvanotecnia**

#### **2.1.1. Vertimientos**

El agua eliminada después de usarse de descarga como agua residual, la cual ha sufrido una serie de alteraciones tanto cuantitativas como cualitativas; es decir contiene una gran variedad de sustancias como consecuencia de su sometimiento a procesos y operaciones que traen como consecuencia su contaminación por adición de sustancias deletéreas que afectan sus propiedades físicas, químicas y biológicas y que en la mayoría de casos sus concentraciones superan ampliamente la capacidad de auto purificación natural.

En cuanto a los parámetros indicadores de la calidad de los vertimientos industriales, en Bogotá D.C. se exige caracterizar: DBO, DQO, grasas y aceites, sólidos suspendidos totales, pH, temperatura y otras sustancias que van de acuerdo con el sector industrial al que pertenece la industria.

El Decreto 1594 de 1984 considera el cumplimiento de las normas nacionales básicas o mínimas sobre vertimientos. Estas requieren que todo usuario industrial remueva un porcentaje definido de carga orgánica y de sólidos. Establece las normas de vertimiento para toda descarga al alcantarillado, en donde limita las descargas de carga orgánica, de sólidos, la concentración de aceites y grasas y el rango apropiado de pH.

Por vertimiento se debe entender cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado público (Art. 6 del Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud). Al tenor de este decreto, los usuarios que deban solicitar concesiones de agua y que produzcan vertimientos deben registrar estos últimos ante la autoridad ambiental competente (Secretaría Distrital de Ambiente, antiguo DAMA).

Los vertimientos de las plantas de galvanizado eléctrico contienen las mismas sustancias que se utilizan para preparar los baños. La concentración de dichos vertimientos fluctúa

considerablemente y depende de las condiciones técnicas de trabajo. Para plantas en condiciones normales la proporción de sustancias tóxicas ( $\text{CN}^-$ ,  $\text{Cr}^{+3}$ ,  $\text{Cd}^{+2}$ , etc.) rara vez está por debajo de los 10 mg/l y puede alcanzar los 1000mg/l.

**Tabla No. 1 Composición típica de aguas de lavado de plantas de Recubrimiento de Metales**

Parámetro	
pH	5.0 – 10.0
Temperatura	9.0 – 12.0
Parámetro	Concentración mg/l
Sólidos Suspendidos	14.0 – 60.0
Aceites y Grasas	<5.0 – 160
Cianuro	1.0 – 3.4
Cobre	7.0 – 28.0
Cromo Total	17.0 - 40.0
Cromo Hexavalente	5.0 – 30.0
Níquel	6.0 – 7.0

**Tabla No. 2 Algunas concentraciones máximas para descargas industriales a Sistemas de Alcantarillado**

SUSTANCIA	EXPRESADA COMO	CONCENTRACIÓN (mg/L)
Cadmio	Cd	0.1
Cianuro	CN	1.0
Zinc	Zn	5.0
Cobre	Cu	3.0
Cromo Hexavalente	$\text{Cr}^{+6}$	0.5
Cromo Total	Cr total	5.0

Fuente: Resolución 1074/97 DAMA, Modificada.

Igualmente, el Secretaría Distrital de Ambiente (antiguo DAMA) mediante Resolución 1074 del 28 de octubre de 1997 dispuso que aquél que vierta a la red de alcantarillado público y/o cuerpo de agua localizado en el área de su jurisdicción deberá registrar sus vertimientos ante esa entidad, a la par estableció las concentraciones máximas para descarga (carga orgánica, sólidos, grasas y aceites y sulfuros) del sector industrial urbano. Dichos criterios obedecen al transporte de aguas residuales en redes de alcantarillado, mientras que las restricciones en metales pesados y compuestos potencialmente tóxicos, son principalmente necesarios para garantizar un tratamiento biológico adecuado de las aguas residuales municipales, de modo que puedan ser reutilizadas en agricultura y/o vertidas a las fuentes receptoras.

**Tabla No. 3 Límites de Descarga por Grupo Industrial de interés**

PARÁMETROS	RECUBRIMIENTO DE METALES
pH (un)	5 a 9
Aceites y Grasas	100
DQO (mg/l)	200
Cromo Hexavalente	0.5
Metales pesados (mg/l)	Según 1594/84
SST (mg/l)	300
Sólidos Sedimentables (ml/h)	2.0

*Fuente: Resolución 1074/97 DAMA, Modificada.*

### **2.1.2. Contaminación Atmosférica**

La contaminación atmosférica puede definirse como la presencia de uno o más contaminantes en la atmósfera exterior, en cantidades y duración tal que pueden ser nocivos para la vida del hombre, plantas o animales o para la propiedad (materiales) y que pueden interferir con el uso y disfrute de la vida o propiedad incluso con la realización del trabajo.

Es el fenómeno consistente en la acumulación o la concentración de contaminantes del aire (Art. 2 del Decreto 948 del 5 de junio de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente).

#### **2.1.2.1. Emisiones Atmosféricas**

Las principales emisiones atmosféricas en la industria galvánica son:

- ⊗ Neblinas: conformadas por vapores emitidos por solventes empleados en las labores de desengrase; y los vapores ácidos (por ejemplo, ácido crómico) emitidos por los licores que permanecen en tanques abiertos en los que se lleva a cabo la inmersión de las piezas.
- ⊗ Gases: en la etapa de decapado de metales tienen lugar reacciones electroquímicas en las cuales se obtiene como producto hidrógeno, que se desprende en forma de gas. De igual forma como resultado de la mezcla de cianuro y las aguas residuales ácidas se forma cianuro de hidrogeno (HCN).

- ☞ Humos: como productos del proceso de combustión empleado para generar la energía requerida para mantener la temperatura de operación de los baños de inmersión.
- ☞ Polvo y partículas metálicas: producidas durante la preparación preliminar de las superficies por abrasión.
- ☞ Compuestos orgánicos volátiles: como consecuencia de la evaporación de solventes orgánicos (tricloroetano, tricloroetileno) y de los humos producto de la combustión.
- ☞ Emisiones de NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub>. Originadas en la producción de la energía requerida para mantener la temperatura de los baños; dicha generación en la mayoría de los casos se realiza con ACPM y unos pocos con gas.

En la industria galvánica la mayor parte de las emisiones tiene su origen en el proceso de limpieza, es decir en la remoción de contaminantes como aceite, grasas, impurezas y esquilas metálicas, preparando las piezas para la deposición del recubrimiento metálico al imprimirlas mejores propiedades adhesivas y aumentar la calidad del terminado. Las tecnologías que se utilizan hoy en día en la industria son:

- ❖ La limpieza con solventes, se eliminan los contaminantes de las piezas con solventes clorados por medio de una variedad de mecanismos como rocío, frotamiento con un lienzo, desengrasado con vapor o inmersión. Estos procesos no necesitan enjuague ni secado forzado, pero implican la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV's) y riesgos para la salud y la seguridad.
- ❖ La limpieza semi-acuosa utiliza solventes orgánicos y agua en una serie de tanques. En el primer paso, la pieza se limpia en un solvente orgánico puro que disuelve la suciedad. A continuación, la pieza se enjuaga con agua para eliminar cualquier residuo de suciedad y/o solvente. Este proceso en relación con el medio ambiente implica la emisión de COV's y la descarga de aguas residuales peligrosas.
- ❖ La limpieza acuosa emplea una solución limpiadora a base de agua. Dicha solución puede contener solo agua o una combinación de agua, detergentes, saponificadores. Surfactantes, anticorrosivos y otros aditivos especiales. Las desventajas de este método son el elevado consumo de agua y la descarga de aguas residuales peligrosas.

### **2.1.3. Contaminación por Ruido**

Se define como contaminación por ruido a la presión sonora que trasciende al medio ambiente o al espacio público, causando molestias, alteraciones y pérdidas auditivas a los

seres humanos (Art. 2 del Decreto 948 del 5 de junio de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente).

Los estándares o parámetros consagrados en el artículo 17 de la Res. 8321 del 4 de agosto de 1983 del Ministerio de Salud, determinan los niveles admisibles de presión sonora, de acuerdo a la zonificación del suelo y a los horarios permitidos, esto con el fin de prevenir y controlar las molestias, alteraciones y las pérdidas auditivas ocasionadas en la población por las fuentes fijas es decir, por las actividades, operaciones o procesos realizados por los seres humanos, con o sin su intervención, situada en un lugar determinado e inamovible, como por ejemplo los establecimientos dedicados a la labor de galvanotecnia.

De manera general no es aplicable este tipo de normatividad en el proceso galvánico, sin embargo hay empresas en donde se realiza el proceso de manufactura de corte, doblado y otros en los cuales es importante considerar la contaminación acústica en las máquinas troqueladoras dobladoras o tornos.

#### **2.1.4. Residuos Sólidos**

La norma denomina como generador de residuos especiales a toda persona natural o jurídica, pública o privada, que en desarrollo de sus actividades abandonen, desechen, rechacen objetos o elementos patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos (Art. 14 de la Res. 2309 del 24 de febrero de 1986 del Ministerio de Salud).

Las etapas de desengrase, decapado y en la neutralización de los licores con hidróxido de calcio o hidróxido de sodio originan lodos. En la industria de anodizado, estos lodos están compuestos por aluminato sódico, en el decapado de piezas de hierro, los lodos contienen óxidos y cloruros férricos.

Otros residuos sólidos son: recortes de metal, retal textil (contaminado con solventes), alambres de amarre, papel y zunchos de empaque y recipientes vacíos.

La generación de residuos sólidos se debe entre otras causas a:

- Productos caducados
- Materiales o productos deteriorados
- Materiales inutilizables, adulterados o contaminados
- Todos aquellos materiales que se declaren como peligrosos por parte del industrial.

Según la Res. 2309 de 1986 se establece la responsabilidad del generador de residuos especiales a toda persona natural o jurídica, pública o privada, que en desarrollo de sus actividades abandonen, desechen, rechacen objetos o elementos patógenos, tóxicos, combustibles inflamables y explosivos.

Los generadores de residuos especiales pueden contratar el manejo total o parcial de los mismos, pero la autoridad solamente considera válidos los contratos celebrados con personas o entidades debidamente autorizadas.

### 3. ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA PLANTA CROMADOS TÉCNICOS S.A.

#### 3.1. Estudio de caso

El desarrollo del análisis se efectúa para efectos prácticos y detalladamente en la empresa de Cromados Técnicos S.A.

**NOMBRE DE LA EMPRESA:** ***CROMADOS TÉCNICOS S.A.***  
**ACTIVIDAD:** *Empresa que pertenece al sector de la manufactura y su actividad es el recubrimiento de cromo protector y decorativo sobre metales mediante electrodeposición.*

**PROCESOS:**

- Recepción de piezas
- Pulimento
- Enganche y desengrase
- Neutralizado y Activado
- Cobreado ó Cobrizado
- Niquelado
- Cromado
- Secado y Empacado

A través de los procesos de realización del producto, conformados por pulimento, desengrase, neutralizado y activado, cobreado o cobrizado como algunos le llaman, niquelado, cromado, secado y el empaçado final, se termina la pieza de acuerdo con los requisitos del cliente y los criterios de operación. Los procesos descritos son implementados, mantenidos y mejorados y tienen como fin garantizar la preservación y evitar el deterioro del producto.

Sin el interés de quitar mérito a los seis procesos de producción y de acuerdo a la rentabilidad y a la amenaza que representa para la permanencia del negocio se describe a continuación porque los más significativos son:

Proceso de Preparación de la Pieza

Esta operación se realiza en un recinto aislado del resto de la planta y consta de:

- Recepción
- Pulimento
- Proceso de Enganche y Desengrase

Dependiendo del tamaño de las piezas, estas se amarran con alambre (en el caso de las piezas pequeñas) o se enganchan en bastidores diseñados para procesar varias piezas (Ej.: 3 parachoques para Renault. 12).

### Limpieza de las Piezas

Consta de:

- Enganche
- Desengrase (inmersión en el tanque con solución desengrasante alcalina)
- Proceso de Neutralizado y activado
- 

Una vez enganchadas, las piezas se desengrasan por inmersión en solución desengrasante (1.386 Lt.) la cual se calienta mediante flautas alimentadas con gas natural, esta operación se complementa mediante la acción manual de un operario, después de esta actividad, la pieza se desengrasa electroquímicamente en una solución desengrasante, la pieza se enjuaga por inmersión en un tanque con agua.

El neutralizado y activado se realiza por inmersión de las piezas en una solución de ácido sulfúrico al 4%. Posteriormente a esta actividad, las piezas se enjuagan por inmersión en un tanque con agua, después de lo cual se activan (en medio alcalino) por inmersión en el enjuague de cobre, el cual se describirá posteriormente.

### Proceso de Cobreado

Consta de:

- Cobreado (inmersión en un tanque con Solución alcalina de cianuro de cobre)
- Enjuague (inmersión en el tanque de activación)

Para cobrear las piezas, se utiliza un electrolito alcalino de cianuro de cobre; después de que las piezas han sido sometidas a este proceso, se enjuagan en un tanque con agua (en este tanque ya se habían activado las piezas como se mencionó anteriormente).

Posteriormente y para activar (ácidamente) las piezas; estas se enjuagan por inmersión en el tanque de neutralizado empleado en el numeral anterior.

### Proceso de Niquelado

Este recubrimiento se realiza en un electrolito convencional de níquel, el cual se calienta mediante una resistencia eléctrica, las piezas se mantienen en movimiento constante gracias a la acción de “vaivén” de un moto-reductor.

Después de niqueladas las piezas se enjuagan en un tanque recuperador que contiene una dilución de electrolito empleada para recuperar las pérdidas por evaporación del electrolito. Estas pérdidas se estiman en cerca de 192 Lt./mes, consta de:

- Niquelado
- Enjuague

### Proceso de Cromado

Para este fin, se emplea un electrolito convencional de cromo hexavalente. Después de que las piezas se croman, se enjuagan por inmersión en un primer enjuague que contiene 738 Lt. de dilución de electrolito, posteriormente la pieza se enjuaga por inmersión en dos enjuagues de 718 Lt. y 199 Lt. de agua.

- Cromado (inmersión en un tanque con Solución de cromo hexavalente)
- Enjuague 1
- Enjuague 2 (tanque agua)
- Enjuague 3 (tanque agua)

Como es sabido en la empresa se presentan riesgos que se entrarán a analizar en el aparte siguiente con el fin de identificar y priorizar aquellos más significativos a los cuales está expuesto el personal de la empresa y con base en el resultado se podrá construir el documento del plan de contingencia y entregar un material didáctico especialmente dirigido al personal operario.

## **3.2. Plan de Contingencia**

Una de las medidas básicas para asegurar la calidad de un proceso o actividad es la determinación de los riesgos a los cuales se vería enfrentada la organización y su entorno ante una falla del proceso o en la actividad. Esto implica conocer los alcances de las funciones críticas involucradas en el proceso del organismo, su incidencia interna y externa (si es de gran magnitud), y haber medido las consecuencias de una falla que se pueda producir. Por lo tanto, es necesario preparar un conjunto de acciones que se deberían tomar en el caso de una falla. En eso consiste el plan de contingencia.

En el proceso de formulación del plan de contingencia, lo principal es cumplir todas las tareas necesarias de la fase proactiva, que es la fase anterior a la contingencia. Una vez que se produce la eventualidad, se inicia la fase reactiva y se debe ejecutar el plan correspondiente.

### **3.2.1. Preparación del plan de contingencia.**

#### **3.2.1.1. Identificación de los riesgos**

Se debe determinar cuáles de los eventos probables y críticos identificados, tienen un riesgo alto, determinando prioridades basándose en la dinámica social, ambiental o institucional,

entre otras. Para determinar la prioridad se debe tener en cuenta la influencia del evento sobre la población o las instituciones. Una vez identificados los riesgos, se debe decidir para cuáles de los eventos se debe generar un plan de contingencia, además de las características que debe tener dicho plan.

### **3.2.1.2. Generación del plan**

Para cada una de las funciones que amerita un plan de contingencia, se debe analizar todas las alternativas de solución que permitirán que las actividades se sigan cumpliendo aún cuando suceda algún inconveniente. Luego de analizar todas las alternativas, se confecciona el plan que puede involucrar soluciones desde el punto de vista técnico, de negocio, de rescate, de atención, de suministro o de cumplimiento de las actividades, soluciones momentáneas para problemas puntuales (por ejemplo, en el caso de la función de suministro de la electricidad, el uso de generadores) o una combinación de estos tipos de solución. Al generar el plan se debe tener en cuenta la identificación de las condiciones que implicarán que el plan de contingencia se ponga en marcha.

En términos generales, el plan de contingencia debería contener:

- ✓ Objetivo del plan: se deben indicar aquellos componentes de la función crítica que se pretenden cubrir frente a la contingencia considerada. Estos componentes pueden variar, así como su grado de cobertura para las distintas contingencias analizadas.
- ✓ Criterio para la ejecución del plan: condiciones bajo las cuales se considera que debe comenzar a aplicarse el plan de contingencia.
- ✓ Roles, responsabilidad y autoridad: Esto es clave para la buena marcha del plan de contingencia. Se debe determinar muy claramente, cuál es el papel de cada uno de los sectores de la organización ante la contingencia y cómo se alteran los procedimientos habituales para dar lugar a los procedimientos de contingencia.
- ✓ Requerimiento de recursos: qué recursos se necesitan para operar en el modo contingencia y cuáles de los recursos habitualmente utilizados no se deben utilizar. Esto debe estar debidamente documentado y verificado lo más exhaustivamente posible.

### **3.3. Análisis de Riesgos**

Esta etapa tiene por objeto identificar y evaluar cuales son aquellos eventos o condiciones que pueden llegar a ocasionar una emergencia en la empresa, de tal manera que este análisis

se convierta en una herramienta para establecer las medidas de prevención y control de los riesgos asociados a la actividad económica, al entorno físico y al entorno social en el cual desarrolla sus funciones la empresa<sup>8</sup>.

### **3.3.1. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos<sup>9</sup>**

A continuación se presenta un breve resumen de los métodos cualitativos para el análisis de riesgos y se describirá con más detalle el método seleccionado para efectos de este estudio incluyendo los siguientes elementos:

- Descripción
- Ámbito de aplicación
- Recursos Necesarios
- Soportes Informáticos
- Ventajas/Inconvenientes

---

<sup>8</sup> Adaptado de 1. CONSEJO COLOMBIANO DE SERGURIDAD. Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá, 2003. 87 p.

<sup>9</sup> [http://www.proteccioncivil.org/centrodoc/guiatec/Metodos\\_cualitativos/indice\\_cualitativos.htm](http://www.proteccioncivil.org/centrodoc/guiatec/Metodos_cualitativos/indice_cualitativos.htm)

**Tabla No. 4 Métodos cualitativos para el análisis de riesgos**

	DESCRIPCIÓN	ÁMBITO DE APLICACIÓN	RECURSOS NECESARIOS	SOPORTES INFORMÁTICOS	VENTAJAS E INCONVENIENTES
<b>Análisis Histórico de Accidentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudia accidentes registrados en el pasado en plantas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Útil para el establecimiento de posibles riesgos en una instalación ó para hacer una aproximación cuantitativa de la frecuencia de determinados tipos de accidentes,</li> <li>Procesos y productos de utilización masiva o frecuente (productos energéticos, productos químicos de base).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Técnica poco costosa dentro del campo del análisis de riesgo. El proceso consta de la consulta a la fuente o fuentes de información representativas seleccionadas y posteriormente un trabajo de selección y elaboración estadística de los resultados obtenidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bancos de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El establecimiento de hipótesis de accidentes se basa en casos reales.</li> <li>Los accidentes sobre los que se puede encontrar una documentación completa son únicamente los “más importantes”.</li> <li>Con frecuencia los datos reflejados son insuficientes; las causas quedan a menudo sin identificar y los datos no son extrapolables a instalaciones de diseños diferentes. Los accidentes producidos en el pasado han tenido respuestas en modificaciones o prácticas operativas más seguras que hacen que sea más difícil que se reproduzcan en condiciones similares.</li> </ul>
<b>Check Lists o Listas de Chequeo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Son de fácil aplicación y pueden ser utilizadas en cualquier fase de un proyecto o modificación de una planta. Es una manera adecuada de evaluar el nivel mínimo aceptable de riesgo de un determinado proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicables a todas las fases de un proyecto, y poseen, además, la doble vertiente de comunicación entre miembros del proyecto y control del mismo.</li> </ul> <p>Se emplean en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño.</li> <li>Construcción.</li> <li>Puesta en marcha.</li> <li>Operación.</li> <li>Paradas.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>El resultado es la identificación de riesgos comunes y la adecuación a los procedimientos de referencia.</li> <li>Los resultados son cualitativos y se limitan al cumplimiento o no de las normas de referencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deben ser preparadas por personas de gran experiencia. Es necesario disponer de las normas o parámetros de referencia así como de un conocimiento del sistema o planta a analizar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando se debe aplicar esta técnica de forma reiterada, es usual que las empresas consultoras de seguridad tengan desarrollados formatos informatizados que cubran determinados procedimientos o reglamentos (1TC-MIE-APQ-001, Reglamento de Seguridad en Refinerías del Ministerio de Industria, etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es un método que permite comprobar con detalle la adecuación de las instalaciones.</li> <li>Constituye una buena base de partida para complementarlo con otros métodos de identificación que tienen un alcance superior al cubierto por los reglamentos e instrucciones técnicas.</li> <li>Es un método que examina la instalación desde el punto de vista de cumplimiento de un reglamento o procedimiento determinado.</li> </ul>

	DESCRIPCIÓN	ÁMBITO DE APLICACIÓN	RECURSOS NECESARIOS	SOPORTES INFORMÁTICOS	VENTAJAS E INCONVENIENTES
<b>Análisis Preliminar de Riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es utilizado únicamente en la fase de desarrollo de las instalaciones y para casos en los que no existen experiencias anteriores, sea del proceso o del tipo de implantación.</li> <li>• El APR selecciona los productos peligrosos y los equipos principales de la planta y se considera como una revisión de los puntos en los que pueda ser liberada energía de una forma incontrolada.</li> <li>• Los resultados incluyen recomendaciones para reducir o eliminar los peligros, de carácter cualitativo, sin priorización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza para la identificación de riesgos en la fase de diseño previo de nuevas instalaciones para prever los principales y profundizar en el resto de riesgos en el diseño final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe disponerse de los criterios básicos de diseño de la planta, especificaciones básicas de equipos principales y especificaciones de materiales.</li> <li>• Este método puede ser desarrollado por uno o dos técnicos con conocimientos y experiencias en seguridad. En algunos casos, puede ser aplicado por personal con relativamente poca experiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalmente no se utiliza un soporte informático en la realización de esta técnica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un método que requiere relativamente poca inversión en su realización, por lo que es adecuado para examinar los proyectos de modificaciones o plantas nuevas en una etapa inicial.</li> <li>• En instalaciones existentes no es un método adecuado para entrar en el detalle de los riesgos asociados a las mismas.</li> </ul>
<b>What if ...?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantea las posibles desviaciones desde el diseño, construcción, modificaciones de operación de una determinada instalación.</li> <li>• Evidentemente, requiere un conocimiento básico del sistema y la disposición mental para combinar o sintetizar las desviaciones posibles, por lo que normalmente es necesaria la presencia de personal con amplia experiencia para poder llevarlo a cabo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El método tiene un ámbito de aplicación amplio ya que depende del planteamiento de las preguntas que pueden ser relativas a cualquiera de las áreas que se proponga la investigación como: seguridad eléctrica, protección contra incendios, seguridad personal, etc.</li> <li>• Las preguntas se formulan en función de la experiencia previa y se aplican, tanto a proyectos de instalación, como a plantas en operación, siendo muy común su aplicación ante cambios propuestos en instalaciones existentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalmente las cuestiones se formulan por dos o tres personas especialistas en las áreas apuntadas en el apartado anterior, los cuales necesitan documentación detallada de la planta, del proceso, de los procedimientos y posibles entrevistas con personal de operación.</li> <li>• El resultado del trabajo será un listado de posibles escenarios incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción del riesgo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalmente no se utiliza un soporte informático en la aplicación de esta técnica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un método menos estructurado que el HAZOP y FMEA, ver apartados 2.1.5 y 2.1.6 de esta Guía, por lo que su aplicación es más sencilla, sin embargo su exhaustividad depende más del conocimiento y experiencia del personal que lo aplica.</li> </ul>

	DESCRIPCIÓN	ÁMBITO DE APLICACIÓN	RECURSOS NECESARIOS	SOPORTES INFORMÁTICOS	VENTAJAS E INCONVENIENTES
<b>Hazard Operability Study - HAZOP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto de los parámetros normales de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El método encuentra su utilidad en instalaciones de proceso de relativa complejidad, o en áreas de almacenamiento con equipos de regulación o diversidad de tipos de trasiego.</li> <li>Es provechosa su aplicación en plantas nuevas porque puede poner de manifiesto fallos de diseño, construcción, etc. que han podido pasar desapercibidos en la fase de concepción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La característica principal de la técnica es que se realiza en equipo en sesiones de trabajo dirigidas por un coordinador. El equipo de trabajo debería de estar compuesto, como mínimo, por: <ul style="list-style-type: none"> <li>Responsable de proceso</li> <li>Responsable de la operación de la planta</li> <li>Responsable de Seguridad</li> <li>Responsable de Mantenimiento</li> <li>Coordinador</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existen algunos códigos informáticos que permiten registrar las sesiones de HAZOP de forma directa. Entre ellos se puede citar: el código desarrollado por la compañía Dupont de Nemours, HAZSEC (compañía Technica), HAZTRAC (Technica), HAZOP (compañía ITSEMAP), etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oportunidad para contrastar distintos puntos de vista de una planta.</li> <li>Técnica sistemática que puede crear desde el punto de vista de seguridad hábitos metodológicos útiles.</li> <li>No requiere recursos a exclusión del tiempo de dedicación, etc.</li> <li>Como inconvenientes se podrían citar: <ul style="list-style-type: none"> <li>No hay una valoración real de la frecuencia de las causas que producen una consecuencia grave ni tampoco del alcance de la misma.</li> <li>Las modificaciones a la planta surgidas del HAZOP deben analizarse con mayor detalle y otros criterios (económicos, etc.).</li> <li>Los resultados obtenidos son muy dependientes de la calidad del equipo.</li> <li>Es muy dependiente de la información disponible.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Análisis del Modo y Efecto del Fallo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este método consiste en la tabulación de los equipos y sistemas de una planta química, estableciendo las diferentes posibilidades de <i>fallo</i> y las diversas influencias (efectos) de cada uno de ellos en el conjunto del sistema o de la planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El método FMEA puede ser utilizado en las etapas de diseño, construcción y operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normalmente, el método FMEA puede llevarse a cabo por un equipo de dos analistas que conozcan perfectamente las funciones de cada equipo o sistema, así como la influencia de estas funciones en el resto de la línea o proceso. Se debe disponer de: <ul style="list-style-type: none"> <li>Lista de equipos y sistemas</li> <li>Conocimiento de las funciones de las funciones de equipos</li> <li>Conocimiento de las funciones de los sistemas de la planta</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normalmente no es necesario un sistema informático de apoyo, aunque en sistemas más complejos puede ser útil un sistema corriente de base de datos en el caso de establecer comentarios simples y objetivos para cada caso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rapidez del método frente a otros más complejos como pueden ser el HAZOP</li> <li>Los resultados que proporciona el método son función de esta misma simplicidad siendo en todo caso meramente cualitativos.</li> <li>En todo caso, supone un análisis metódico y ordenado de todos los fallos que pueden presentarse en un equipo, sistema, proceso o planta y que puede suponer una aproximación poco costosa a las situaciones accidentales que estos fallos puedan provocar.</li> </ul>

### **3.3.2. Análisis del Modo, Efecto y Criticidad Del Fallo**

Esta metodología se seleccionó por las autoras por las características del mismo.

#### **3.3.2.1. Definición**

El FMEAC (Análisis del Modo, Efecto y Criticidad Del Fallo), además de establecer una relación entre los diferentes modos de fallo de un equipo o sistema y las consecuencias de cada uno de ellos, añade a esta consideración el establecimiento de la criticidad de cada uno de estos fallos. Es decir, establece un orden relativo de importancia de los fallos en función de las consecuencias de cada uno de ellos.

Para desarrollar un FMEA, deben contemplarse las siguientes etapas:

- Determinar el nivel de detalle
- Desarrollar un formato de trabajo
- Definir el problema y las condiciones de contorno
- Rellenar la tabla FMEA
- Informar
- de los resultados

Se comenta brevemente a continuación cada uno de estos conceptos:

#### **3.3.2.2. Nivel de detalle**

El análisis puede desarrollarse a nivel de sistemas o de componentes y debe definirse claramente al inicio de la labor.

Un ejemplo puede aclararlo mejor: si se estudia una planta, se puede definir como sistemas en fallo el sistema de alimentación, el sistema de mezcla, el de oxidación, el de separación de producto y los sistemas auxiliares. Para cada uno de estos grandes conjuntos, por ejemplo el de oxidación, se podría estudiar los fallos en las bombas de alimentación, la bomba de refrigeración, la válvula de control del circuito de agua de refrigeración, el sensor de temperatura del reactor, el controlador de temperatura, la alarma de temperatura máxima, el transmisor, etc.

#### **3.3.2.3. Formato de trabajo**

El tipo de tabla que debe ser desarrollado para soporte de la labor, debe tener en cuenta, inicialmente, el nivel de detalle definido en el apartado anterior.

Un ejemplo podría ser:

#### **Tabla No. 5 Tabla-formato soporte de la identificación y análisis de fallos**

Fecha.....Página..... de.....					
.....					
Planta.....Analista.....					
Sistema.....Referencia.....					
Item	Identificación	Designación	Modo de fallo	Efectos	Consecuencia

Pueden introducirse otras columnas (criticidad, por ejemplo, en el caso del FMEA), (probabilidades de fallo cuando se conozcan), en preparación de otros tipos de análisis (cuantitativos, por ejemplo).

#### 3.3.2.4. Definición del problema y condiciones de contorno

Se trata de determinar previamente qué partes deberá tener en cuenta el FMEA. Los elementos mínimos para la definición del problema son:

- \* Identificación de la planta y/o sistemas a analizar.
- \* Establecer los límites físicos del sistema de análisis. Ello implica definir los límites con otros sistemas. Un buen método es dibujar estos límites en un diagrama de flujo.
- \* Recoger la información necesaria para identificar tanto los equipos como su relación con el sistema o planta.

#### 3.3.2.5. Diligenciar la tabla FMEA

La tabla desarrollada como formato soporte de la labor debe ser completada de forma sistemática, reduciendo la posibilidad de omisiones. Se puede auxiliar la actividad con un diagrama de flujo y a medida que se ubican los equipos en la lista se van tachando en el diagrama original de forma bien visible.

En el desarrollo de la labor no debe dejarse ningún ítem por completar antes de pasar al siguiente.

Deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Identificación de equipos de forma biunívoca, utilizando, si es necesario, códigos o denominaciones particulares.

- Descripción de los equipos de forma que se incluya en la misma la función y posibles características básicas, como por ejemplo: «válvula motorizada, normalmente cerrada, en la línea de DN50 de sosa cáustica».
- Deben establecerse todos los modos de fallos para cada equipo en relación a sus condiciones normales de operación. Así, por ejemplo, los fallos de una válvula de control normalmente abierta pueden ser:
  - Fallo: abre
  - Cambio a posición cerrada
  - Pérdidas al exterior
  - Ruptura del cuerpo

En cualquier caso, deben limitarse las consideraciones a aquellas situaciones que puedan provocar consecuencias importantes.

Para cada fallo identificado, deben determinarse los efectos en otros equipos o en el sistema.

Por ejemplo, una pérdida de líquido por el sello de una bomba tiene como efecto inmediato un derrame en la zona de la bomba. Si el fluido es inflamable, puede preverse un incendio que pueda afectar los equipos vecinos.

El analista puede introducir comentarios adicionales sobre los equipos afectados.

### **3.3.2.6. Resultados**

El resultado de un FMEA será una tabla de los efectos de los fallos de cada componente sobre el proceso o sistema.

Los fallos identificados que provoquen consecuencias inaceptables deberán ser corregidos hasta niveles de aceptabilidad.

Los resultados de un FMEA pueden ser utilizados como primer paso de análisis más detallados de partes especialmente críticas como el HAZOP o Árboles de Fallos.

## **3.4. Nivel de detalle**

Por la sencillez de la planta y del proceso en sí, el análisis se desarrollará a nivel de sistemas:

- Área de Preparación de la pieza (Pulimento)
- Área de Desengrase
- Área de Producción
- Área de Empaque y alistamiento

Los riesgos considerados se hacen partiendo de la estructura misma de la planta, como fuente de empleo y sustento de familias de bajos recursos, las pérdidas consideradas ante los ojos de un especialista pueden parecer marginales, pero el capital de la empresa se vería

seriamente perjudicado por el simple hecho de “un pequeño desperdicio” de materia prima, a continuación se muestra un ejemplo numérico para tener mayor claridad:

El costo de preparación del baño de níquel tiene los siguientes componentes

**Tabla No. 6 Requerimientos de Materia Prima e Insumos para la preparación de la solución del Baño de Níquel Convencional**

MATERIA PRIMA/INSUMOS	REQUERIMIENTO	COSTO UNITARIO	COSTO
Agua	1400 lts.	\$10.981.269/m <sup>3</sup> <sup>10</sup>	15373.77
Cloruro de Níquel	105 Kg	\$22800/ Kg + IVA <sup>11</sup>	2'777.040
Sulfato de Níquel	420 Kg	\$20.000/ Kg + IVA <sup>12</sup>	9'744.000
Ácido Bórico	70 Kg	\$1900/Kg + IVA <sup>13</sup>	154.280
<b><i>SUBTOTAL</i></b>			12'691.093

La preparación del baño de níquel es una actividad dispendiosa que requiere meticulosidad en cada paso (acondicionamiento del agua del baño a una temperatura aproximada de 35°C, pesaje y adición de las materias primas, disolución total de las sales por medio de agitación, ya sea neumática o mecánica). Para el cálculo del lucro cesante se estima que la duración del cese de actividades normales es de cinco horas (5 hrs.) aproximadamente, tomando como promedio diario de ingresos de la empresa quinientos mil pesos (\$500.000 mcte), se tiene:

LUCRO CESANTE	COSTO UNITARIO	COSTO
Receso en la Producción	\$62500/hr.	\$312.500
<b><i>TOTAL</i></b>		\$13'003.093

Para el ejemplo el costo de la preparación del baño de níquel asciende a \$13'003.093, lo cual equivale al 43% del capital de la empresa, cifra que resulta inconcebible como para entrar siquiera a considerar un cambio de este tipo dentro del flujo de caja de la empresa el cual es muy apretado puesto que los ingresos y egresos están muy balanceados y la prioridad establecida en los gastos no da pie para inversiones imprevistas.

<sup>10</sup> Fuente: Acuerdo 3 del 28 de enero de 2002 de la EAAB

<sup>11</sup> Fuente: PROQUIMORT

<sup>12</sup> Fuente: PROQUIMORT

<sup>13</sup> Fuente: PROQUIMORT

### 3.5. Formato de trabajo<sup>14</sup>

El tipo de formato que se utilizó para la revisión y posterior calificación de los fallos detectados en la planta y requerimientos de mejoras técnicas con ocasión de este trabajo, corresponde al siguiente:

**Tabla No. 7 Formato utilizado en la identificación y análisis de riesgos.**

No.	Debe	Descripción	Fallo	Afecta otros elementos?	Detección	Efectos	Medidas Correctoras	FP	IP	IS	IC	I) IS = 0 II) IC ≥ -1	Observaciones

Las variables que se incluyen en la evaluación se describen a continuación:

**Tabla No. 8 Definición de Términos**

<b>Frecuencia Probabilística</b>	<b>FP</b>	$FP = \frac{\text{duración del fallo} \left( \frac{\text{horas}}{\text{vez}} \right)}{\text{intervalo entre incidentes (años)} \times 8766 \left( \frac{\text{horas}}{\text{años}} \right)}$
<b>Índice de Probabilidad</b>	<b>IP</b>	$IP = \log FP$
<b>Índice de Severidad</b>	<b>IS</b>	$IS = \log S$
<b>Índice de Criticidad</b>	<b>IC</b>	$IC = \log R$

**Tabla No. 9 Calificación de fallos mediante su índice de probabilidad**

Probabilidad de Fallo		Calificación	Índice de Probabilidad IP
Orden de Magnitud	Expresión intuitiva: $\frac{\text{Duración Fallo}}{\text{Tiempo total}}$		
$1.0 \cdot (10)^{-1}$	1 mes/ año	Muy probable	-1
$1.0 \cdot (10)^{-2}$	4 días/ año	Probable	-2
$1.0 \cdot (10)^{-3}$	1 turno/ año	Medianamente probable	-3
$1.0 \cdot (10)^{-4}$	½ turno/ 5años	Improbable	-4

<sup>14</sup> Adaptado de 11: Storch de García, José María: "Manual de Seguridad Industrial en plantas químicas y petroleras: fundamentos, evaluación de riesgos y diseño" - Mc Graw Hill, 1998, Tomo 2.

$1.0*(10)^{-5}$	a hora/ 10 años	Remotamente probable	-5
$1.0*(10)^{-6}$	1 hora / 100 años	Muy improbable	-6

La frecuencia de los accidentes o eventos presentados en el diagnóstico se consultaron directamente con el dueño/operador de la empresa quien ha estado al frente desde los últimos años. Para efectos de la estimación del IP o índice de probabilidad se tomó como base de cálculo diez (10) años.

**Tabla No. 10 Calificación de fallos según su índice de severidad y asignación del mismo.**

<b>Fallo y sus Consecuencias</b>	<b>Daños Personales</b>	<b>Daños Materiales + Lucro cesante (\$)</b>	<b>Calificación</b>	<b>Índice de Severidad</b>
El componente no puede fallar, si falla es una situación segura: no puede dar lugar a situación de riesgo	No	No	Seguro	0
El componente puede fallar sin daños importantes. Es conveniente medida correctora	Algún herido Leve	< \$1'000.000	Poco seguro	1
El componente puede fallar con daños importantes. Poner los medios posibles para corregir la situación	Algún herido de Gravedad	\$1'000.001 - \$10'000.000	Inseguro	2
El componente puede fallar dando lugar a otros fallos múltiples en el proceso; puede originar daños muy importantes. Es obligado adoptar medidas correctoras	1 fatalidad o varios heridos	> \$10'000.001	Muy inseguro	3

Los daños materiales se ajustaron según el capital de la empresa considerando la gravedad que implicarían en su estabilidad económica. A los daños personales se les dio un manejo similar, se cuantificó la suma de dinero que implicaría una eventual sanción por parte de la ARP<sup>15</sup> contando con el peor escenario si fuera el caso y se comprobara negligencia por parte del empleador.

### **3.6. Definición del problema y condiciones de contorno**

Se trata de determinar previamente qué partes deberá tener en cuenta el FMEA. Los elementos mínimos para la definición del problema son:

---

<sup>15</sup> Aseguradora de Riesgos Profesionales

- ♣ Identificación de la planta y/o sistemas a analizar.

Para realizar la identificación y análisis del proceso, se hizo una división por áreas de trabajo de la siguiente manera:

- Área de Pulimento
  - Limpieza de las Piezas
  - Baño de Cobre
  - Baño de Níquel
  - Baño de Cromo
  - Área Almacenamiento
- 
- ♣ Establecer los límites físicos del sistema de análisis. Ello implica definir los límites con otros sistemas. Un buen método es dibujar estos límites en un diagrama de flujo.
  - ♣ Recoger la información necesaria para identificar tanto los equipos como su relación con el sistema o planta.

### 3.7. Resultados Tabulados

**Tabla No. 11 “Resultados del diagnóstico de fallos presentados en la Planta Cromados Técnicos S.A.”**

	No.	Debe	Descripción	Fallo	Efectos del Fallo	Medidas Correctoras	FP	IP	IS	IC	I) IS = 0 II) IC ≥ -1
AREA DE PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS	1	Extractor de polvo y partículas	Sistema portátil con turbina de extracción y Campana de extracción	Avería falta de mantenimiento	Problemas respiratorios para el operario, disminución de la capacidad visual.	Revisión y Mantenimiento Mecánico	4,56E-05	-4	1	-3	Fallo descartado
	2	Ventilación/Extracción	Ventilador empotrado a la pared para renovar el aire del recinto.	Avería falta de mantenimiento	Esfuerzo físico excesivo y efectos de tipo Ocupacional	Mantenimiento periódico con el registro correspondiente	4,56E-05	-4	1	-3	Fallo descartado
			Tubería del sistema de extracción	Taponamiento			3,42E-05	-4	1	-3	Fallo descartado
	3	Iluminación apropiada	Luminarias insuficientes para el espacio de trabajo	Insuficiente	Daño de los balastos	Disminución progresiva de la capacidad visual del operario, disminución en la calidad del acabado de las piezas.	Instalación de luminarias adecuadas. (Ver Sección 5).	3,33E-01	0	1	1
4,56E-05				-4				1	-3	Fallo descartado	
4	Máquinas pulidoras	2 Motores de 5 HP cada uno con dos "poleas" acopladas en los dos extremos	Avería falta de mantenimiento	Disminuye productividad de la empresa. Piezas/hora cromadas inferior	Mantenimiento periódico con registro correspondiente	9,13E-05	-4	2	-2	Fallo descartado	
		Eje				1,83E-04	-4	2	-2	Fallo descartado	
LIMPIEZA DE LAS PIEZAS	5	Baño desengrasante	Calentamiento mixto resistencia eléctrica/gas, tubos que calientan la cuba desde abajo a manera de fogón	Escape o fuga de gas	Disminuye productividad (Piezas/hora)	Inspección y limpieza de orificios del tubo, y uniones de la tubería mantenerlas selladas	4,56E-05	-4	2	-2	Fallo descartado
	6	Resistencias eléctricas para el calentamiento	Resistencia eléctrica	Ruptura eventual de la resistencia eléctrica	Disminución de la vida útil de la solución desengrasante y aguas residuales más contaminadas	Mantenimiento periódico con registro correspondiente	3,33E+00	1	2	3	Fallo Significativo
	7	Recolección de grasas sobrenadantes	Manualmente	Deficiente			3,33E-01	0	1	1	Fallo Significativo
	8	Máscara anti-gas	Tapabocas desechables de algodón	Inapropiados y no se usan regularmente	Exposición crónica a sustancias nocivas. Deterioro de la Salud.	Seguir sugerencia de las autoras y exigir uso permanente	3,33E-01	0	1	1	Fallo Significativo
9	Baños de limpieza	Tanques 1.0 x 2.0 x 1.5 m.	Fugas, escapes	Parada de Producción, vertimientos contaminantes	Ver Sección 5	2,02E+01	1	2	3	Fallo Significativo	
DE	10	Rectificador 1	Se encarga de recibir la energía eléctrica y convertirla en una corriente continua y positiva	Avería, descalibración.	Disminuye productividad de la empresa. Piezas/hora cromadas inferior. Alto costo	Mantenimiento frecuente	9,13E-05	-4	3	-1	Fallo menor

No.	Debe	Descripción	Fallo	Efectos del Fallo	Medidas Correctoras	FP	IP	IS	IC	I) IS = 0 II) IC ≥ -1	
11	Baño de Cobre	Tanque 1.0 x 2.0 x 1.5 m.	Fugas, escapes	Menos Piezas/hr. Terminadas. Costos Adicionales. Sanciones Autoridad Ambiental	Ver Sección 5	8,33E+00	1	2	3	Fallo Significativo	
12	Agitación en los enjuagues	Tanques 1.0 x 2.0 x 1.5 m.	No existe	Mayor cantidad de agua al rociar manualmente las piezas, Bajo desempeño de los enjuagues	Implementación a mediano plazo - Largo Plazo	3,33E-01	0	1	1	Fallo Significativo	
13	Ventilación/Extracción	No existe sistema de ventilación o extracción en el área de producción	No existe	Intoxicaciones potenciales ya sean crónicas o severas	Instalación de sistema de extracción adecuado. (Ver Sección 5).	3,65E-04	-3	4	1	Fallo Significativo	
BAÑO DE NIQUEL	14	Motor de desplazamiento - biela (ó agitación mecánica)	Motor rotativo con una biela adaptada hacen que un tubo del que se cuelga la pieza con ganchos se desplace de izquierda a derecha, así la pieza misma "Agita" el baño	Detenido, avería	Disminuye productividad de la empresa. Piezas/hora cromadas inferior	4,56E-05	-4	1	-3	Fallo descartado	
	15	Rectificador 2	Se encarga de recibir la energía eléctrica y convertirla en una corriente continua y positiva	Avería, descalibración.	Disminuye productividad de la empresa. Piezas/hora cromadas inferior. Alto costo	9,13E-05	-4	3	-1	Fallo menor	
	16	Baño de Níquel	Tanque del baño de níquel, paredes interiores recubiertas con resina anti acida	Rotura o desgaste de la resina anti-ácida	Menos Piezas/hr. Terminadas. Costos Adicionales. Sanciones Autoridad Ambiental	Ver Sección 5	1,83E-04	-4	2	-2	Fallo descartado
BAÑO DE CROMO	17	Cubas de enjuague de tamaño apropiado	El tanque usado es muy pequeño y el operario debe sostener la pieza mientras escurre.	No existe	Esfuerzo excesivo del operario durante el enjuague, menor calidad del enjuague. Arrastre de solución. Escurrido Insuficiente de piezas	3,33E-01	0	3	3	Fallo Significativo	
	18	Máscara anti-gas	Tapabocas desechables de algodón	No se usa	Exposición crónica a sustancias nocivas. Deterioro de la Salud.	Seguir sugerencia de las autoras y exigir uso permanente	3,33E-01	0	1	1	Fallo Significativo
	19	Agitación en los enjuagues	Tanques 1.0 x 2.0 x 1.5 m.	No existe	Mayor cantidad de agua al rociar manualmente las piezas, Bajo desempeño de los enjuagues	Implementación a mediano plazo - Largo Plazo	3,33E-01	0	1	1	Fallo Significativo
	20	Rectificador 3	Se encarga de recibir la energía eléctrica y convertirla en una corriente continua y positiva	Avería, descalibración.	Disminuye productividad de la empresa. Piezas/hora cromadas inferior. Alto costo	Mantenimiento frecuente	9,13E-05	-4	3	-1	Fallo menor
	21	Baño de Cromo	Tanque del baño de cromo, paredes interiores recubiertas con resina anti acida	Rotura o desgaste de la resina anti-ácida	Menos Piezas/hr. Terminadas. Costos Adicionales. Sanciones Autoridad Ambiental	Reemplazar por Tanque en Fibra de vidrio (mayor resistencia)	1,50E+01	1	1	2	Fallo Significativo

	No.	Debe	Descripción	Fallo	Efectos del Fallo	Medidas Correctoras	FP	IP	IS	IC	I) IS = 0 II) IC ≥ -1
AREA ALMACENAMIENTO	22	Zona de almacenamiento de materias primas	No existe	No existe	Exposición ocupacional, Derrames, Accidentes, desperdicios, disposición incorrecta de residuos	Implementar	3,33E-01	0	2	2	Fallo Significativo
	23	Almacenamiento seguro de materias primas en envases apropiados debidamente marcados	La materia prima se distribuye de forma desordenada creando un ambiente inseguro para el personal	No existe	Exposición ocupacional, Derrames, Accidentes, desperdicios, disposición incorrecta de residuos	Implementar	3,33E-01	0	2	2	Fallo Significativo

## 4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN/CORRECCIÓN PARA LOS FALLOS SIGNIFICATIVOS

### 4.1. Adecuación de la zona de pulimento con iluminación adecuada<sup>16</sup>

Las especificaciones principales del recinto en el cual se desarrolla la actividad de pulimento se resumen en la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla No. 12 Dimensiones del Espacio de la zona de Pulimento**

ESPECIFICACIONES DEL RECINTO	
Largo	4 m
Ancho	5 m
Alto	2.5 m
Color de las paredes	Oscuro
Mantenimiento de la iluminación	Malo

Los datos para realizar los cálculos se muestran a continuación en las tablas No. 11 y 12.

**Tabla No. 13 Información General del Recinto de Trabajo**

INFORMACIÓN SOBRE EL ESPACIO DE TRABAJO	
Forma y configuración del local	Rectangular
Tipo de tareas a realizar	Pulimento de piezas a cromar
Sistemas de climatización y calefacción	No
Tensión de alimentación de la red eléctrica	220 V CA
Características y tipo de objeto a iluminar	2 Motores

---

<sup>16</sup> Adaptado de S. García Fernández Javier, Cálculo de Instalaciones de Alumbrado. Universidad Politécnica de Cataluña, España 2006

**Tabla No. 14 Factores de mantenimiento de acuerdo a las condiciones actuales de las luminarias**

FACTOR DE MANTENIMIENTO		
BUENO	MEDIO	MALO
0.7 a 0.75	0.6 a 0.7	0.5 a 0.6
Condiciones atmosféricas buenas, buen mantenimiento	Condiciones atmosféricas menos limpias, mantenimiento con poca frecuencia	Condiciones atmosféricas bastante sucias, mantenimiento deficiente

$$Relación\ del\ espacio = \frac{Ancho * Largo}{Alto * (Ancho + Largo)} = \frac{5 * 4}{2.5 * (5 + 4)} = 0.9$$

Con el índice del local, el tipo de luminaria y el factor de reflexión de techos y paredes se determinó el factor de utilización.

- El índice del recinto se encuentra entre el de 0.9 a 1.12.
- Tipo de Luminaria: directa
- Factor de Reflexión de Techos y paredes: debido a que el color de las paredes es oscuro el factor de reflexión es de 5 – 20% para colores azules, verdes, marrones y oscuros en general.
- Factor de Utilización 0.35

Se calcula el flujo total a instalar t, es decir, el que deben aportar las luminarias.

$$t = \frac{Nivel\ de\ iluminación * Longitud * Alto}{(Factor\ de\ utilización * Factor\ de\ mantenimiento)} = \frac{490 * 4 * 5}{0.5 * 0.35} = 56000\ lux.m^2$$

Una vez calculado el flujo total t, como se conoce el flujo que aporta cada luminaria i, se puede calcular el número de luminarias.

$$N = \frac{t}{i} = \frac{56000\ lux.m^2}{4 * 3200\ lux.m^2} \cong 4\ luminarias$$

Las luminarias recomendadas para el recinto objeto de análisis son 4, en este momentos solo hay 2, por lo tanto, la instalación de 2 luminarias adicionales mejoraría las condiciones de trabajo para los operarios que realizan esta labor en toda su jornada.

## **4.2. Eliminación de aceites y grasas superficiales de las soluciones de desengrase<sup>17</sup>**

### **4.2.1. Consideraciones técnicas**

Las grasas y aceites removidos de las piezas en la solución de desengrase, forman una capa en la superficie de la solución. Esta capa de grasas y aceites es un serio contaminante de las soluciones posteriores del proceso, además de ser la fuente principal de grasa y aceites en la descarga final de aguas residuales.

Se propone la instalación de un sistema de eliminación de grasas y aceites superficiales en el baño de desengrase. Este sistema ayudará a:

- Prevenir la contaminación de las soluciones del proceso posteriores
- Extender la vida de las soluciones de limpieza
- Prevenir la adhesión de grasa en las piezas limpias cuando estas se sacan del baño de desengrase y,
- Disminuir las descargas de aceite y grasa al drenaje.

Esta remoción puede realizarse en forma manual o automática.

### **4.2.2. Sistema Manual**

Se puede usar una rastra para empujar el aceite hacia una esquina del tanque, y posteriormente colectarse y enviarse a un recipiente adecuado para su confinamiento final. El sistema manual tiene dos desventajas:

- Requiere la participación de los operadores, cuando su principal ocupación es la producción,
- El desperdicio de solución del proceso, ya que es imposible remover el aceite sin remover también solución de desengrase.

### **4.2.3. Sistema Automático**

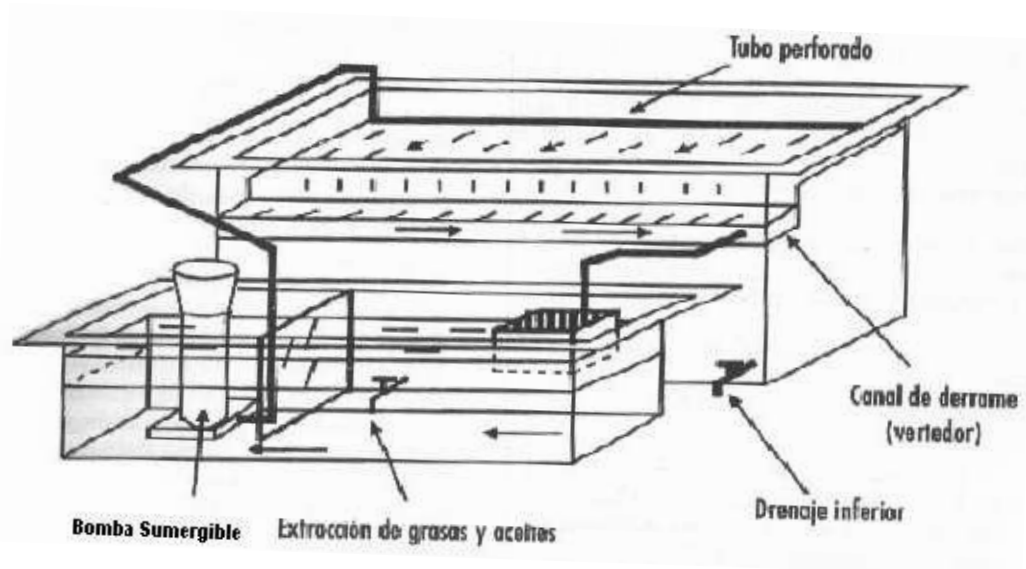
Una opción más eficaz y no demasiado compleja es modificar el tanque de desengrase para permitir la remoción del aceite de forma automática (Ver Ilustración No. 1), este sistema mueve la solución del desengrase sobre un vertedor hacia otro tanque, en el cual se separa la solución de las grasas y aceites. Las grasas y aceites se pueden drenar sencillamente a través de un tubo. Por último para completar el ciclo, una bomba regresa la solución del tanque de separación

---

<sup>17</sup> Adaptado de 6: Guía de Buenas Prácticas en el Sector de la Galvanotecnia, FUNDES, 2002

hacia el tanque de desengrase. Es recomendable instalar este sistema tanto en los desengrases por inmersión como en los electrolíticos.

### **Ilustración No. 1 Esquema simplificado de un Sistema Automático de para la eliminación de aceites y grasas en los baños de desengrase”**



#### **4.2.4. Beneficios económicos**

Aunque es difícil estimar el beneficio económico de esta opción, se puede hacer un cálculo comparando la práctica de mantenimiento de la solución con la que se considera la práctica estándar. Parte de la diferencia, se debe atribuir a la contaminación por grasas y aceites.

Generalmente se da mantenimiento a las soluciones de cobre, níquel y cromo cada 4 o 5 semanas. Durante este proceso que incluye tratamiento químico, filtración y ajustes de sustancias químicas, se puede perder más de 10% de la solución del proceso en los filtros, filtro auxiliar, fondo del tanque y transferencia entre tanques. El costo de construcción e instalación del sistema automático varía de acuerdo con las condiciones específicas de cada empresa.

### **4.3. Agitación de Enjuagues**

#### **4.3.1. Consideraciones técnicas**

En muchos casos los enjuagues son operados a temperatura ambiente, asimismo estos son estáticos y se descargan periódicamente al sistema de drenaje municipal. Este tipo de enjuague ocasiona diferencias en la homogeneidad de la limpieza de las piezas a lo largo del tiempo, ya

que con el uso diario, a medida que se va contaminando el enjuague, va disminuyendo la eficiencia de la limpieza de las piezas.

Se propone la agitación vigorosa de todos los enjuagues con aire suministrado por un soplador. La agitación mejora la eficacia del enjuague reduciendo la contaminación de las soluciones subsiguientes del proceso

Se prefiere el aire a baja presión, suministrado por un soplador para la agitación, debido a que está menos contaminado que el aire suministrado por un compresor, aun cuando se tomen precauciones para eliminar el aceite y los sólidos

#### **4.3.2. Beneficios económicos**

Si se implementa la agitación con aire de los enjuagues, se reducirá la contaminación de las soluciones del proceso subsiguiente, lo cual reducirá la necesidad de un mantenimiento frecuente y costoso. Se estima que la agitación reduce los costos de mantenimiento de las soluciones del proceso.

#### **4.4. Adecuación/mejoramiento de la superficie del suelo**

Se llama la atención respecto a las características del piso actual de la planta CROMADOS TÉCNICOS, se sugiere tener en cuenta un reemplazo o adecuación del mismo ya sea en el corto o mediano plazo. Una superficie de concreto no garantiza unas condiciones óptimas de operación en lugares donde se desarrollan actividades industriales de tráfico pesado y se manipulan sustancias químicas corrosivas. Se recomienda hacerle un tratamiento específico a la totalidad de la instalación utilizando algún recubrimiento de los numerosos que se encuentran en el mercado especialmente diseñados para estos fines, con ello se busca entre otras cosas mayor resistencia a sustancias químicas y menor probabilidad de infiltraciones y resumideros hacia el sub-suelo evitando una posible contaminación de aguas freáticas.

Es importante comprender que las diferentes áreas de una planta tienen requerimientos de servicio diferenciados y requieren de diferentes sistemas de pisos para cumplir con dichas condiciones junto con el hecho de que debido a que la higiene es un factor de enorme importancia, los sistemas de pisos deben ser totalmente monolíticos con un mínimo de juntas.

El concreto, como material tradicional de pisos no alcanza a cumplir con los nuevos criterios y incapaz de resistir las condiciones de servicio impuestas en los regímenes de procesamiento más modernos. Algunos de los problemas encontrados en los pisos de concreto “tradicionales” incluyen:

- Inhabilidad para resistir a los fuertes químicos usados en los procedimientos de limpieza o proceso.

- Baja resistencia a temperaturas superiores a 60°C dadas en los procedimientos de limpieza y en derrames accidentales.
- Deterioro de los pisos al ser esterilizados con vapor o soluciones químicas a altas temperaturas.
- Pobre resistencia a los choques térmicos.
- Poca resistencia al impacto sin provocar fracturas o delaminaciones.
- Pisos discontinuos con numerosas juntas que acumulan una gran cantidad de contaminantes.
- Capas de acabado con baja resistencia a la abrasión y a condiciones térmicas extremas.
- Dificultad para remover la grasa impregnada lo cual representa riesgos a la salud.
- Demasiados sistemas en base a solventes que son potencialmente perjudiciales.
- Pobre resistencia a los ácidos alimenticios y a los ácidos de los aditivos orgánicos.
- Muy poca tolerancia a la humedad de los substratos.
- Instalación lenta que retrasa el acceso rápido a áreas nuevas y remodeladas.

También se presenta el caso de los pisos que tienen que soportar el abuso mecánico, donde arrastran paletas con productos terminados y lógicamente hay carga y descarga

Por ello algunas compañías ofrecen una extensa gama de productos para pisos de alto desempeño (endurecedores de superficie, recubrimientos de poliuretano cementicios, toppings decorativos) que cubren los mayores retos de desempeño en pisos como se pueden ver a continuación

- ❖ **Resistencia química:** Los sistemas de pisos de alto desempeño soportan la exposición a derrames y salpicaduras de químicos agresivos, existiendo diferentes opciones para niveles de exposiciones de ácidos, álcalis y solventes.
- ❖ **Cualidades anti-derrapantes de seguridad:** La gran variedad de texturas que se encuentran en el mercado están diseñadas para lograr varios niveles de resistencia anti-derrapante para evitar accidentes causados por caídas en las instalaciones industriales.
- ❖ **Resistencia a la abrasión:** Los toppings proporcionan protección adicional contra la abrasión para áreas de alto tráfico como en plataformas de carga y en áreas con equipo pesado extendiendo la vida útil de los pisos.
- ❖ **Resistencia al impacto:** Los sistemas de piso de alto desempeño están diseñados para soportar y absorber el impacto directo y distribuir las cargas resultando en durabilidad superior especialmente si comparado a sistemas de losetas de cerámica y ladrillos antiácidos con grouts en las juntas.

También se encuentra otra clase de recubrimiento para pisos con cierta trayectoria en uso industrial, se trata de las Resinas epóxicas de dos componentes las cuales ofrecen propiedades autonivelantes, son semi-flexibles y poseen una buena resistencia química.

En el Anexo V se incluye información técnica de empresas reconocidas en este ámbito tales como BASF Chemicals, SIKA en su especialidad Sikafloor o la empresa argentina KELCOT con su producto KELCOT E-507, sin ningún compromiso por parte de las autoras.

#### 4.5. Sistema de Extracción/Ventilación en el Área de Producción

El control de las emisiones atmosféricas en la estación de trabajo de producción dada la naturaleza de las materia primas utilizadas tales como el ácido sulfúrico fumante con sus vapores extremadamente densos (3.4 veces la densidad del aire) y la temperatura a la que operan los baños electroquímicos lo que hace que haya una tasa de evaporación baja y constante es necesario para proteger la salud de los operarios y personal relacionado con la actividad que en ella se realiza. Este tipo de contaminantes ingresan al organismo primordialmente por vía nasal y aunque su afectación principal se encuentra a nivel del sistema respiratorio, pueden tener efectos sobre otros sistemas, especialmente si se está expuesto a ellos de forma prolongada por buena parte de la vida de una persona.

Esta sección está orientada a enunciar los estos criterios requeridos en el proceso de selección de un sistema de control de emisiones en el área de proceso y con base en ellos las autoras sugerirán el diseño más apropiado para el caso no obstante, la determinación de la infraestructura necesaria en cada lugar se debe realizar por profesionales especializados en el tema.

Existen algunos mecanismos válidos para el control de emisiones en atmósferas de trabajo, pero todos ellos requieren que previamente se haya evaluado por personal experto todas y cada una de las operaciones y procesos realizados en las instalaciones con el fin de identificar los riesgos presentes en cada situación específica. Por lo tanto, el primer paso para instaurar cualquier control de emisiones consiste en una identificación clara de todas las áreas de la planta, almacén o instalación química.

Este tipo de control es necesario en la mayoría, sino en todas, las instalaciones de producción. La ventilación en los puestos de trabajo se puede instalar por alguna de las siguientes razones, dependiendo el interés propio en cada lugar:

- ❖ Para obtener unas determinadas condiciones de bienestar térmico.
- ❖ Para renovar el aire del puesto de trabajo, diluyendo los posibles contaminantes ambientales en una proporción aceptable.
- ❖ Para prevenir que los contaminantes peligrosos de la atmósfera de trabajo alcancen la zona de respiración del trabajador.

Generalmente este tipo de controles requiere de la instalación de equipos adicionales como campanas de extracción, ventiladores y sopladores de aire, ductos para el traslado de aire fresco y desalojo de aire contaminado y sistemas de tratamiento de aire para evitar las emanaciones de sustancias peligrosas al medio ambiente cercano a las instalaciones.

Existen tres variantes de este tipo de control dependiendo del objetivo o grado de magnitud del riesgo implicado:

- \* Ventilación natural.
- \* Ventilación general de dilución.

- ✦ Ventilación de extracción.

Para el objeto de este estudio el sistema indicado y más efectivo es el numero tres y será el que se pondrá en consideración.

#### **4.5.1. Ventilación de extracción**

Con ratas de emisión constantes de contaminantes tales como las que se presentan en Cromados Técnicos S.A., no resulta práctico confiar en la técnica de dilución y es necesario disponer de una ventilación de evacuación muy próxima al foco del contaminante o de dispositivos de aire muy próximos a los ocupantes. El objetivo de la ventilación de extracción es evitar la dispersión de los agentes contaminantes en el área de trabajo. Este tipo de control se denomina también ventilación local, y a diferencia de la ventilación general no requiere desplazar grandes cantidades de aire para tener efectos similares.

La extracción local pretende para el caso de los baños electroquímicos, eliminar los contaminantes in-situ. Si se instala adicionalmente una vía de ventilación de extracción lo suficientemente cerca de la fuente generadora, las velocidades que se inducen pueden exceder a la velocidad de dispersión en el foco y todo el contaminante se evacua antes que pueda ser dispersado.

El sistema de evacuación por extracción consistiría de una serie de campanas distribuidas en puntos clave de los procesos en donde se generan partículas, gases y vapores, tal como la línea de producción (baño de cobre cianurazo y almacenamiento de materia prima). Estas campanas estarían conectadas por ductos a un ventilador o sistema de ventilación central que luego dirige el aire contaminado a una estación de tratamiento de aire, esta estación es necesaria para evitar la contaminación de la atmósfera externa a la instalación.

Cuando esta operación se combina con un sistema de aislamiento adecuado de la operación donde se pretende controlar la generación de emisiones, resulta una medida muy eficaz para prevenir el escape de sustancias peligrosas a la zona de respiración de los operarios. Un proceso bien aislado requiere del régimen de flujo más bajo y por consiguiente de menor energía para la operación de los sistemas extractores en ese lugar. Al aumentarse las fugas de los recintos la eficiencia del sistema disminuye. Los recintos deben ser por tanto de construcción sólida, las puertas de acceso deben diseñarse para un cerrado fácil y eficaz. Los elementos del equipo que requieran atención regular se deben ubicar fuera de la zona de extracción para reducir al mínimo la necesidad de abrir las puertas de acceso.

Este tipo de ventilación es adecuado para procesos con fuentes de contaminación muy definida como por ejemplo procesos mecánicos puntuales. No es muy útil en procesos manuales que impliquen desplazamiento por la variedad de puntos alternos de generación de emisiones.

Los detalles del diseño del sistema de extracción propuesto para la planta de Cromados Técnicos se incluyen el en Anexo 8.4.

#### 4.6. Almacenamiento de Materia Prima

La materia prima almacenada debe clasificarse según la naturaleza de las sustancias y debe obedecer ciertos parámetros, por lo tanto no se debe tomar a la ligera, se deben establecer como mínimo las reactividades de cada sustancia para hacerlo, tales como inflamabilidad, corrosividad, sensibilidad ante el agua y toxicidad. Las categorías que se muestran a continuación son las principales:

- Inflamables o combustibles
- Oxidantes
- Corrosivos
  - Ácidos
  - Bases
- Reactivos
- Tóxicos
- Levemente peligrosos

Esta labor se ha facilitado un poco puesto que ahora todos los proveedores deben entregar la hoja de seguridad (MSDS<sup>18</sup>) correspondiente a la materia prima, allí está consignada la información detallada (aunque no en todos los casos) sobre toxicidad, niveles de exposición, propiedades fisicoquímicas y procedimientos útiles de manejo en general.

##### 4.6.1. Estado actual

Actualmente, la materia prima que se utiliza primordialmente en la planta, tiene una disposición aleatoria que depende de la época del año y demanda de producción, tipo de envase (galones de 20 lts, bultos de 25 Kg. o 50 Kg.), estado de agregación y frecuencia de uso. Los operarios se desplazan cargando a pulso los materiales lo que puede acarrear alguna de dos situaciones, intoxicación del operario (por vía dérmica principalmente), vertimiento del material y disposición inadecuada (con la lógica consecuencia económica) del residuo inservible y contaminado.

Cabe anotar, que en caso de un evento mayor como un incendio, el control y contención de la propagación del fuego evitando que se alcance un único sitio particular sería más sencillo que tratar de ubicar todos y cada uno de los puntos en los que se encuentran ubicadas las sustancias a lo largo y ancho de la planta.

---

<sup>18</sup> Sigla de Material Safety Data Sheet

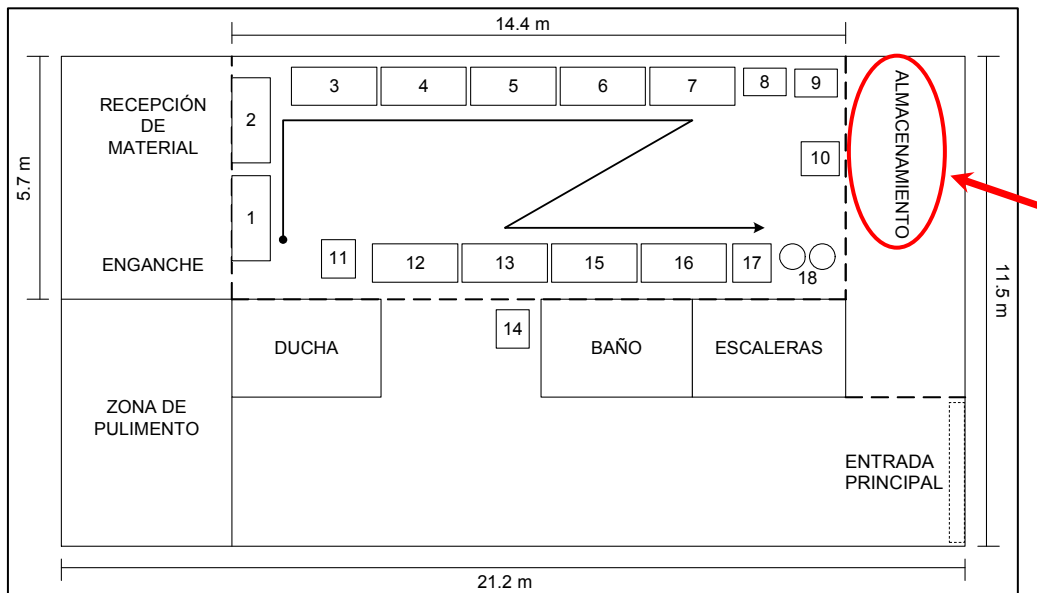
#### 4.6.2. Ubicación estratégica dentro de las Instalaciones

El lugar más indicado para el almacenamiento de la materia prima es el que se ubica en el primer piso de la planta, en la parte frontal a los tanques de recubrimiento al lado derecho de la entrada principal, lugar en el que actualmente se deposita material ajeno a las actividades de trabajo y producción, éste puede reubicarse y el área se aprovecharía con un objeto verdaderamente útil.

La cercanía con la zona de producción de recubrimientos lo hace ideal puesto que la persona que requiera utilizar materia prima tendrá que desplazarse solo unos pocos metros si se desea utilizar alguna de las sustancias allí ubicadas.

También es ventajoso si se piensa en facilitar el procedimiento a la hora de la entrega por parte del proveedor de la materia prima y del respectivo recibo en la puerta principal de la planta, la proximidad que tendría el área de almacenamiento con esta vía de acceso y zona principal de recepción hace más cómoda trasladar los sacos y garrafas (en su mayoría de 25 Kg.) y ponerlos en su puesto adjudicado según sea el caso.

#### Ilustración No. 2 Diagrama general de la Planta de Cromados Técnicos y ubicación sugerida de almacenamiento de materia prima



Por sus características e importancia industrial y comercial se dedicará un apartado completo al manejo seguro del ácido sulfúrico con miras a crear en el personal operativo una conciencia preventiva en las buenas practicas diarias y dado el caso infortunado de un accidente o emergencia suministrar ciertas herramientas y armas conceptuales útiles que sirvan para indicarles el procedimiento indicado para aplicar. (Ver Anexo III).

#### 4.6.2.1. Distribución y organización del material teniendo en cuenta las compatibilidades químicas

El almacenamiento de la materia prima debe planearse teniendo en cuenta ciertos parámetros técnicos (principalmente el de la compatibilidad química y la estabilidad o reactividad a condiciones normales) con el fin de prevenir el convertir un accidente menor en una eventualidad de mayores dimensiones como es el caso común de sustancias que entran en contacto por estar incorrectamente dispuestas y lo suficientemente cerca como para desencadenar reacciones violentas y casi incontrolables.

Para tal fin se le asignó la clasificación de toxicidad y reactividad a cada una de las materias primas y el embalaje en el que llegan a la planta para de este modo plantear el almacenamiento más apropiado. Se presenta también esquematizadas las reacciones que se generarían en caso de un almacenamiento improvisado en el que no se tenga en cuenta los lineamientos enunciados.

**Tabla No. 15 Clasificación según el Protocolo de Kyoto de las materias Primas utilizadas en Cromados Técnicos y detalle del embalaje**

CLASIFICACIÓN POR REACTIVIDAD		MATERIA PRIMA	ESTADO DE AGREGACIÓN	CANTIDAD ENVASADA
Clase 5	Sustancias comburentes y oxidantes fuertes.	Ácido Crómico	Sólido (97-99% de pureza)	25 Kg
Clase 6	Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas	Cianuro de Sodio	Sólido (95% de pureza)	25 Kg
		Cianuro de Cobre	Sólido (95% de pureza)	25 Kg
		Cloruro de Níquel	Sólido (95% de pureza)	25 Kg
		Sulfato de Níquel	Sólido (95-98% de pureza)	50 Kg
Clase 8	Sustancias corrosivas	Ácido Sulfúrico	Líquido (60% de concentración)	60 lts.
		Soda cáustica	Sólido (97.5% de pureza)	25 Kg.

Tabla No. 16 Reacciones más probables en caso de contacto de sustancias no afines químicamente<sup>19</sup>

REACCIONES DE INCOMPATIBILIDAD						LEYENDA		
						Cód.	CONSECUENCIA	
1	ACIDOS MINERALES OXIDANTES	1				H	GENERACIÓN DE CALOR	
2	CAUSTICOS	H	2			GT	GENERACION DE GAS TOXICO	
3	CIANUROS	GT GF		3		GF	GENERACIÓN DE GAS INFLAMABLE	
4	COMPUESTOS METÁLICOS INORGÁNICOS	S	S		4	S	DISOLUCIÓN DE SUSTANCIAS TOXICAS	
5	AGENTES QUIMICOS OXIDANTES FUERTES	H F GT		H E GT		E	EXPLOSIÓN	
		1	2	3	4	5	F	FUEGO

Siguiendo las directrices de incompatibilidad de la tabla anterior, se establece el almacenamiento disgregado así:

Tabla No. 17 Almacenamiento correcto de Materias Primas

GRUPO	MATERIA PRIMA	GRUPO POR AFINIDAD
1	Cianuro de Sodio Cianuro de Cobre	CIANUROS
	Sulfato de Níquel Cloruro de Níquel	COMPUESTOS METÁLICOS INORGÁNICOS
2	Ácido Crómico	AGENTES QUIMICOS OXIDANTES FUERTES
	Ácido Sulfúrico	ACIDOS MINERALES OXIDANTES
3	Soda Cáustica	CAUSTICOS

<sup>19</sup> Adaptado de: 3. De Fex Rafael. Protección en Plantas Químicas, Consejo Colombiano de Seguridad, Bogotá 1990.



#### **4.7. Evaluación y Diagnóstico de las competencias y conocimiento del personal de la empresa sobre el procedimiento y manejo en caso de accidentes**

Pensando en el óptimo aprovechamiento de la capacitación que desarrollará sobre el plan de contingencia, es necesario evaluar el conocimiento actual que posee el personal de la empresa sobre las posibles respuestas a las emergencias. Esto permitirá definir las prioridades en los temas de la capacitación y el énfasis individual que será necesario por persona.

Para hacer este diagnóstico se diseñó una prueba que cubriera algunos de los riesgos significativos o notables (según análisis de riesgos, sección 4.4), que permita hacer un sondeo del conocimiento general de respuesta a las emergencias, sin contemplar con detalle todas las que se pueden presentar, ya que el nivel educativo de los operarios es bajo y dado que no se han tratado estos temas con anterioridad, se estima que el resultado no será satisfactorio.

Se escogió hacer la prueba de manera escrita ya que le da la oportunidad de responder sin presiones y disminuye el tiempo invertido en su diligenciamiento, que interferiría con la producción normal diaria. Sin embargo, en caso de que el resultado no se pudiera interpretar claramente, queda el recurso de la prueba oral.

Contemplando estas razones, la prueba se construyó utilizando lenguaje entendible para el operario, por lo que no se incluyen términos técnicos que se podrían prestar para confusiones y dificultad innecesaria en la resolución de la prueba.

También existe la posibilidad de conocer la posible reacción de los operarios ante las situaciones peligrosas mediante un simulacro, pero exigiría mucho tiempo y recursos de parte de los organizadores y de los operarios, por lo que se restringe su factibilidad a algunos casos como la ruptura de un saco con sustancias químicas o el derrame de una cantidad significativa (mayor que 20 lts.) de solución de baño de cobre.

Se citó el día sábado, 23 de septiembre de 2006 al personal de la planta (8 personas en total) al inicio de la jornada de trabajo a responder la prueba en las instalaciones administrativas del segundo piso de la empresa, haciendo claridad en que no habría ningún tipo de calificación negativa para quien no conociera las respuestas y explicando claramente el objetivo que se persigue.

##### **Asistentes:**

- Gerente de la planta
- Jefe de planta
- Operario Área de Recepción
- Operarios Área de Pulimento (2 personas)
- Operario Área de Desengrase
- Operario Procesos de Recubrimiento

- Operario Área de Empacado y Despacho

Se leyó la prueba en voz alta, se verificó que los operarios manifestaran haber entendido cada pregunta y se dieron 30 minutos para que se diera respuesta a ellas. El listado de preguntas que conformaron la prueba es el siguiente:

**Tabla No. 18 Formato Empleado para realizar la evaluación de conocimientos.**

<b>CUESTIONARIO BÁSICO DE CONOCIMIENTOS DE REACCIÓN EN CASO DE ACCIDENTES CROMADOS TÉCNICOS S.A.</b>		
<b>Autoras:</b> <b>Ing. Sandra Dilia Mahecha Tafur</b> <b>Ing. Andrea del Pilar Gómez H.</b>		<i>Si no conoce la respuesta marque con una X en la tercera columna</i>
<b>PREGUNTAS</b>	<b>SÍ SABE / DESCRIPCIÓN</b>	<b>NO SABE</b>
Cómo se debe almacenar la materia prima?		
Si el tanque del baño de cobre tiene alguna fuga, qué se hace?		
Si se rompe el saco de cianuro de sodio, como se recoge lo que se regó?		
Qué pasa si el cromador no usa máscara?		
Cómo sabe si un operario se ha intoxicado con alguna de las sustancias que se utilizan?		
En caso de que un compañero esté intoxicado qué haría?		
Qué hacer en caso de una quemadura con ácido?		

Para la calificación de la prueba se hizo una escala de posibles respuestas, con tres categorías: Buena Regular y Mala. La respuesta mala es la que entrega información errada o nula (NO SABE); la respuesta Regular es aquella que indica un conocimiento básico y empírico que

necesita ampliarse o aclararse y la respuesta buena es la que indica el procedimiento apropiado de respuesta a cada situación.

**Tabla No. 19 Respuestas registradas por el personal operario en la jornada de capacitación.**

<b>PREGUNTAS</b>	<b>Gerente de planta</b>	<b>Jefe de planta</b>	<b>Op. Área Recepción</b>	<b>Op. Área Pulimento</b>	<b>Op. Área Desengrase</b>	<b>Op. Baños Recub.</b>	<b>Op. Área Empacado</b>
¿Cómo se debe almacenar la materia prima?	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>
¿Si el tanque del baño de cobre tiene alguna fuga, qué se hace?	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
¿Si se rompe el cianuro de sodio, qué haría?	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>
¿Qué pasa si el cromador no usa máscara?	<b>Mala</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>
¿Cómo sabe si un operario se ha intoxicado con alguna de las sustancias que ustedes	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>
¿En caso de que un compañero esté intoxicado qué haría?	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Mala</b>
¿Qué hacer en caso de una quemadura con ácido?	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>

Dado que no se había tratado con anterioridad el tema de las emergencias en la planta, no se esperaba que la prueba arrojara resultados tranquilizadores acerca del conocimiento del operario sobre los procedimientos adecuados de respuesta, por lo que la prueba se limitó a consultar los riesgos más probables y los más peligrosos que se presentan en la planta.

#### **4.7.1. Resumen de Respuestas y diagnóstico del estado de conocimiento**

Las repuestas obtenidas fueron diversas, en la mayoría de los casos se trata de conocimiento “popular” o que se maneja al interior de las familias de bajo recurso o producto del sentido común de cada quién.

Por la diversidad mencionada anteriormente se hizo una “estandarización” de éstas para tratar de hacer más sistemático y breve el análisis, dando como resultado un nivel muy bajo en el conocimiento técnico realmente acertado y la capacidad de respuesta asociado con éste.

#### **4.8. Plan de contingencia y su Puesta en práctica<sup>20</sup>**

El plan de contingencia es un documento organizado, planeado, y coordinado que se ejecutará en caso de fuego, explosión, o de un derrame de sustancias contaminantes que podrían amenazar la salud humana o el ambiente. El plan no necesita abordar todos los derrames de todos los productos pero sí debe contemplar aquellos más peligrosos. El plan de contingencia se destina exclusivamente para cada caso aunque la persona que esté a cargo considere que la emergencia no cruzará más allá de los límites preestablecidos. El plan de contingencia se diseña para manejar las amenazas a las que se expone el personal de la empresa, incluso a la población externa a ésta que puede resultar afectada.

Adicionalmente, el plan debe trazar estrategias generales para atender acontecimientos repentinos y progresivos. Tales estrategias implican las metodologías con una serie de pasos que se tomarán como respuesta a un incidente y deben contemplar la posibilidad de decidir si se llegara a requerir ayuda del exterior y las circunstancias bajo las cuales la evacuación de las instalaciones es necesaria. Los siguientes criterios siguientes se deben utilizar en el plan de contingencia:

El plan de contingencia debe ser puesto en ejecución si un incidente posible o real podría amenazar el ambiente o la salud humana.

Para el caso se tendrá en cuenta las medidas de acción para el situaciones de derrames ya sean de solución de los baños de cobre, níquel o cromo preparados o de la materia prima tal y como se almacena en la planta.

##### **a. Derrames**

Un derrame podría dar lugar a:

- ❖ La liberación de líquidos o vapores inflamables facilitadotes de explosiones en presencia de gases peligros.
- ❖ Ser la causa de emisión de humos o líquidos tóxicos.
- ❖ Puede ser contenido en sitio pero posee un alto potencial de contaminación del agua subterránea.
- ❖ No se puede contener in-situ ocasionando contaminación del suelo circundante o/y de las aguas superficiales.

---

<sup>20</sup> Adaptado de 7: HAZARDOUS WASTE CONTINGENCY PLANS. Indiana Department of Enviromental Management, Office of Land Quality.

#### **4.8.1. Coordinador de emergencias**

La empresa debe seleccionar por lo menos a un (1) empleado preferiblemente de tiempo completo y que este presente normalmente durante los períodos operacionales o que esté disponible para responder a una emergencia atendiendo a un llamado en un corto período de tiempo. Este empleado será el coordinador de la emergencia. Será el responsable de coordinar todas las medidas de la respuesta de la emergencia, y de estar al tanto de:

- ❖ Todas las operaciones y actividades en la empresa
- ❖ La localización y las características de la basura dirigieron;
- ❖ La localización de todos los documentos dentro de la empresa
- ❖ La disposición física de la empresa.

El coordinador seleccionado debe tener la autoridad para disponer de dinero y para reclutar a los empleados necesarios para poner el plan de contingencia en ejecución.

El dueño/operador debe también seleccionar en caso de que sea factible coordinadores opcionales de emergencia en caso de que el coordinador designado no esté disponible.

#### **4.8.2. Procedimientos de respuesta ante derrames**

El nivel apropiado de respuesta ante un incidente en particular es en gran parte una cuestión de juicio profesional. Sin embargo, todas las opciones de métodos de respuesta que se podrían emplear en situaciones potenciales se puede anticipar y en efecto los procedimientos deben ser modelados. El nivel del detalle apropiado para estos procedimientos de respuesta depende de un número de factores incluyendo:

- El tipo de desecho manejado.
- El efecto inmediato del incidente sobre la salud y la seguridad del personal.
- El peligro potencial hacia el ambiente exterior.

El plan de contingencia debe contener los siguientes procedimientos de emergencia que se deberán emprender:

- ❖ Inmediatamente después del descubrimiento de la emergencia.
- ❖ Durante fase del control de la emergencia.
- ❖ Inmediatamente después del logro del control.

#### **4.8.2.1. Inmediatamente después del descubrimiento de una emergencia inminente**

El primer deber del coordinador de la emergencia es advertir al personal de la empresa, puesto que éste es el grupo más expuesto al peligro.

En segundo lugar, debe llamar a los organismos locales de respuesta en caso de que su ayuda sea necesaria para que se pongan al frente a la emergencia. En caso de un derrame, un incendio, o de una explosión, el coordinador debe identificar el carácter, fuente exacta, cantidad, y el grado de vertimiento de cualquier material.

La identificación del material vertido se puede obtener con observación, revisión de declaraciones de los presentes, y en caso de necesidad, por análisis químico, aunque la respuesta no debe depender y retrasarse por razón del análisis. Si la emergencia amenaza el ambiente circundante, la salud humana de la población de los alrededores por fuera de la empresa, el coordinador debe notificar inmediatamente a las autoridades locales apropiadas.

#### **4.8.2.2. Durante la fase de control de la emergencia**

El coordinador de la emergencia debe tomar todas las medidas necesarias para asegurarse de que no ocurran explosiones a consecuencia o por derrames adicionales. Estos pasos incluyen, donde sea aplicable, la parada de producción. El coordinador debe monitorear escapes o fugas, aumentos súbitos de presión, generación de gas, o rupturas en válvulas, tuberías, u otros equipos, en fin, dondequiera que sea apropiado. Los detalles relacionados con el equipo de emergencia que se utilizará y la obligatoriedad en el uso del equipo de protección del personal se deben informar al personal de la empresa.

#### **4.8.2.3. Inmediatamente después de la emergencia**

El coordinador debe darle el tratamiento y la disposición adecuados a los residuos recuperados, al suelo o al agua superficial contaminada, o cualquier otro material que lo requiera. El coordinador debe asegurar en las áreas afectadas de la empresa que el material recuperado se manejará como desecho peligroso a menos que haya sido analizado y se haya determinado su no peligrosidad. Ningún residuo se podrá desechar hasta no haber sido tratado, almacenado, o dispuesto correctamente. Todo el equipo empleado en la emergencia se debe limpiar y los ajustes o cambios que haya sufrido para su uso antes de las operaciones se acomodarán (o reseteará como se conoce comúnmente).

#### **4.8.2.4. Equipo de emergencia**

El equipo de emergencia variará según las necesidades de la empresa, pero debe incluir básicamente los siguientes componentes:

- ❖ Un sistema interno de comunicación (parlantes o altavoces) capaz de proporcionar instrucciones sobre la emergencia.
- ❖ Un dispositivo con alcance suficiente para solicitar ayuda externa (teléfono o radio-teléfono).
- ❖ Extintores, equipos portátiles de extinción de incendios, equipo para el control-contención del derrame y equipo de descontaminación.

La distribución de estos elementos dentro de la planta, debe permitir la identificación de cualesquiera de los equipos necesarios y de su efectiva y fácil localización. Se sugiere incluir un diagrama con las localizaciones de los equipos y elementos relacionados.

#### **4.8.2.5. Plan de evacuación**

El plan de contingencia debe incluir un plan de evacuación para el personal de la empresa en caso de que esta opción se considere inminente. En aquellos casos en que esta posibilidad no sea necesaria, este elemento del plan se puede omitir. Situaciones que ameritan una evacuación parcial o completa de las instalaciones:

- ❖ Explosiones con proyecciones de fragmentos de envases y desechos peligrosos.
- ❖ Derrames o reacciones químicas con humos tóxicos.
- ❖ Incendio que no puede contenerse y que se esparce a otras zonas de la planta, o cuando las llamas pueden generar humos tóxicos.
- ❖ Todos los incidentes donde no está disponible el equipo protector necesario para la respuesta de la emergencia personal.

El plan de evacuación debe asegurar el desalojo seguro del personal hacia el exterior, debe tener una señal particular y única que sirva para reconocer el momento en que se inicia la evacuación, las rutas de evacuación, y las rutas alternas de evacuación (en caso de que las rutas principales de salida sean bloqueadas por material destrozado o por el mismo incendio).

#### **4.8.2.6. Informes requeridos**

Pasados quince (15) días después del incidente que requirió la puesta en práctica del plan de contingencia, el dueño o el operador debe someter un informe escrito sobre el incidente a la autoridad ambiental competente (en este caso la DAMA o la Secretaría del Medio Ambiente), que debe incluir:

Nombre, dirección, y número de teléfono del dueño/operador.

- ❖ Nombre, dirección, y número de teléfono de la empresa.
- ❖ Fecha y tipo de incidente.
- ❖ El nombre y la cantidad de materiales implicados.
- ❖ Un análisis del daño al ambiente por contaminación real o potencial y el daño a las personas involucradas.
- ❖ Cantidad estimada y disposición del material recuperado que se recuperó del incidente.

#### **4.8.2.7. Enmienda del plan de contingencia**

El plan de contingencia debe repasarse, y ser renovado inmediatamente, siempre se debe aplicar: las regulaciones vigentes; el plan de fallos en una emergencia; los cambios en la planta, ya sea en su diseño, construcción, operación, mantenimiento, u otras circunstancias que de una manera u otra pudieran aumentar potencialmente la incidencia de incendios y explosiones; la lista de cambios de los coordinadores de la emergencia; o la lista de cambios en el equipo de emergencia.

#### **4.8.3. Implementación del Plan de Contingencia**

El coordinador de la emergencia tendrá total autonomía de tomar decisiones sobre la gravedad y extensión de la emergencia.

La implementación del plan no se limitará a los incidentes relacionados con las unidades reguladas, sino que incluirá todos los riesgos de generación de vertimientos y puntos de acumulación en cualquier punto de la planta. Dependiendo del grado de seriedad, las siguientes emergencias son potenciales merecedoras para ejecutar el plan de contingencia:

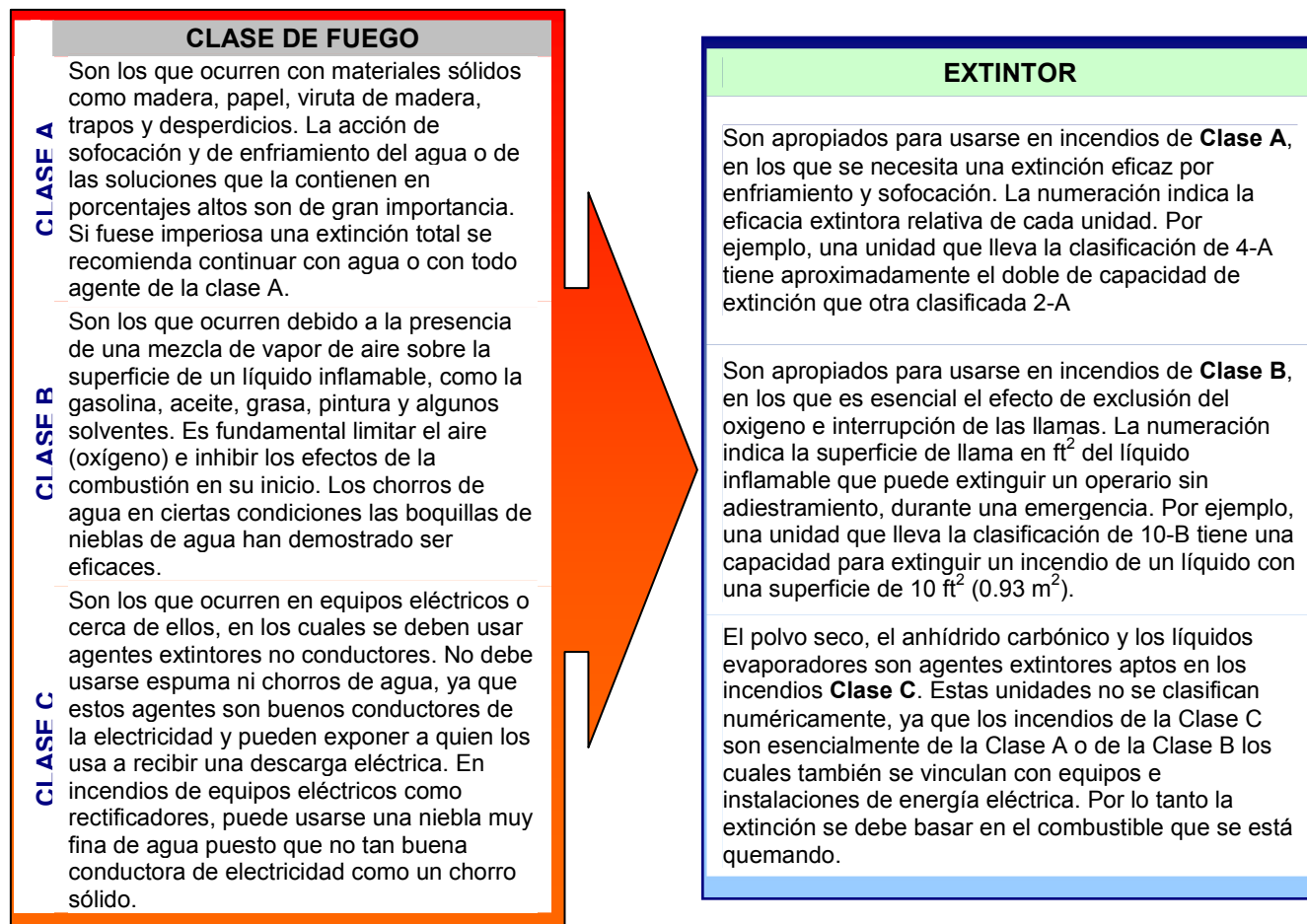
##### ❖ Derrames

Un derrame de cualquiera de las sustancias almacenadas en su estado “puro” o aquellas soluciones contenidas en los tanques y que difícilmente podrán ser recuperados en su totalidad ocasionando contaminación del suelo y alterando peligrosamente la carga de vertimientos de la planta.

##### ❖ Incendios

La combustión de sustancias químicas peligrosas puede generar la liberación de humos tóxicos. Si el fuego se esparce podría quemar material de otras locaciones y causar explosiones auto inducidas. Para estos casos no es recomendable y es lo que se tiende siempre a hacer usar agua, puesto que algunas de estas sustancias reaccionan violentamente con el agua empeorando de esta manera la situación. Para ello debe tenerse en cuenta las clases de fuego y extintores indicados para cada uno.

## Ilustración No. 5 Clasificación de los incendios según su fuente de combustión y de los extintores indicados



### 4.8.4. Procedimiento de Respuesta para Derrames, Incendios y Explosiones

#### 4.8.4.1. Inmediato a la emergencia

El empleado que descubra un derrame, un incendio o el peligro inminente de explosión que puedan involucrar sustancias peligrosas y que no se sienta capaz de controlarlo con el equipo y materiales disponibles debe llamar de inmediato al coordinador de emergencias. Éste inmediatamente responderá al llamado y asistirá la situación. Si la situación se puede controlar sin evacuar la planta, los miembros del comité de emergencia se alistaran para responder ante el incidente. Si el coordinador decide que se requiere de la evacuación del personal, activará inmediatamente la alarma interna.

Todos los empleados luego de alertados deben cerrar sus puestos de trabajo (como si se tratara de la finalización de una jornada de trabajo), apagar equipos y dispositivos en los casos que aplique y dirigirse al punto de encuentro para recibir instrucciones adicionales.

El coordinador se encargará de la situación identificando el carácter, la fuente exacta, la cantidad y extensión de cualquier sustancia liberada o vertida. También dirigirá cualquier tratamiento posible para los que llegaran a resultar lesionados.

Si se han causado daños considerables o lesionados de gravedad el coordinador deberá ponerse en contacto con los siguientes organismos de socorro:

Suministrando la siguiente información:

- Nombre y teléfono de la persona que se reporta
- Nombre y dirección empresa
- Hora y tipo de incidente
- Identificación y cantidad de materiales involucrados.
- Las afectaciones ambientales probables y lesiones humanas hacia el exterior de la empresa.

Alguno de los miembros del comité de emergencias se encargará de llamar a lista a todos los empleados en el sitio de encuentro luego de la congregación, para verificar si alguien falta en ese momento.

#### **4.8.4.2. Durante la fase de control de la emergencia**

El coordinador tomará las medidas necesarias para contener la amenaza dentro de las instalaciones de la planta, y prevenir que se extienda a otras instalaciones vecinas apoyándose en el comité de emergencia y el personal de los organismos contactados.

El personal del grupo de atención de emergencia debe disponer según el grado del incidente con el siguiente equipo:

- ❖ Equipo de Respiración autónomo
- ❖ Botas de Seguridad
- ❖ Gafas de Seguridad y
- ❖ Guantes

Los derrames tendrán un manejo particular de acuerdo a la sustancia que se esté manipulando.

**Tabla No. 20 Procedimiento en caso de derrame de las materias primas según naturaleza.**

CLASIFICACIÓN POR REACTIVIDAD DE LA MATERIA		PROCEDIMIENTO
Sustancias comburentes y oxidantes fuertes.	Ácido Crómico	NO verterlo al alcantarillado. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO absorber en aserrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).
Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas	Cianuro de Sodio	Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, precintable y etiquetado, neutralizar cuidadosamente el residuo con agua que contenga alguna sustancia alcalina tal como, el hipoclorito de sodio o peróxido de hidrógeno, eliminarlo a continuación con agua abundante. Los derrames de cianuro deben limpiarse inmediatamente. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).
	Cloruro de Níquel	En caso de derrames, evacue y ventile el área, evite la dispersión del polvo, barra y recoja luego de ello lave con abundante agua (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).
	Sulfato de Níquel	Recoger con aspirador el material derramado, barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).
Sustancias corrosivas	Ácido Sulfúrico	Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, NO absorber en aserrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).
	Soda cáustica	Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente adecuado, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).

Si se trata de un vertimiento directo desde los tanques de proceso, el procedimiento variará según el baño del que se esté hablando y la cantidad vertida.

#### **4.8.4.3. Seguimiento de la Etapa de control**

Después de la contención y del control de la emergencia, el coordinador junto con el equipo de emergencia, organizará la recolección, tratamiento, y disposición apropiada de residuos, del suelo contaminado, el agua, u otros materiales del equipo de emergencia o del personal de apoyo externo.

El coordinador se asegurará de que todo el equipo se restaure a su estado operacional completo por el comité de emergencia.

El coordinador investigará la causa de la emergencia y tomará medidas para prevenir una repetición de tal o de incidentes similares.

El coordinador de la emergencia se cerciorará de que las etapas de limpieza y restauración hayan progresado por lo menos al punto de no comprometer la salud y la seguridad de los empleados, y que se haya notificado a las autoridades locales antes de permitir la reanudación de las operaciones

#### **4.8.5. Equipo de emergencia**

##### **4.8.5.1. Sistema interno de comunicación/alarma**

El edificio principal de la planta se equipará de diez (9) interruptores montados en la pared atados a un sistema de alarma de campana eléctrica. Estarán situados en el área de producción, adyacente a cada estación de trabajo, (recibo de piezas, pulimento, limpieza, cobreado, cromado, empackado y despacho, oficina administrativa, segundo piso) y una en el almacén de materia prima. Los interruptores serán rojos y claramente marcados para la identificación rápida.

##### **❖ Procedimientos de respuesta de emergencia - Derrames de los tanques**

1. Determinar la fuente del derrame y detener todos los flujos que lleguen al tanque.
2. Identificar el material de desecho derramado y determinar los peligros implicados en términos de potencial de incendio, liberación de gases peligrosos, corrosión, explosiones, y contaminación del agua.
3. Evacuar a todo el personal en peligro. En caso de liberación de gases tóxicos o inflamables, determinar si la evacuación del sitio es recomendable. Alejar las basuras o desechos próximos con las cuales puede ser incompatible el material derramado.

4. Todo el personal de respuesta de derrames debe usar el equipo protector, incluyendo respiradores y/o SCBA<sup>21</sup>, y debe permanecer el sitio bien ventilado hasta donde sea posible.
5. Contener el derrame en la menor área posible. Los ejemplos del equipo disponibles para la contención del derrame son palas absorbentes y a prueba de chispa.
6. Después de que se contenga el derrame, tratar el derrame con los agentes que neutralizan para disminuir el riesgo de incendio, de corrosión, de explosión, o de otros peligros. Aplicar materiales absorbentes no-reactivos
7. descontamine el Área afectada por el derrame retirando los materiales derramados el material absorbente y el suelo contaminado.
8. Limpie, restaure, o sustituya el equipo de respuesta del derrame y volverlo a su sitio original

#### **4.8.5.2. Sistema Externo de Comunicación**

Los teléfonos de contacto con los organismos de apoyo externos estarán situados en varios sitios estratégicos en toda la planta, (recibo, pulimento, recubrimiento, despacho, almacenamiento y administración).

Los números de teléfono del coordinador de emergencia, del cuerpo de bomberos de la defensa civil, y del departamento de policía metropolitana se publicarán en un sitio a la vista de todos.

#### **4.8.5.3. Equipo de extinción de incendios**

Para proporcionar respuesta rápida a los incendios, los extintores manuales montados en la pared, estarán situados centralmente en cada una de las ocho (8) áreas dentro de la planta. Si el peligro es por fuego primario (A) de líquidos inflamables, se utilizarán los extinguidores de dióxido de carbono. El sistema de regadera automático funciona a través de la planta principal. El sistema de regadera es del tipo de espuma-agua.

**Capacidad:** Respuesta a incendios pequeños.

---

<sup>21</sup> Sigla de “Self Contained Breathing Apparatus”.

#### **4.8.5.4. Equipo de control de derrames**

Cada área de funcionamiento dentro de la planta se equipará con materiales absorbentes para derrames (en los casos que se puedan utilizar según la tabla XXXXX) de palas, y habrá una ducha de ojos de emergencia para lavarse en caso de contaminación personal.

**Capacidades:** Respuesta, contención, y limpieza de derrames en las instalaciones.

#### **4.8.5.5. Equipo de protección personal**

Se deberá contar con un inventario suficiente de overoles, botas de seguridad y guantes para los miembros del comité de emergencia. También, se asignará a cada miembro del comité de emergencia una máscara anti- gas con cartuchos apropiados.

**Capacidades:** proveer a los miembros del equipo de emergencia la protección para responder ante derrames.

#### **4.8.5.6. Primeros auxilios**

Las oficinas administrativas tienen un kit completo de primeros auxilios.

**Capacidades:** Para proporcionar los primeros auxilios para lesiones de menor importancia que ocurren durante situaciones normales o durante emergencias.

#### **4.8.5.7. Paquetes de aire Scout**

Los aparatos de respiración autónoma (SCBA) estarán situados en el área del tratamiento de aguas residuales (segundo piso) o en las oficinas administrativas. Los SCBAs deben ser utilizados solamente por personal entrenado en emergencias.

**Capacidades:** Para el uso de los miembros del equipo de emergencia en casos extremos para operaciones del rescate.

#### **4.8.6. Plan de evacuación**

Se evacuará al personal de la planta si el coordinador de la emergencia decide que la seguridad del personal está en peligro. Si la evacuación es necesaria, el sistema de alarma se activará con un campaneó continuo.

Se mandará al personal de la planta a cerrar inmediatamente todo el equipo y proceder hacia la salida más cercana y aguardar en la puerta. Si la salida está bloqueada, el personal debe utilizar la salida disponible siguiente. Se dispondrán diagramas de las rutas más rápidas disponibles de salida en las áreas de trabajo. (Ver Anexo XXX).

Los miembros del equipo de emergencia deben reportar a la oficina de ingeniería para aguardar por instrucciones del coordinador de emergencias. Cada empleado debe reportar el momento de llegada al punto de encuentro.

Si la señal de alarma cambia a un sonido intermitente, se mandaran a los miembros del equipo de emergencia unirse inmediatamente al resto de empleados afuera del edificio de la administración.

#### **4.8.7. Investigación de accidentes**

Cuando las acciones posteriores al accidente se realizan de manera correcta, permiten determinar las causas de él y sugerir a tiempo medidas adecuadas para reducir las o eliminarlas y, por lo tanto, contribuir a evitar accidentes futuros. Una investigación a fondo puede identificar áreas problema en una organización, o sectores vulnerables en una comunidad, y contribuir a reducir los riesgos respectivos. Cuando esto se logra, el resultado es una comunidad mejor protegida, o un ambiente de trabajo más seguro.

Las acciones de seguimiento de los accidentes se realizan para:

- ✦ Reunir datos y evidencias al respecto.
- ✦ Analizarlos objetivamente.
- ✦ Obtener conclusiones.
- ✦ Hacer recomendaciones para evitar que el accidente se repita.

El objetivo de la investigación del accidente es identificar los hechos y las condiciones en que se produjo, así como cada uno de los daños que ocasionó, además de registrar estos datos y evaluarlos. Es esencial recordar que el objetivo de la investigación de un accidente no es buscar culpables sino identificar causas para, en una etapa posterior, eliminarlas o reducir las, en la medida de lo posible.

Los puntos que debe cubrir la investigación de los accidentes son:

##### **4.8.7.1. Tiempos**

La investigación debe realizarse con la mayor brevedad posible, una vez que se ha controlado el accidente.

Cualquier retraso, aún de unas pocas horas, puede dar por resultado que se pierda información esencial. Por ejemplo, los testigos recordarán más detalles, posiblemente los desechos estarán

todavía en el lugar, habrá residuos de las sustancias que se fugaron o derramaron y se podrán analizar, etc. En consecuencia, mientras más rápidamente llegue el investigador al lugar de los hechos, menos riesgo habrá de que se pierdan detalles esenciales.

#### **4.8.7.2. Evidencias**

Conservar las evidencias de un accidente facilita la investigación y contribuye a su objetividad. Observar y registrar las evidencias que pueden ser poco duraderas tal como lecturas de instrumentos, estado de los tableros de control, detalles del clima, etc. puede mejorar enormemente los resultados, conclusiones y recomendaciones de la investigación. Las evidencias pueden conservarse por medio de fotos, videos, dibujos, diagramas, gráficas, así como grabarse o recogerse de cualquier modo que sea práctico. Cada foto, dibujo, diagrama, etc., debe ir acompañado de notas detalladas.

#### **4.8.7.3. Identificación de las causas**

Muchas causas y factores contribuyen a los accidentes, usualmente por una combinación al azar de dichos factores, los cuales no son forzosamente los mismos aunque, en apariencia, el accidente sea similar. Por lo común, los factores de un accidente son solo los síntomas visibles de otras causas menos evidentes en los procesos de que se trate. Entre los más comunes de estos factores están, en el caso de las empresas: mantenimiento inadecuado, equipo incorrecto, adiestramiento insuficiente, falta de mecanismos de seguridad o de una política de supervisión periódica.

En el caso de accidentes que afectan a la población general, hay múltiples factores que los agravan, entre ellos, la falta de organización y conocimiento en los niveles de decisión, lo que lleva a que las autoridades tomen decisiones erróneas o no tomen ninguna decisión. Otro factor es que no se haya definido previamente quién es responsable de cada acción en particular, etc. En un caso extremo, este conjunto de deficiencias puede llevar a paralizar las acciones o a exponer a la comunidad a riesgos que de otra manera no se hubieran presentado.

#### **4.8.7.4. Testigos**

Usualmente, son la mejor fuente de información sobre un accidente. Los testigos no son solo los que vieron cómo ocurrió el accidente; cualquier persona que sepa cualquier cosa al respecto puede proporcionar información útil.

A todos los testigos se les deben preguntar los nombres y otros datos de todas las personas que pudieran aportar datos adicionales de interés sobre el accidente. Se debe interrogar a los testigos de manera individual y en cuanto sea posible después del accidente ya que, de otro modo, pueden olvidar detalles que pudieran ser cruciales, aunque ellos no los identifiquen así.

También se evita que, de manera subconsciente, modifiquen su historia para ajustarla a lo que es aceptado por la empresa, la comunidad o las autoridades, o viceversa.

Por todo esto, al principio de cualquier investigación de un accidente químico es esencial dedicar el tiempo necesario a entrevistar al mayor número de testigos. En la medida de lo posible, las entrevistas deben realizarse en el lugar del accidente; de este modo se refuerza la memoria de los testigos y se les pueden hacer preguntas concretas para que describan lo que ocurrió.

Los empleados y el personal de primera respuesta que estuvieron en el accidente deben ser entrevistados al principio y después otros testigos de menor importancia. Es muy recomendable solicitar a los individuos que estuvieron directamente relacionados con el accidente, que aporten ideas sobre cómo evitar que ocurran nuevamente accidentes similares pues, con frecuencia, sus sugerencias serán las mejores.

#### **4.8.8. Informes requeridos**

En los quince (15) días siguientes a cualquier incidente que requiera la puesta en práctica de este plan de contingencia, el coordinador de emergencias archivará un informe con el administrador local ambiental. El informe incluirá la información siguiente:

- ❖ Nombre, dirección, y número de teléfono del dueño/operador.
- ❖ Nombre, dirección, y número de teléfono de la empresa.
- ❖ Fecha, época, y tipo de incidente
- ❖ El nombre y la cantidad de material implicado.
- ❖ Un análisis de los peligros reales o potenciales a la salud humana y al ambiente.
- ❖ Cantidad y disposición estimadas del material recuperado que resultó del incidente.

El operador registrará en el expediente de funcionamiento la hora, la fecha, y los detalles de cualquier incidente que requiera la puesta en práctica del plan de contingencia.

#### **4.8.9. Enmienda del plan de contingencia**

La compañía Cromados Técnicos S.A. repasará, y enmendará, este plan de contingencia cumpliendo con lo siguiente: se revisen las regulaciones ambientales; si el plan falla en una emergencia; la empresa cambia en su diseño, o por construcciones, la operación, el mantenimiento, u otras circunstancias que de alguna manera aumente materialmente el potencial del riesgo de incendios, explosiones; cambios de coordinadores de emergencias; o cambios en el equipo de emergencia.

## 5. CONCLUSIONES

Según el trabajo que se desarrolló, la industria dedicada a la galvanoplastia presenta en el desarrollo de sus procesos amenazas que podrían desencadenar en un accidente de menores proporciones o incluso en una eventual emergencia, es por esto fundamental que el plan de Contingencia sea adoptado como una herramienta práctica de atención a situaciones peligrosas que debe ser del conocimiento y entendimiento de todo el personal, cuyas medidas aquí enunciadas, formen parte de la filosofía de seguridad de la empresa y se cree una cultura de prevención en el ambiente laboral.

El sector de la Galvanoplastia se caracteriza por manejar sustancias químicas potencialmente contaminantes para el medio ambiente y tóxicas para la salud humana, por lo tanto vale la pena considerar como un ítem de inversión a largo plazo el implementar en tecnologías de Producción Más Limpia, sin comprometer seriamente la economía y sustento de la empresa y aprovechando al máximo los recursos e infraestructura con la que se cuenta en la actualidad.

La implementación de tecnologías de Producción Mas Limpia garantiza no solo una gestión ambiental acorde a las Normas, también se ve reflejado en mayores beneficios económicos para la empresa. Sin embargo, la posibilidad de que empresas pequeñas acojan estas prácticas es una posibilidad que se debe estudiar detenidamente y encarar con respaldos de tipo económico que le brinden garantías de retorno en el mediano plazo al inversionista. Los programas y proyectos de promoción y apoyo a la pequeña y mediana empresa como el caso de ACERCAR de la Secretaría del Medio Ambiente se deberían ampliar en cuanto cobertura y disponibilidad hacia industrias interesadas en recibir asesoría tecnológica y de tipo financiero, ya que existe temor por parte de los empresarios y una arraigada idea de que incurrir en “gastos” ambientales no representan ninguna utilidad; o por sencilla ignorancia se desconoce cuales procedimientos y tecnologías son las más acordes para cada caso particular; no es extraño, en este contexto, la presencia de oportunistas que aprovechando el que se ha llamado “boom ambiental” presenten ofertas de servicios que no satisfacen las verdaderas necesidades de las empresas, que los inducen a inversiones desproporcionadas, inadecuadas y con una desfavorable relación beneficio-costos; lo cual genera frustración y resistencia de los pequeños empresarios hacia la adopción de tecnologías más limpias. Desde luego, a ello se une el problema de actitud negativa que es propia de tales empresarios.

Es de gran importancia realizar programas continuos de capacitación al personal en temas técnico-ambientales, de seguridad y salud ocupacional, además el plan de contingencia como se mencionó en su momento, debe someterse a actualizaciones que se ajusten a la realidad de la empresa y sus instalaciones. Esta labor debe acoplarse a la política de los empresarios, con miras de obtener el buen desarrollo, ejecución y alcance de las metas productivas planeadas cumpliendo estándares de calidad aceptables.

Estas reflexiones sobre el papel de la planificación de acción ante contingencias deben dejarnos como conclusión que dicha herramienta no es un componente documental estático (muchas

veces amarillento, en la época que se usaba el papel) cuya importancia está dada por la cantidad de hojas o por la colorida portada; sino que es un documento dinámico que refleja los cambios y oportunidades de mejora que van surgiendo; por lo tanto, debe ser considerado y tratado como una herramienta fundamental de la gestión dentro de la empresa y en su interacción con todos los agentes externos a ella.

Como conclusión final las autoras sugieren que haya un vínculo directo por parte de profesionales especializados en el manejo de riesgos y contingencias para atender especialmente el manejo de situaciones que puedan poner en riesgo la salud e integridad del personal operario de la empresa. Sumados a esto se ve la obligación el deber en el que están las entidades adscritas por contrato de prestación de servicios como las ARP (Administradora de Riesgos Profesionales) y el compromiso en la capacitación continua y formación de conciencia para las personas directamente involucradas en este tipo de actividades.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- 1) CONSEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD. Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá, 2003. 87 p.
- 2) Comisión Nacional del Medio Ambiente. Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial, Santiago de Chile 2000.
- 3) De Fex Rafael. Protección en Plantas Químicas, Consejo Colombiano de Seguridad, Bogotá 1990.
- 4) Furr Keith, CRC Handbook of Laboratory Safety, 4ª Ed. CRC Press Inc. Boca Ratón 1995.
- 5) García Fernández Javier, Cálculo de Instalaciones de Alumbrado. Universidad Politécnica de Cataluña, España 2006.
- 6) Guía de Buenas Prácticas en el Sector de la Galvanotecnia, FUNDES, 2002.
- 7) Indiana Department of Environmental Management. Hazardous Waste Contingency Plans, Office of Land Quality. Indianápolis 2002.
- 8) Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Guías para Manejo Seguro y Gestión de 25 Sustancias Químicas.
- 9) Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General Ambiental Sectorial. Guía de Buenas Prácticas para el Sector Galvanotecnia. 2002.
- 10) Ministerio de Medio Ambiente de España. Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL). Alternativas de Prevención de la contaminación en el sector de Tratamiento de Superficies. 2001.
- 11) Storch José María. Manual de Seguridad Industrial en plantas químicas y petroleras: fundamentos, evaluación de riesgos y diseño. Mc Graw Hill, Madrid 1998, Tomo 1.
- 12) Uribe, Eduardo. La pequeña y mediana industria y su relación con las regulaciones y las instituciones ambientales en Colombia. DAMA. Santafé de Bogotá, Colombia Diciembre de 1995.
- 13) <http://aesf.org>: The American Electroplaters and Surface Finishers Society. Inc.
- 14) [www.edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html](http://www.edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html) Cálculos en Iluminación de Interiores
- 15) <http://www.finishing.com>: Industria de tratamientos de superficie, a nivel mundial

- 16) <http://www.nmfrc.org>: National Metal Finishing Resource Center
- 17) <http://www.osha.gov>  
1910.120 Occupational Safety & Health Administration 29 CFR
- 18) <http://www.surface-finishing.com/main.htm>: VerticalNet, Inc. Acquires Industry  
On Line, Inc

## **7. ANEXOS**

## 7.1. ANEXO I – PRESENTACIÓN DICÁCTICA PARA LOS OPERARIOS



ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
Escuela de Ingeniería Química

### INTRODUCCIÓN TEORICO- PRÁCTICA EN LA ATENCIÓN DE DERRAMES Y BUENAS PRACTICAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

*Sandra Dileo Melbaño Torres  
Andrés del Pilar Gilman Hernández*

### **LAS BUENAS PRACTICAS :**

- ⊗ Previene la generación de residuos y emisiones.
- ⊗ Mejoran las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo
- ⊗ Motivan a los empleados
- ⊗ Incrementan la productividad
- ⊗ Mejoran la Calidad de los servicios ofrecidos





**TODOS LOS DÍAS Y  
DURANTE LA JORNADA  
DE TRABAJO SE DEBEN  
USAR LOS IMPLEMENTOS  
DE PROTECCIÓN  
PERSONAL**



**MÁSCARA**



**GAFAS DE SEGURIDAD**



**OVEROL**



**GUANTES DE CAUCHO**



**CARETA**

**NO PERMITA QUE SUS  
PRACTICAS  
OPERATIVAS  
INCORRECTAS SEAN LA  
CAUSA DE DERRAMES Y  
ACCIDENTES**



**¿QUÉ SE DEBE  
HACER EN CASO DE  
UN DERRAME?**

**“DEPENDIENDO DE LA  
SUSTANCIA SE DEBE ACTUAR”**



## SI ES EL CIANURO DE SODIO...

- **PROCEDA INMEDIATAMENTE**
- **Barra la sustancia derramada e introdúzcala en un recipiente sellable**
- **Al residuo que quede en el suelo se le agregará cuidadosamente contenga alguna sustancia como carbonato de sodio disuelto en agua.**
- **Lave con agua abundante**
- **Protección personal adicional**



**CIANURO DE SODIO  
AGENTE SANGUÍNEO**

**AL MANIPULARLO:**

- USE ROPA DE PROTECCIÓN
- USE GUANTES
- USE PROTECCIÓN RESPIRATORIA  
Y  
 GAFAS DE SEGURIDAD
- ó
- USE MÁSCARA PROTECTORA

NO INGIERA ALIMENTOS NI FUME

LAVE SUS MANOS DESPUÉS DE USAR

## SI ES EL ÁCIDO CRÓMICO...

- **NO VERTERLO AL ALCANTARILLADO.**
- **NO ABSORBER CON ASERRÍN NI CON TRAPOS**
- **Barrer y recoger la sustancia derramada e introducirla en un recipiente y llevarlo a un lugar seguro.**
- **Humedecer el polvo para evitar su dispersión.**
- **Protección personal adicional**



**ÁCIDO CRÓMICO  
AGENTE OXIDANTE VIOLENTO**

**AL MANIPULARLO:**

- USE ROPA DE PROTECCIÓN
- USE GUANTES
- USE PROTECCIÓN RESPIRATORIA  
Y  
 GAFAS DE SEGURIDAD
- ó
- USE MÁSCARA PROTECTORA

NO INGIERA ALIMENTOS NI FUME

LAVE SUS MANOS DESPUÉS DE USAR

## SI ES EL ÁCIDO SULFÚRICO...

• NO ABSORBER EN ASERRÍN U OTROS

ABSORBENTES

COMBUSTIBLES

• Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos.

• Protección personal adicional



**ÁCIDO SULFÚRICO  
CORROSIVO**

**AL MANIPULARLO:**



USE ROPA DE PROTECCIÓN



USE GUANTES



USE PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Y



GAFAS DE SEGURIDAD

Ó



USE MÁSCARA PROTECTORA



NO INGIERA ALIMENTOS NI FUME



LAVE SUS MANOS DESPUÉS DE USAR

## PROCEDIMIENTO GENERAL EN CASO DE DERRAME

<b>Cloruro de Níquel</b>	En caso de derrames, evacue y ventile el área, evite la dispersión del polvo, barra y recoja luego de ello lave con abundante agua (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).
<b>Sulfato de Níquel</b>	Recoger con aspirador el material derramado, barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. Protección personal adicional
<b>Soda cáustica</b>	Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente adecuado, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).

## ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

- ▣ **DEBE HACERSE EN UN SITIO ESTABLECIDO**
- ▣ **EL AREA DE ALMACENAMIENTO DEBE ESTAR ORGANIZADA**
- ▣ **DEBE TENER EN CUENTA LAS CARACTERISTICAS DE CADA SUSTANCIA**



## ALMACENAMIENTO POR GRUPOS COMPATIBLES

GRUPO	MATERIA PRIMA	GRUPO POR AFINIDAD
1	Cianuro de Sodio Cianuro de Cobre	CIANUROS
	Sulfato de Níquel Cloruro de Níquel	COMPUESTOS METÁLICOS INORGÁNICOS
2	Acido Crómico	AGENTES QUIMICOS OXIDANTES FUERTES
	Acido Sulfúrico	ACIDOS MINERALES OXIDANTES
3	Soda Cáustica	CAUSTICOS



**GRACIAS**



## 7.2. ANEXO II – RESUMEN ENTREGADO AL PERSONAL OPERATIVO DE LA PLANTA DE CROMADOS TÉCNICOS

### -----CAPACITACIÓN BÁSICA-----

--

---

#### **FUNDAMENTOS TEORICO- PRÁCTICOS EN LA ATENCIÓN DE DERRAMES Y BUENAS PRÁCTICAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

*Sandra Dilia Mahecha Tafur  
Andrea del Pilar Gómez*

La actividad de capacitación busca familiarizar al personal trabajador de la empresa CROMADOS TÉCNICOS S.A. en los procedimientos elementales y más adecuados en la atención de derrames de sustancias químicas (las que se manipulan en la planta), principios básicos de almacenamiento seguro de las materias primas y conceptos sobre la utilización de agentes extintores.

#### **LAS BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS**

El objetivo de las buenas practicas es el de reducir las perdidas sistemáticas o accidentales de materiales en forma de contaminantes y de esta manera aumentar las productividad sin acudir a cambios en tecnologías, materias primas o productos sino

centrándose en los factores humanos y organizativos de la producción.

Las buenas prácticas se hacen necesarias en empresas como esta en la que los procesos controlados manualmente son mayores que los automáticos, en donde la posibilidad de un error humano es mayor y especialmente en las operaciones de proceso, transporte y transferencia de materiales, almacenamiento, inventarios y control de la producción.

#### **IMPORTANCIA DE LOS IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD**

Se considera de gran importancia que una organización posea un programa de seguridad industrial, el cual contenga mucho más que descripción de las normas de seguridad correspondientes para cada operación, sobre todo reconocer eficientemente la realidad laboral de la empresa a la cual se adscribe como herramienta del control de accidentes.

El presente trabajo pretende evaluar el programa de seguridad industrial en CROMADOS TÉCNICO S.A., a fin de contribuir con dicha empresa en cuanto a orientar los correctivos pertinentes, reorientando aquellas normativas que en la materia objeto de estudio, garanticen un mejor o mayor desempeño del recurso humano.

#### **ALMACENAMIENTO CORRECTO DE MATERIA PRIMA**

El almacenamiento de la materia prima debe obedecer ciertos principios para evitar que sucedan reacciones peligrosas y difíciles de controlar.

- ❖ Debe hacerse en un sitio establecido
- ❖ El área de almacenamiento debe estar organizada
- ❖ Debe tener en cuenta las características de cada sustancia

En la tabla se muestran las materias agrupadas en tres grupos, las que pertenecen a un mismo grupo se pueden almacenar cerca pero los grupos deben alejarse los unos de los otros.

**Tabla No. 21 Procedimiento básico en caso de derrames.**

SI SE RIEGA...	PROCEDIMIENTO
Ácido Crómico	NO verterlo al alcantarillado. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. NO absorber en aserrín u otros absorbentes combustibles. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro. Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración
Cianuro de Sodio	Consultar a un experto. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente que se pueda sellar, agregar cuidadosamente al residuo con agua que contenga alguna sustancia alcalina tal como, el hipoclorito de sodio o peróxido de hidrógeno, eliminarlo a continuación con agua abundante. Los derrames de cianuro deben limpiarse inmediatamente. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración.
Cloruro de Níquel	En caso de derrames, evacue y ventile el área, evite la dispersión del polvo, barra y recoja luego de ello lave con abundante agua Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración.
Sulfato de Níquel	Recoger con aspirador el material derramado, barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).
Ácido Sulfúrico	Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, NO absorber en aserrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).
Soda cáustica	Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente adecuado, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).

### **7.3. ANEXO III - INFORMACIÓN UTIL SOBRE EL ÁCIDO SULFÚRICO: MANIPULACIÓN Y CUIDADOS EN EL SITIO DE TRABAJO<sup>22</sup>**

#### **7.3.1. Identidad del ácido sulfúrico**

Fórmula: **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**  
CAS: **7664-93-9**  
Clase de Peligro UN: **8 – Corrosivos (Solución)**

##### **7.3.1.1. Sinónimos**

Ácido de batería, Aceite de Vitriolo, espíritu del Azufre, Ácido Sulfúrico, Aceite café de Vitriolo, Sulfato de Hidrógeno, Ácido fertilizante, ácido cámara, Ácido de inmersión, Ácido Sulfúrico consumido.

##### **7.3.1.2. Descripción**

En su forma pura, el Ácido Sulfúrico es un líquido aceitoso, sin color y sin olor. Es muy corrosivo. En su forma comercial está usualmente impuro y su coloración es pardusca. El Ácido Sulfúrico puede formar soluciones con el agua en cualquier proporción. Las soluciones acuosas de Ácido Sulfúrico se nombran de acuerdo con el porcentaje en peso de Ácido en la solución; el Ácido Sulfúrico concentrado es entonces H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 100%, que se conoce como anhídrido o como mono-hidrato de trióxido de Azufre.

El Ácido Sulfúrico puede disolver cualquier cantidad de trióxido de Azufre (SO<sub>3</sub>). Al introducir trióxido de Azufre sobre Ácido Sulfúrico concentrado se genera óleum, que por lo general se comercializa en soluciones de 10 a 70% de contenido de trióxido de Azufre y que se conocen también como Ácido Sulfúrico fumante.

##### **7.3.1.3. Composición / información de los ingredientes**

Se comercializa en solución acuosa de concentración entre 33 a 98%. Existen cuatro grados de comercialización: comercial, electrolito (de alta pureza para baterías), textil (bajo contenido de impurezas orgánicas) o grados de reactivo.

---

<sup>22</sup> Adaptado de 8: “Guías Para Manejo Seguro Y Gestión Ambiental De 25 Sustancias Químicas”

#### 7.3.1.4. Propiedades físicas del Ácido Sulfúrico

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	98.06
Estado de Agregación	Líquido
Punto de Ebullición (°C)(760mmHg)	290; 100% 310-335; 98%
Punto de Fusión (°C)	10.4-10.5; 100% 3; 98% -64; 65%
Presión de Vapor (mmHg)	<0.001; 20 °C 1; 146 °C
Gravedad Específica (Agua=1)	1,841; 100%
Densidad de Vapor (Aire=1)	3.4
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo=1)	No Encontrado
Solubilidad en Agua (g/ml)	Libremente
pH	0.3; Solución 1 N 1.2; Solución 0.1 N 2.1; Solución 0.01 N

#### 7.3.1.5. Incompatibilidades

Por sus características de oxidante fuerte, reacciona violentamente con materiales reductores. Cuando entra en contacto con combustibles (varsol, gasolina, kerosene, entre otros) finamente particulados provoca su ignición. Reacciona violentamente con bases (soda cáustica por ejemplo). Es corrosivo para muchos metales comunes generando humos de dióxido de Azufre e Hidrógeno gaseoso, el cual es altamente explosivo. Debido a que es un material muy higroscópico, puede producir deshidratación de otras sustancias.

Cuando entra en contacto con agua libera grandes cantidades de calor. Al calentarlo se generan Óxidos de Azufre producto de su descomposición. El contacto de Ácido Sulfúrico con materiales orgánicos como cloratos, carburos, fulminatos o picratos puede causar fuego y explosiones.

#### 7.3.1.6. Aplicaciones y usos

En la mayoría de los casos el Ácido Sulfúrico no se aplica de forma directa como una materia prima sino se usa de forma indirecto como catalizador. Por este motivo no aparece como producto de las industrias donde interviene pero aparece como Ácido consumido o formando sales (Sulfatos) de desecho.

De forma general se usa en las industrias de pigmentos, Ácidos, pegante, purificación del petróleo, baños de electro plateado, herbicidas, fertilizantes, en la refinación de Aceites minerales y vegetales, en la industria del cuero, como agente en la producción de explosivos, y otros. Tiene una amplia aplicación en la deshidratación de éteres, ésteres y gases.

Usos indirectos: se encuentra en la industria de fertilizantes, generando Ácido fosfórico a partir de roca fosfórica con un uso cercano al 60% del Ácido Sulfúrico producido en el mundo. Una cantidad apreciable de Sulfúrico se usa en la industria petroquímica como deshidratante en reacciones de nitración, condensación, deshidratación, y en la refinación donde se usa para refinar, alquilar, y purificar destilados de petróleo crudo. En la industria inorgánica se usa en la producción de pigmentos de  $\text{TiO}_2$  y Ácidos minerales. En el procesamiento de metales, se usa en el decapado, en el tratamiento de minerales de cobre, uranio y vanadio y en la preparación de baños electrolíticos para purificación de metales no ferrosos.

Uno de sus usos directos incluye su dispersión en forma de solución diluida en suelos muy alcalinos que van a ser usados con fines agrícolas; pero el uso directo más importante lo constituye la industria de la sulfonación orgánica, en donde se usa para la fabricación de detergentes. Otro de sus usos directos importantes es el de la industria de las baterías.

#### **7.3.1.7. Efectos sobre la salud**

Frases de Riesgo

Soluciones de Ácido Sulfúrico a Concentraciones mayores de 15%

R35: Causa quemaduras severas

Soluciones de Ácido Sulfúrico a Concentración entre 5% y 15%

R36/38: Irritante para los ojos y la piel

Los efectos encontrados en la toxicidad del Ácido Sulfúrico obedecen por completo a las interacciones del ion  $\text{H}^+$  con los componentes celulares más que a la interacción del ion  $(\text{SO}_4)^{-2}$  (1). Es una sustancia corrosiva y provoca efectos directos locales en todos los tejidos corporales aún en bajas concentraciones. El contacto de cualquier tejido con Ácido Sulfúrico concentrado provoca quemaduras profundas y de difícil sanado. Su alta reactividad frente a muchos compuestos lo hace peligroso por la generación de calor, por el potencial de explosión o por la generación de vapores tóxicos o inflamables. Debido a que la hidratación del trióxido de Azufre produce Ácido Sulfúrico, las consecuencias sobre la salud de las personas es equivalente en estas dos sustancias.

La inhalación de vapores de Ácido Sulfúrico concentrado provoca tos aguda y daños severos en los pulmones y en todo el tracto respiratorio. El contacto con los ojos puede provocar pérdida total de la visión. En la piel genera quemaduras y necrosis severa. La ingestión de Ácido Sulfúrico concentrado en cantidad aproximada a una cucharada es

mortal para adultos; esta ingesta puede provocar perforación del ducto gástrico, peritonitis y un colapso circulatorio posterior. El shock es la causa inmediata más común de muertes. La exposición crónica a esta sustancia puede generar traqueo bronquitis, gastritis e irritación cutánea.

- Manipulación: Un peligro importante en la manipulación del Ácido Sulfúrico lo constituye su dilución en agua. Cuando el Ácido Sulfúrico se mezcla con agua, se produce una gran cantidad de calor, que dependiendo de la cantidad relativa de las dos sustancias puede provocar un incremento considerable en la temperatura de la solución e incluso puede generar ebullición violenta. Este comportamiento es más marcado y peligroso en procedimientos de mezcla donde se adiciona agua sobre el Ácido concentrado y por eso no se recomiendan.

Los riesgos de explosión se dan por el contacto de esta sustancia con químicos como la acetona ( $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ ), los alcoholes, combustibles, las bases fuertes concentradas y algunos metales finamente divididos. La emisión de gases tóxicos, que en general corresponden a Óxidos de Azufre  $\text{SO}_x$ , se da por el calentamiento del Ácido, descomponiéndose por completo a temperaturas del orden de  $340^\circ\text{C}$ .

En cuanto a los gases inflamables, estos se restringen casi con exclusividad al Hidrógeno, desprendido en reacciones del Ácido con metales básicos.

Los peligros mas graves de exposición al Ácido Sulfúrico se dan en derrames accidentales durante su transporte y manipulación. Niveles mucho más bajos están presentes en la atmósfera por oxidación de óxido de Azufre generado en plantas donde se libera como emisión. El grado de afectación a los diferentes individuos se ve agravado por enfermedades respiratorias crónicas como asma, a nivel respiratorio; enfermedades gastrointestinales crónicas, como gastritis, a nivel gástrico y enfermedades oculares o cutáneas, como conjuntivitis crónica o dermatitis.

#### **7.3.1.8. Exposición por inhalación**

No es común fuera de las plantas de transformación o producción del Ácido Sulfúrico. En entornos laborales, la respiración de pequeñas gotas de Ácido Sulfúrico es la vía más común de exposición. Gracias a reacciones de combustión de carbón, de Aceite y de gas, que liberan dióxido de Azufre a la atmósfera, existe la posibilidad de exposición en exteriores debido a la oxidación lenta del dióxido de Azufre hasta trióxido de Azufre y posterior reacción con la humedad atmosférica. Las personas que habitan cerca de lugares de disposición de desperdicios que contengan Ácido Sulfúrico se encuentran en mayor riesgo de exposición por inhalación. Para estas personas, pasar el tiempo en el aire abierto y especialmente ejercitarse en este tipo de ambiente puede incrementar el riesgo de exposición.

Existen varios factores que definen el impacto del daño por la inhalación de Ácido Sulfúrico. Estos incluyen la concentración de exposición, que define el grado de la lesión, el tamaño de las partículas, que define la ubicación de la lesión en el tracto respiratorio, el tiempo de exposición y finalmente la regularidad respiratoria, que influye en el contacto real con la sustancia.

La posibilidad de evaporación del Ácido Sulfúrico a temperatura ambiente no es un riesgo a causa de su baja presión de vapor, por tanto, no es un gas cuando se encuentra en la atmósfera sino que se presenta en forma de un aerosol de diferentes tamaños de partícula, generado por absorción de SO<sub>3</sub> sobre humedad o por dispersión del Ácido en forma líquida en el aire. Los tamaños de gotas pueden clasificarse como ultra finos de menos de 0,1 micrones, pequeños de entre 0,1 y 1 micrones, medianos de en el intervalo de 1 a 5 micrones y grandes del orden de 5 a 30 micrones. En el medio ambiente se encuentran típicamente tamaños de 0,3 a 0,6 micrones, mientras que los aerosoles industriales pueden ser tan grandes como 14 micrones. En ambientes con aerosoles de Ácido Sulfúrico, el tamaño de las gotas y la profundidad de la respiración definen el grado de penetración y deposición de ésta sustancia en el tracto respiratorio. Las gotas más pequeñas se depositan preferencialmente en los pulmones mientras que las más grandes solo alcanzan la boca y el tracto respiratorio superior. De igual forma, si se respira con la boca y no con la nariz se genera mayor consumo de partículas del Ácido.

Estudios en animales para exposición aguda de 8 horas por inhalación en partículas de Ácido Sulfúrico de 1 micrómetro, muestran que a concentraciones entre 370 y 420 mg/m<sup>3</sup> se genera la muerte de la mitad de los animales de estudio, ratas en este caso. Las muertes son causadas por hemorragias pulmonares severas y corrosión del tracto respiratorio. En humanos, exposiciones a concentraciones de orden de 20 mg/m<sup>3</sup> en condiciones de atmósferas con alta humedad provocan tos, dolor en el pecho, dificultad en para la respiración, sabor Ácido en la boca e irritación nasal. Exposiciones de alrededor de 30 minutos a una hora en concentraciones de 1 mg/m<sup>3</sup> genera disminución de la capacidad respiratoria pero no posee efectos letales.

Los principales efectos a concentraciones moderadas de Ácido Sulfúrico corresponden a tos aguda, dificultad respiratoria, irritación en boca, nariz, garganta y pulmones (2, 6, 11). El Ácido Sulfúrico como tal no se absorbe ni distribuye por el cuerpo. Debido a que en la respiración se produce exhalación de amoníaco en concentraciones que pueden ir de 120 hasta 1280 ppb, parte o el total del Ácido Sulfúrico se neutraliza minimizando en algún grado la exposición personal. El Ácido Sulfúrico restante se disocia rápidamente y pasa al torrente sanguíneo en forma del ion Sulfato, el cual no posee efectos tóxicos en concentraciones razonables. Finalmente, los productos de la inhalación del Ácido se eliminan por la orina o el sudor.

### **7.3.1.9. Contacto piel / ojos**

La exposición aguda al Ácido Sulfúrico por vía ocular o cutánea puede ocurrir comúnmente en personas que deben manipular baterías en trabajos relacionados con automóviles. En el hogar se genera Ácido Sulfúrico en bajas cantidades cuando algunas sustancias liberadas por el corte de cebollas ingresan en los ojos reaccionando con el agua en ellos presente. En laboratorios e industrias donde se maneja esta sustancia pueden ocurrir casos de exposición significativa por esta vía gracias a malos manejos y derrames en circunstancias de transporte y almacenamiento.

Cuando se entra en contacto con Ácido Sulfúrico concentrado y éste no se retira en el término de unos pocos minutos, se generan lesiones que dependiendo del tiempo de exposición pueden llegar a alcanzar el nivel de necrosis y quemadura de tercer grado por acción del calor desarrollado. Concentraciones de 10% de Ácido Sulfúrico aplicadas sobre la piel en periodos de 4 horas no poseen efectos irritantes aparentes. Los aerosoles de Ácido Sulfúrico en las mismas concentraciones que afectan las vías respiratorias presentan efectos irritantes en la piel y los ojos. Para personas que se exponen a aerosoles de Ácido Sulfúrico y que poseen equipo respiratorio adecuado, el tipo principal de lesión que presentan corresponde a quemaduras e irritación en la piel.

El contacto ocular con Ácido Sulfúrico concentrado posee efectos muy nocivos para los ojos. Dentro de los efectos reportados se incluye la disolución de la zona ocular frontal, glaucoma y caratas. La pérdida de la visión es un efecto seguro en este grado de exposición si el tiempo de contacto es significativo. Exposición de animales a soluciones de Ácido Sulfúrico de 1 a 2% de concentración no poseen efectos irritantes apreciables, sin embargo no se ha definido la concentración para la cual se presentan efectos directos en los ojos. Al igual que los efectos a nivel respiratorio, los efectos nocivos en los ojos dependen de la humedad ambiente en la que se dé la exposición (6, 11). Concentraciones de Ácido Sulfúrico de 20, 8 mg/m<sup>3</sup> en humedad de 91% son insostenibles de inmediato mientras que en niveles de 39,4 mg/m<sup>3</sup> en humedad de 63% solo se presentan efectos irritantes menores.

### **7.3.1.10. Condiciones para el manejo y almacenamiento seguro orientadas a disminuir el riesgo a la salud humana**

Antes de trabajar con Ácido Sulfúrico, las personas involucradas se deben entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

Debido a la posibilidad de generación de Hidrógeno inflamable y combustible por el contacto del Ácido Sulfúrico con algunos metales, se debe prohibir fumar en zonas de almacenamiento, manejo o procesamiento de esta sustancia. En las mismas zonas, se deben revisar las líneas de conducción eléctrica para garantizar ausencia de cortos que puedan

ocasionar chispas y posteriores explosiones e incendio si existe Hidrógeno presente producto de la reacción del Ácido con algunos metales con los que entre en contacto. Cuando se diluya el Ácido, éste debe ser siempre agregado al agua en cantidades reducidas.

Nunca usar agua caliente o agregar agua al Ácido. El agua agregada al Ácido puede causar ebullición incontrolada y salpicaduras violentas. Cuando se destapen contenedores con este material no usar herramientas que produzcan chispas debido a la posibilidad de existencia de Hidrógeno gaseoso. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos debido a que retienen residuos de producto (vapores, líquido).

➤ **Frases de seguridad**

**Soluciones de Ácido Sulfúrico a Concentraciones mayores de 15%**

**S1/2:** Manténgase bajo llave y fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediata y abundantemente con agua y acuda a un médico

**S30:** Nunca agregue agua a este producto

**S45:** En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible muestre la etiqueta)

**7.3.1.11. Almacenamiento**

El almacenamiento se debe realizar en lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No almacenar en contenedores metálicos. No fumar en zonas de almacenamiento o manejo por causa del peligro de la presencia de Hidrógeno en tanques metálicos que contengan Ácido. Evitar el deterioro de los contenedores, se debe procurar mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos se deben separar del resto. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción.

El almacenamiento se debe realizar en recipientes irrompibles y/o en contenedores de acero inoxidable. La bodega de almacenamiento debe estar provista con piso de concreto resistente a la corrosión. En el transporte de esta sustancia no se deben llevar comida o alimentos en el mismo vehículo.

**7.3.1.12. Propuesta de un soporte para el envase de Ácido Sulfúrico con miras a una operación de trasvase seguro**

Por medio de un montaje sencillo como el que se propone, se busca un manejo más seguro del ácido sulfúrico teniendo en cuenta su alta frecuencia de uso en la preparación de los

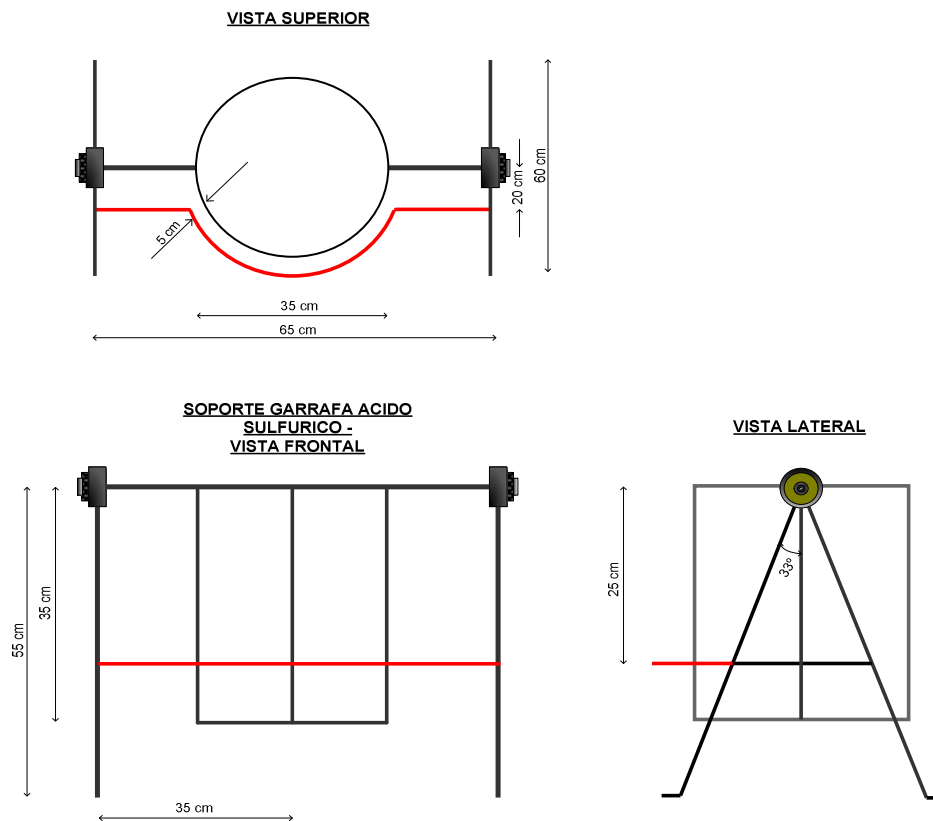
baños de neutralizado y níquel. Toda vez que se necesite, el operario se concentrará en la actividad de trasvase y reposición, debe existir disciplina en el uso correcto del equipo de protección respiratoria y personal adecuado teniendo siempre en mente entre otras cosas, que el ácido sulfúrico desprende vapores muy densos asfixiantes, irritantes y corrosivos.

El soporte compensará los altos requerimientos de fuerza física de la operación que ocasionaban una peligrosa distracción (se está hablando de un peso que alcanza los 118 Kilogramos) desencadenando incluso accidentes que pueden comprometer la salud y condiciones de toda la empresa.

Para su diseño se tuvo como referencia el envase más comúnmente utilizado en la planta que corresponde a una garrafa de 60 litros (62 litros netos), con altura aproximada de 50 cm, y un diámetro de 30 cm.

El soporte consta de una semi-canasta giratoria sujeta por un eje en su aro superior y sostenida por dos patas en un ángulo de  $66^\circ$  entre ellas (cada una forma un ángulo de  $33^\circ$  con el eje central). Se adaptará un “tope” para evitar que si por alguna razón la garrafa se suelta desde su punto de máxima inclinación no gire en el sentido opuesto libremente. La garrafa se colocará dentro de la canasta de manera que con un movimiento giratorio en un solo sentido (esto lo permite el tope) la persona que opera pueda ocuparse tranquilamente de sujetar el recipiente receptor de ácido. Terminada la acción se libera la canasta para que vuelva a su estado normal se tapa y sella correctamente.

## Ilustración No. 6 Soporte para el Acido Sulfúrico<sup>23</sup>.



### 7.4. ANEXO IV - DISEÑO EQUIPO DE VENTILACIÓN DEL ÁREA DE ALMACENAMIENTO<sup>24</sup>

#### 7.4.1. Descripción y especificaciones técnicas

El diseño se realizó en base a las normas aplicables de ASHRAE (American Society of Heating Ventilation and Air Conditioning – Estándar 62 Calidad de aire, Estándar 52 – Filtración, Internacional Stándar ISO 14644-1), informe 32 de la organización mundial de la salud, ceñidas a las recomendaciones de buenas prácticas de manufactura. Los parámetros de diseño se resumen en la tabla siguiente:

<sup>23</sup> Diseñado por las autoras.

<sup>24</sup> Asesoría en el diseño por el Señor Gerardo Alape

**Tabla No. 22 “Parámetros de Diseño del Sistema de Extracción para la zona de almacenamiento de Materia Prima en la Planta de Cromados Técnicos”**

**Engineering Data — Standard Sizes**

Nominal Size (inches)	Actual Size (Inches)	Pleated Filters	Panel Filters	Media Pads	Airflow Capacity CFM		Filters/Pads Per Carton
					@300 FPM	@500 FPM	
12 x 24 x 1	11 3/8 x 23 3/8 x 3/8	•		•	600	1000	12
16 x 20 x 1	15 3/8 x 19 3/8 x 3/8	•		•	650	1100	12
16 x 25 x 1	15 3/8 x 24 3/8 x 3/8	•		•	850	1400	12
18 x 24 x 1	17 3/8 x 23 3/8 x 3/8	•		•	900	1500	12
20 x 20 x 1	19 3/8 x 19 3/8 x 3/8	•		•	850	1400	12
20 x 24 x 1	19 3/8 x 23 3/8 x 3/8	•		•	1000	1650	12
20 x 25 x 1	19 3/8 x 24 3/8 x 3/8	•		•	1050	1750	12
24 x 24 x 1	23 3/8 x 23 3/8 x 3/8	•		•	1200	2000	12
12 x 24 x 2	11 3/8 x 23 3/8 x 1 1/4	•	•		600	1000	6
16 x 20 x 2	15 3/8 x 19 3/8 x 1 1/4	•	•		650	1100	6
16 x 25 x 2	15 3/8 x 24 3/8 x 1 1/4	•	•		850	1400	6
18 x 24 x 2	17 3/8 x 23 3/8 x 1 1/4	•	•		900	1500	6
20 x 20 x 2	19 3/8 x 19 3/8 x 1 1/4	•	•		850	1400	6
20 x 24 x 2	19 3/8 x 23 3/8 x 1 1/4	•	•		1000	1650	6
20 x 25 x 2	19 3/8 x 24 3/8 x 1 1/4	•	•		1050	1750	6
24 x 24 x 2	23 3/8 x 23 3/8 x 1 1/4	•	•		1200	2000	6
12 x 24 x 4	11 3/8 x 23 3/8 x 3 3/4	•			600	1000	3
16 x 20 x 4	15 3/8 x 19 3/8 x 3 3/4	•			650	1100	3
16 x 25 x 4	15 3/8 x 24 3/8 x 3 3/4	•			850	1400	3
18 x 24 x 4	17 3/8 x 23 3/8 x 3 3/4	•			900	1500	3
20 x 20 x 4	19 3/8 x 19 3/8 x 3 3/4	•			850	1400	3
20 x 24 x 4	19 3/8 x 23 3/8 x 3 3/4	•			1000	1650	3
20 x 25 x 4	19 3/8 x 24 3/8 x 3 3/4	•			1050	1750	3
24 x 24 x 4	23 3/8 x 23 3/8 x 3 3/4	•			1200	2000	3

**Performance Data**

Model Designation	<sup>(1)</sup> Rated Initial Resistance (in. w.g.)		Efficiency @500 FPM	Recommended Final Resistance (in. w.g.)	<sup>(2)</sup> Carbon Density (gms./ft. <sup>2</sup> )
	@300 FPM	@500 FPM			
C-1 Pleat (1")	0.21"	0.41"	MERV 7	1.0"	100
C-2 Pleat (2")	0.16"	0.36"	MERV 7	1.2"	200
C-3 Pleat (4")	0.15"	0.30"	MERV 7	1.2"	300
C-3 Panel (2")	0.31"	0.75"	MERV 5	1.2"	300
CP-3 Pad (1")	0.25"	0.54"	---	1.0"	300
C-1Plus Pleat (1" 50/50 Blend)	0.21"	0.41"	MERV 7	1.2"	125
C-2Plus Pleat (2" 50/50 Blend)	0.16"	0.36"	MERV 7	1.2"	250
C-3Plus Pleat (4" 50/50 Blend)	0.15"	0.30"	MERV 7	1.2"	375

Para el propósito de control ambiental se ofrece un grado de filtración para el suministro de aire del 85%, 25% de eficiencia y la extracción, un grado de filtración de un 25% más filtro de carbón activado, las presiones de trabajo serán de 0.2" ch<sub>2</sub>o negativa en la zona de depósito, y 0.1" ch<sub>2</sub>o positiva en la esclusa, la zona de depósito tendrá 20 cambios/hora y la esclusa contará con 10 cambios/hora.

#### **7.4.1.1. Ventiladores**

Tipo centrífugo de aletas inclinadas hacia atrás (sencillo) sisw, rotor y eje de acero soportado por chumaceras escualizables, tipo “pillow bloch”, lubricadas por grasas, con boquillas de lubricación donde sea necesario, seleccionadas de acuerdo con especificaciones SKF.

Los ventiladores vendrán de fábrica, balanceados estática y dinámicamente. El acople será con poleas de fundición de hierro y correas trapezoidales, seleccionadas para un factor de servicio de 1.5. El motor trifásico para 230/460 V, 3 fases 60 Hz y velocidad de 1750 rpm. El conjunto motor ventilador deberá ser montado sobre una base estructural.

#### **7.4.1.2. Ductos en lámina galvanizada**

Se instalarán ductos fabricados en lámina lisa de acero galvanizada, así como ángulos, refuerzos, varillas de suspensión soportes y accesorios, de acuerdo a las normas vigentes de la SMACNA<sup>25</sup> de los Estados Unidos de América.

Los soportes y colgantes para ductos horizontales serán en platina, o en ángulo y varilla roscada según el tamaño del ducto, protegidos con pintura anticorrosivo, los soportes para ductos verticales serán en ángulo anclado a los muros. Las platinas y las varillas fijadas a las placas del techo por medio de tiros de ¼”, fijados con carga calibre 22 de potencia adecuada según el material de soporte.

Los codos con radio interior igual o mayor que la dimensión del lado del ducto. Los codos rectangulares en los ductos de suministro de aire, estarán provistos con venas direccionales, del mismo calibre del ducto que los contiene. En cada conexión entre un conducto y un equipo, se instalará una conexión flexible, fabricada en lona.

Las uniones entre conductos de secciones diferentes con una relación mínima de 1.5 y preferiblemente de 1:7. Las compuertas de regulación de volumen (dampers) se instalan en los sitios que indica el plano, de tal manera que puedan ser operadas desde la parte exterior de los ductos y que permitan ser aseguradas en la posición de balance en forma permanente.

Se debe balancear los ductos y rejillas y verificar que todos los sistemas de manejo de aire se encuentren libres y limpios de obstrucción, igualmente que los registros y compuertas estén en posición abierta y que todas aquellas partes móviles estén debidamente lubricadas. Los resultados se presentarán en forma tabulada.

---

<sup>25</sup> Sheet Metal and Air Conditioning Association

Todas las conexiones, juntas y uniones de los ductos, deben ser selladas con pasta especial (AC-20), para garantizar que no haya escapes de aire, las uniones flanchadas deben sellarse con empaque de caucho crudo o neopreno.

Los conductos deberán fabricarse de acuerdo con las especificaciones para ductos de baja velocidad de SMACNA, cuyo resumen aparece en la tabla siguiente.

**Tabla No. 23 “Características Técnicas de los filtros de Aire”**

Zona	Dimensiones (m)			Volumen		Cambios n°	Suministro	Extracción	Q rem	Presión		Filtración
	Largo	Ancho	Altura	M³	Ft³		Cfm	Cfm	Cfm	Pa	"h <sub>2</sub> O	
Bodega	4.60	3.60	2.80	46.40	163.80	20.00	546.00	936.00	390.00	50.00	0.20	25%;85% sum.
Esclusa	1.20	1.20	2.80	4.03	142.00	10.00	294.00	24.00	270.00	25.00	0.10	24%;c.a. ext.
<b>Total</b>							<b>840.00</b>	<b>960.00</b>				

El área se calcula de acuerdo con los siguientes parámetros:

- Tramos rectos: el producto del perímetro de la sección por su longitud
- Transiciones: longitud de la transición por el perímetro mayor.
- Codos: perímetro de la sección multiplicado por la suma de las proyecciones ortogonales de los ejes exteriores.

#### 7.4.1.3. Difusores, rejillas y persianas

Fabricados en perfil de aluminio anodizado color natural.

##### ❖ Difusores

Rectangulares de cuatro, tres o dos vías, según se indica en el plano, tipo descolgado con damper regulador de caudal de aire.

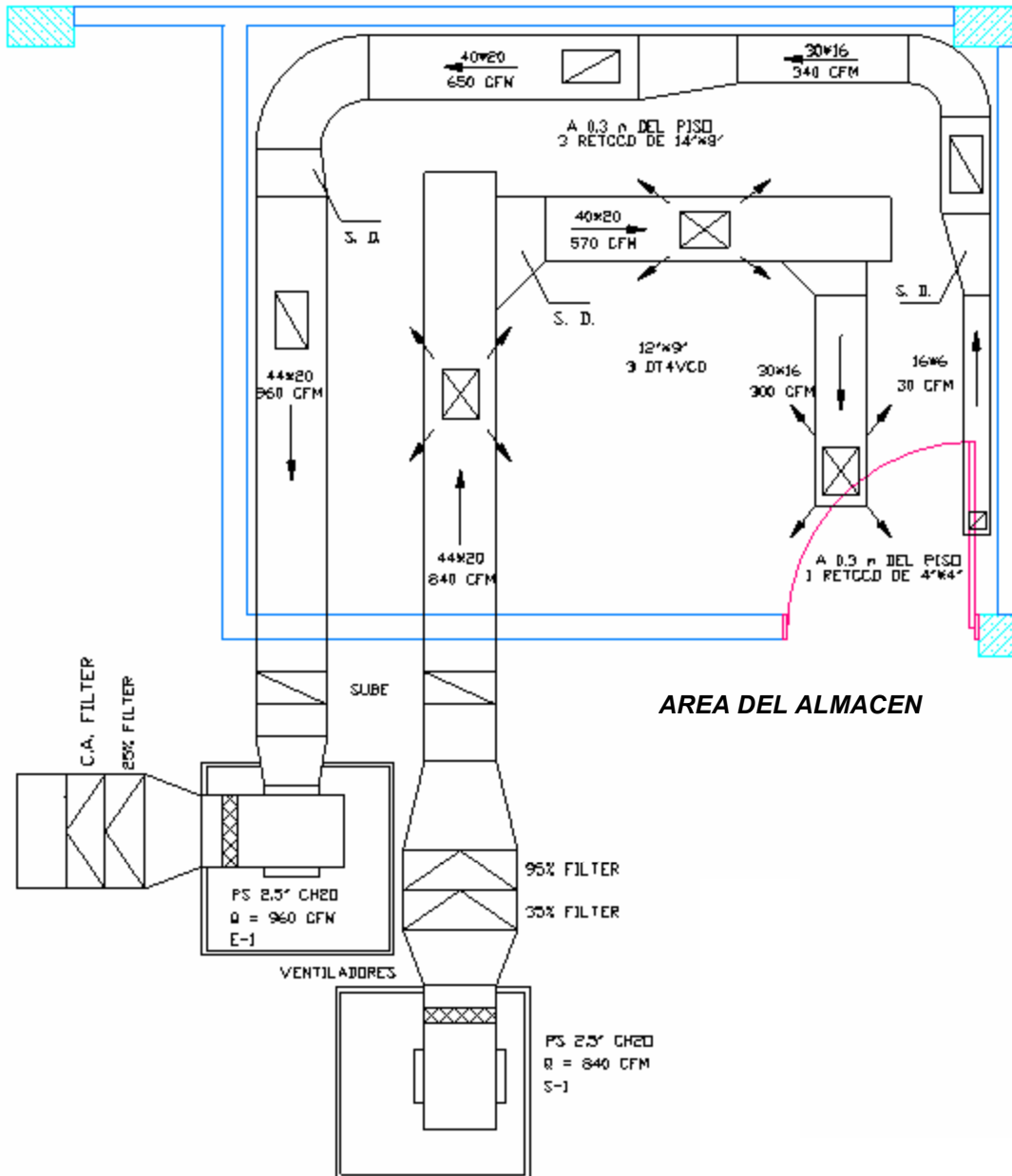
##### ❖ Rejillas de extracción y/o retorno

De tipo cubos o persiana aleta fina, con damper regulador de volumen.

##### ❖ Persianas de descarga o toma de aire

Deben construirse con aletas de perfil especial para impedir la entrada de la lluvia al interior de los ductos, las persianas de toma de aire exterior deben llevar damper regulador de volumen y malla de aluminio con malla protectora, los damper deben ser tipo piñón y tornillo.

**Ilustración No. 7 “Diseño Final y Estructura del Sistema de Extracción Propuesto”**



## 7.5. ANEXO V - PREPARACIÓN SUPERFICIE DE PISOS, MARCAS RECONOCIDAS

Se presenta a continuación información técnica sobre algunos productos disponibles en el mercado especializado en recubrimientos protectores para pisos de tráfico pesado utilizado especialmente en plantas químicas.

Es importante tener en cuenta las recomendaciones del fabricante al momento de su instalación siguiendo paso a paso el procedimiento principal de alistamiento de la superficie del cual depende la exitosa adherencia del material.

### Ilustración No. 8 “Ficha Técnica Sikafloor 381<sup>26</sup>”

Construcción

Hoja Técnica  
Edición 1, 2005  
Identification no. PF60818277  
Version no. 1, 2005.  
Sikafloor®-381

### Sikafloor®-381

Revestimiento para pisos, con alta resistencia química.

<b>Descripción</b>	Resina epóxica de dos componentes, autonivelante con muy alta resistencia química, 100% sólidos.
<b>Usos</b>	Para la producción de revestimientos con muy altos requerimientos de resistencia química y mecánica en áreas de producción o tráfico de la Industria Química, Farmacéutica, Alimentos y Bebidas.
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Excelente resistencia química.</li> <li>■ Alta resistencia mecánica.</li> <li>■ Resistente a derrames de líquidos.</li> <li>■ Resistente a la abrasión.</li> <li>■ Rápido curado, buenas resistencias a 24 horas inclusive.</li> </ul>
<b>Modo de empleo</b>	<p><b>Condiciones del sustrato:</b> Debe tener suficiente resistencia (mínimo a la compresión de 250 kg/cm<sup>2</sup>). La superficie debe estar sana, seca, limpia y libre de aceites y grasas. La imprimación y/o nivelación dependerán de las condiciones del sustrato. Resistencia mínima a la tensión (pull-off) 15 kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p><b>Preparación de Superficie:</b> Remueva toda la contaminación existente en el piso por medios mecánicos.</p>
<b>Preparación del producto</b>	<p><b>Mezclado:</b> Previo a la mezcla remueva los componentes A y B por separado por medios mecánicos. Mezcle los componentes A y B en las proporciones correctas con un taladro eléctrico (aproximadamente 300 a 400 rpm) y mezclador de paletas. El mezclado debe llevarse a cabo al menos 3 minutos hasta conseguir una consistencia y color homogéneos y libres de grumos.</p>

1
Sikafloor®-381 1/3

<sup>26</sup> Fuente: www.sika.com

## Ilustración No. 9 “Ficha Técnica KELCOT E-507<sup>27</sup>”



### KELCOT E-507

#### REVESTIMIENTO EPOXI ALTA RESISTENCIA QUÍMICA APLICABLE A RODILLO

**DESCRIPCIÓN**

Sistema epoxi de dos componentes en solventes especialmente desarrollado para aplicar con rodillo. Es utilizado como revestimiento interior de tanques de acero u homogéneo con recubrimientos de diversas sustancias químicas agresivas, agua potable, alimentos y bebidas, y donde se requieren condiciones muy higiénicas. No es afectado por altas temperatura ni elevada humedad, sulfuro de hidrógeno y  $H_2O_2$  de temperatura. El tiempo de endurecimiento depende de la temperatura, a mayor temperatura menor tiempo (ver tabla adjunta).

**CAMPOS DE APLICACION**

En la industria petrolera, petroquímica, química, alimentaria, de bebidas, alimenticia, farmacéutica, metalúrgica de energía, etc., en plantas petroleras de agua, agua potable, alimentos y bebidas, etc.

**INDICACIONES TÉCNICAS**

VEHICULO	Epoxi/poliamina
DELYENTE	Alcohol etílico pure 99%
COLOR	Crema
ACABADO	Brillante
PESO ESPECÍFICO	1,46 ± 0,02 g/cm <sup>3</sup>
SOLIDOS EN VOLUMEN	78 %
ESPESOR PELÍCULA SECA	100 – 150 µ por mano
ESPESOR HUMEDO	28 – 192 µ por mano
CANTIDAD DE MANOS	3
RENDIMIENTO TÍPICO	186 g/cm <sup>2</sup> para 100 µ de película seca / 280 g/cm <sup>2</sup> para 150 µ de película seca
COMPONENTES	2
RELACION DE MEZCLA	1:1 en volumen
TIEMPO DE INDUCCIÓN	10 minutos
VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA	2 horas
PERÍODO DE REFINITADO	Entre 8 y 24 horas
FONDO	No necesario o KELCOT E-108
ESMALTES DE ACABADO	N/A

**APLICACIÓN**

Temperatura ambiente 4 y 40 °C, en áreas de humedad.

**TIEMPO DE ALMACENAJE**

12 meses en sus envases originales y sellados en condiciones de almacenamiento.

**Let: base: con grader: fuera estado: a 25 °C y 75 % de humedad relativa ambiente**

**PREPARACION** En ambiente de 11 y 22 kilos

**PREPARACION DE SUPERFICIE:**

**GENERAL**

Limpiar completamente con solventes (propagadamente acetona y sulfato) lavando con abundante agua dulce a presión. Remover grasas, aceites y suciedad lavando con soluciones desengrasantes, seguido de enjuague con agua dulce. Los restos vivos, residuos de soldadura, oxidaciones, gases, etc. deben eliminarse o eliminarse utilizando amoladora y discos abrasivos. El óxido debe eliminarse por cualquiera de los siguientes métodos: cepillado mecánico, pulido manual o mecánico, arenado, granulado, etc.

**ACERO**

Para obtener un óptimo acabado, limpiar con chorro abrasivo o grado Sa 2½ (metal case blanco). Para eliminar óxido con mucha adherencia, escoria de laminación o recubrimientos anteriores, decapados, utilizar aluminado comercial (Sa 2), limpieza mecánica (Sa 3) o manual (Sa 2).

**FORMACIÓN**


Debe aplicarse una sigasal similar a la obtenida mediante el método limo, se aplica otro sigasal de cemento. En pilas o tanques grandes mecánicamente o con superficies muy lisas se debe aplicar hasta obtener el perfil de sigasal requerido.

**MEZCLADO**

Agitar convenientemente los envases por separado antes de realizar la mezcla entre los componentes. Mezclar cuidadosamente en relación 1 a 1 (base color "A" + complemento "B") hasta una consistencia de color, guardar el tiempo de inducción especificado y proceder a la aplicación.


<sup>27</sup> Fuente: www.kelcot.com.ar

Ilustración No. 10 “Ficha Técnica BASF, The Chemical Company<sup>28</sup>”



**BASF**  
The Chemical Company

Performance Flooring



*Adding Value to Concrete*

<sup>28</sup> Fuente: [www.basf-cc.co](http://www.basf-cc.co)