

**PROYECTO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN:
ESTUDIO DE RIESGOS PARA LOS TRANSFORMADORES DE LOS
HORNOS ELÉCTRICOS LÍNEA 1 Y 2 CERRO MATOSO S.A.**

PAULA ANDREA PEDRAZA JIMÉNEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2010**

**PROYECTO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN:
ESTUDIO DE RIESGOS PARA LOS TRANSFORMADORES DE LOS
HORNOS ELÉCTRICOS LÍNEA 1 Y 2 CERRO MATOSO S.A.**

Proyecto de grado para optar por el título de

Ingeniera Electrónica

Autor:

PAULA ANDREA PEDRAZA JIMÉNEZ

Estudiante de Ingeniería Electrónica

Director

M.Sc. JOSÉ GABRIEL PLATA CORDERO

Co-Director

LUIS FERNANDO DÍAZ CARDOZO

Gerente Unidad D-RKEF Cerro Matoso S.A.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2010**

DEDICATORIA

A Dios, por llevarme de la mano hacia una satisfacción más.

A mis padres, Alvaro Pedraza y Amparo Jiménez, y a mi hermano, por sufrir conmigo cada previo y su apoyo incondicional durante la carrera y la vida entera.

A Cerro Matoso S.A. por la oportunidad de una experiencia laboral, a Nelson Avellaneda por hacerla posible y al Ing. Luis Fernando Díaz por ser ejemplo de liderazgo.

A mis compañeros de estudio y amigos más cercanos, por el trabajo en grupo, los traspasos académicos y sociales, a Nelson F. Vargas por su constante motivación.

RESUMEN

Título:

ESTUDIO DE RIESGOS PARA LOS TRANSFORMADORES DE LOS HORNOS ELÉCTRICOS LÍNEA 1 Y 2 CERRO MATOSO S.A.*

Autor:

PAULA ANDREA PEDRAZA JIMÉNEZ**

Palabras claves: Análisis de riesgo, seguridad industrial, PHA, transformadores, acciones correctivas, CMSA.

DESCRIPCIÓN

Este proyecto nace de la necesidad de la empresa de producción de Ferroníquel **Cerro Matoso S.A.** de fortalecer la seguridad dentro de los cuartos de transformadores de los Hornos Eléctricos, debido a la criticidad que éstos representan dadas las posibilidades de un incendio o una explosión, el cual generaría un impacto directo no solo a la empresa sino también a la comunidad y medio ambiente en la medida en que no existan los controles suficientes.

Inicialmente se presenta un historial de accidentes en empresas extranjeras para contextualizar la problemática en estudio. Posteriormente se muestra las diferentes metodologías existentes para el desarrollo de un análisis de estudio de riesgos para luego hacer selección de la más adecuada y consecutivamente llevarla a cabo. Como parte del desarrollo de la metodología se hace una inspección al cuarto de transformadores para la identificación de las diferentes situaciones que podrían conducir a eventos riesgosos, además de permitir visualizar posibles causas y escenarios de los peligros latentes en el proceso.

Finalmente, se hace la evaluación de los controles existentes estimando un calificativo basado en la severidad, exposición y probabilidad de accidentalidad para no solo encontrar las debilidades existentes sino también proponer o sugerir nuevos controles que sean más efectivos los cuales se condensan en una serie de acciones correctivas como resultado de la implementación del estudio de riesgos.

* Trabajo de Grado. Modalidad Investigación

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: José Gabriel Plata Cordero. Co-director: Luis Fernando Díaz Cardozo.

ABSTRACT

Title:

PROCESS HAZARD ANALYSIS FOR LINE 1 AND 2 ELECTRIC FURNACES TRANSFORMERS CERRO MATOSO S.A. *

Author:

PAULA ANDREA PEDRAZA JIMÉNEZ**

Keywords: Risk analysis, industrial security, PHA, process hazard analysis, transformers.

DESCRIPTION

This project stems from the need of ferronickel production company **Cerro Matoso S.A.** to strength the security in the transformers room of Line 1 and 2 Electric Furnaces, because they represent possibilities of an accident either by fire or explosion, producing a direct impact not only to the company but also the community and environment if the current controls are not suitable. It is important to emphasize that this study is the first one on this particular process and recommends a cyclical review of the security to avoid an oversight on this issue.

As a beginning a history of accidents in foreign companies is presented to contextualize the problem under study. Then this work shows the different methodologies for developing a risk analysis and then makes the most appropriate selection and carries out consecutively. As part of the development of the methodology the transformers room is inspected for the identification of the different situations that could lead to risky events, and allows to take a look of the possible causes and scenes of an accident in the process.

Finally, an evaluation of existing controls is realized by estimating a qualification based on the severity, probability and exposure of accidents to not only find the weaknesses but also to propose or suggest new and more effective controls which are condensed into a series of actions to correct as a result of the implementation of the Process Hazard Analysis.

* Final graduation work

** Faculty of Physical-mechanical engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunication Engineering. Director: José Gabriel Plata Cordero. Co-Director: Luis Fernando Díaz Cardozo.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	17
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. ALCANCE	4
5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
6. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES	7
7. OBJETO DE ESTUDIO: TRANSFORMADORES	8
7.1. FUNCIONALIDAD DENTRO DE LA PLANTA	8
7.2. ESPECIFICACIONES DE LOS TRANSFORMADORES	11
8. EJECUCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE ACTIVIDADES	15
8.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	15
8.1.1 PRELIMINARES	15
8.1.2 ESTADÍSTICAS	16
8.1.3 REGISTRO DE ACCIDENTES PROVOCADOS POR FALLAS EN LOS TRAFOS	17
8.1.3.1 Incendio en Estación Hidroeléctrica en California	17
8.1.3.2 Explosión en planta Hidroeléctrica	18
8.1.3.3 Incendio en PT Inco	18
8.1.3.4 Fuego acaba con un Complejo de galvanoplastia	19
8.1.3.5 Sinopsis de incidentes más relevantes	19
8.2 SELECCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA EJECUCIÓN DEL PHA	21
8.2.1 MÉTODO WHAT IF / CHECKLIST (QUE PASA SI... / LISTA DE CHEQUEO)	21
8.2.1.1 Fortalezas	22
8.2.1.2 Limitaciones	22
8.2.1.3 Procedimiento general	22
8.2.2 MÉTODO FMEA	26
8.2.2.1 Objetivos del FMEA.	26
8.2.2.2 Fortalezas	27

8.2.2.3	Limitaciones	27
8.2.2.4	Procedimiento general	27
8.2.3	MÉTODO HAZOP	29
8.2.3.1	Fortalezas	30
8.2.3.2	Limitaciones	30
8.2.3.3	Procedimiento general	30
8.2.4	MÉTODO APP	32
8.3	IDENTIFICACIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL OBJETO DE ESTUDIO	33
8.3.1	FORTALEZAS	34
8.3.1.1	Acceso restringido	34
8.3.1.2	Acondicionamiento Estructura Física	34
8.3.1.3	Salidas de Emergencia	35
8.3.1.4	Señales de seguridad	37
8.3.1.5	Altavoz	40
8.3.1.6	Cámaras de seguridad	41
8.3.1.7	Controles correctivos	41
8.3.1.8	Rutas de Mantenimiento	43
8.3.1.9	Parada de Emergencia	47
8.3.1.10	Hojas de seguridad	48
8.3.1.11	Procedimientos Operativos Normalizados	49
8.3.2	POR MEJORAR (MODIFICAR)	50
8.3.2.1.	Independizar los transformadores	50
8.3.2.2.	Contención insuficiente de los fosos bajo los transformadores	52
8.3.2.3.	Cuidado en el manejo de sustancias combustibles	53
8.3.2.4.	Presencia de humedad en el cuarto de transformadores	54
8.3.2.5.	Rediseño en los sistemas rociadores	54
8.3.2.6.	Adecuación Equipo Primeros Auxilios	55
8.3.2.7.	Mayor organización de las Rutas de Mantenimiento	56
8.4	APLICACIÓN METODOLOGÍAS	57
8.4.1.	ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS	57
8.4.2.	LISTAS DE CHEQUEO	58
8.4.3.	WHAT IF?	58
8.5	EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE RIESGOS	62
9.	<u>RESULTADOS: ACCIONES CORRECTIVAS SUGERIDAS</u>	64
10.	<u>OBSERVACIONES</u>	72
11.	<u>CONCLUSIONES</u>	73
12.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	74

<u>ANEXO A. M.S.D.S. ACEITE SHELL DIALA AX</u>	<u>76</u>
<u>ANEXO B. M.S.D.S. SÍLICA GEL</u>	<u>84</u>
<u>ANEXO C. P.O.N. RE-ENERGIZACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO</u>	<u>91</u>
<u>ANEXO D. LISTA DE CHEQUEO GENERAL</u>	<u>92</u>



Esta información no puede ser reproducida, ni registrada ni transmitida, por ninguna forma ni por ningún medio ya sea mecánico, electrónico, magnético, por fotocopia o cualquier otro sin el permiso previo de Cerro Matoso S.A.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama del proceso de PHA.	7
Figura 2. Fases que componen la producción de Ferroníquel.	8
Figura 3. Temperatura necesaria para cambio de fase .	9
Figura 4. Proceso de Fundición. Electroodos.	10
Figura 5. Transformador Eléctrico Línea 2.	11
Figura 6. Pared Exterior Cuartos de Transformador.	36
Figura 7. Salida de Emergencias Cuarto de Transformadores Línea 2.	37
Figura 8. Señalizaciones de Advertencia.	39
Figura 9. Indicador Salida de Emergencia.	40
Figura 10. Altavoz.	41
Figura 11. Cámara de Seguridad.	42
Figura 12. Equipo de Rescate y Primeros Auxilios	42
Figura 13. Duchas de Emergencia.	43
Figura 14. Instrumentación en los transformadores.	44
Figura 15. Etiquetado con rangos y valores nominales.	45

	Pág.
Figura 16. Dirección de flujos.	46
Figura 17. Indicador Agua de Enfriamiento Transformadores.	47
Figura 18. Pulsador Parada de Emergencia.	48
Figura 19. Vista superior distribución en los cuartos de Trafos.	51
Figura 20. Separación de los Trafos en el cuarto de Línea 2.	52
Figura 21. Vista lateral distribución de Transformadores Línea 1.	52
Figura 22. Foso contenedor en caso de derrame de aceite.	53
Figura 23. Contenedor aceite del transformador.	54
Figura 24. Presencia de agua en el cuarto de transformadores.	55
Figura 25. Sistema de Rociadores cuarto de trafos .	56
Figura 26. Camilla Primeros Auxilios Línea 1 .	57
Figura 27. Clasificación de Acción.	70
Figura 28. Jerarquía de Control.	71
Figura 29. Jerarquía en las Acciones Sugeridas	72

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características generales de los transformadores.	12
Tabla 2. Especificaciones de diseño y nominales.	12
Tabla 3. Salidas de tensión según la posición del TAP.	13
Tabla 4. Accidentes en Empresas de USA con Transformadores.	21
Tabla 5. Preguntas del proceso o lista de chequeo (Checklist).	24
Tabla 6. Ejemplo de Análisis de Consecuencias.	25
Tabla 7. Análisis de Consecuencia	58
Tabla 8. What If?	60
Tabla 9. Evaluación y calificación de riesgos	64
Tabla 10. Listado de Acciones Propuestas sugeridas.	65

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Hoja de datos de Seguridad Aceite Shell Diala AX	80
ANEXO B. Hoja de datos de Seguridad Sílica Gel	88
ANEXO C. P.O.N. Re-energización del Circuito Eléctrico	95
ANEXO D. Lista de Chequeo General para la Identificación de Riesgos	96

LISTA DE ABREVIATURAS

PHA	Process Hazard Analysis (Análisis de Peligros en Procesos)
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram (Diagramas de proceso e instrumentación)
HAZOP	Hazard and Operability Study (Estudio de Riesgo y Operatividad)
FMEA	Failure Mode and Effect Análisis (Modo de Falla y Análisis de Efecto)
PLC	Programmable Logic Controller (Controlador lógico programable.)
MSDS	Material safety data sheet (Hoja de Datos de Seguridad de Materiales)
PON	Procedimiento Operativo Normalizado

INTRODUCCIÓN

El siguiente análisis de riesgos es un intento de fortalecer la seguridad industrial dentro de la empresa de producción de ferroníquel Cerro Matoso S.A. en cuanto al tema de los transformadores de los Hornos Eléctricos Línea 1 y Línea 2. Este estudio es el primero que se hace en este tema y su principal objetivo es identificar, analizar y calificar los riesgos que los transformadores representan para luego proponer los controles adecuados.

Para la identificación de riesgos es necesario conocer y detallar el lugar donde los transformadores se ubican, las condiciones en las que se encuentran, analizar los controles actuales y evaluar que tan efectivos son y si se hace necesario una sustitución total o implementación y modificación de los actuales.

Para calificar un riesgo es importante saber cuántas vidas están en juego, la pérdida económica que le representaría a la empresa, además del impacto ambiental y social que conllevaría un accidente de esta magnitud. En estos términos las metodologías de análisis de riesgos estiman un calificativo basado en la severidad, exposición y probabilidad, y de esta forma estimar cuán peligroso puede estar significando cada uno de los riesgos considerados.

En este orden de ideas se hace entrega de un análisis detallado, explicando paso a paso la metodología que llevará a la exposición de una lista muy completa de acciones propuestas dentro de las cuales se puede encontrar controles tanto preventivos como correctivos para fortalecer la empresa en el tema de seguridad industrial, disminuyendo considerablemente la probabilidad de un incendio o explosión del objeto de estudio.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar, evaluar y analizar los riesgos que comprometen la salud, seguridad, ambiente y comunidad de la empresa CMSA, además de los riesgos del negocio y del proceso mismo que puedan generar los Transformadores de los Hornos Eléctricos debido a su criticidad.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Recopilar información relacionada al proceso de estudio como manuales, reportes de incidentes o accidentes previos en CMSA y procesos externos similares.
- ✓ Seleccionar y aplicar adecuadamente las diferentes metodologías a desarrollar para la identificación de riesgos.
- ✓ Evaluar y calificar los riesgos.
- ✓ Preparar un reporte para documentar todas las fases del proceso de revisión y el razonamiento que conlleva a las acciones correctivas.
- ✓ Elaborar una cartilla que reúna rutas de mantenimiento para los transformadores.

3. JUSTIFICACIÓN

El papel de los Transformadores de los Hornos Eléctricos de Cerro Matoso S.A. es de vital importancia en el proceso de producción de Ferro-Níquel, pero es aún más importante tener conciencia de la criticidad de éstos. El impacto que dichos Transformadores consigan generar en la empresa, comunidad y medio ambiente podrían llegar a ser catastróficos en la medida en que no existan los controles suficientes.

Graves consecuencias, tales como: explosión, incendio, derrame de sustancias (aceite) que pueden afectar el medio ambiente y emanación de gases tóxicos durante el incendio, impactarían negativamente a la Compañía, no solo generando pérdidas económicas con la suspensión de su producción sino que incluso podría ocasionar pérdidas humanas.

Dada la vulnerabilidad de la planta ante los peligros ya mencionados, salta a la vista la importancia de un estudio donde no sólo se identifiquen los diferentes peligros y riesgos latentes sino también se desarrolle una serie de recomendaciones y sugerencias para así lograr excelencia en la seguridad de las operaciones y de esta forma prevenir daños y más aún asegurar un control sobre la operación de la planta para que las lesiones e incidentes relacionados al proceso sean eliminados.

4. ALCANCE

El PHA o Análisis de Peligros en Procesos, como norma aplica a todas las Unidades de Negocios de CMSA, y en este caso en especial va dirigido a uno de los procesos de producción, que debido a su criticidad, se le debe efectuar revisiones cíclicas de los riesgos que éste genera. Es importante anotar que a este proceso no se le había aplicado esta metodología en la compañía anteriormente.

Como resultado de este estudio, se tiene como objeto entregar una serie de acciones correctivas, basadas en el desarrollo de un proceso donde se identifica, evalúa y analizan los riesgos según su severidad, exposición y probabilidad con los controles existentes.

Algunas características del objeto de estudio son descritas a continuación. Los Transformadores de los Hornos Eléctricos ABB, son todos monofásicos de 35MVA, tres por cada línea, es decir, seis en total. La tensión nominal primaria es 34.5kV, disponen de un cambiador de TAPS en el lado de carga y están sumergidos en aceite.

Las sugerencias y acciones correctivas que se entregarán como resultado al terminar la metodología PHA, dará inicio a nuevos proyectos tales como: implementación de nuevos procedimientos, implementación de nueva instrumentación, re-diseño de la instrumentación ya existente, cambios físicos a los cuartos de los transformadores, entre otras.

5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El PHA es una metodología desarrollada por DuPont (Compañía reconocida como líder mundial en seguridad) cuyo objeto principal es entregar los elementos para identificar, evaluar y analizar en forma semi-cuantitativa, los riesgos relacionados a la salud, seguridad, ambiente y comunidad, así como también los riesgos relacionados al proceso de producción desde el punto de vista económico.

Esta metodología dentro de la compañía Cerro Matoso S.A., se aplica a todas las Unidades de Negocios, más específicamente a todos los procesos de producción, que debido a su criticidad se les debe efectuar revisiones cíclicas de los riesgos. Esto último, con el fin de que los riesgos asociados a los procesos sean identificados, comprendidos y controlados, para que las lesiones e incidentes relacionados al proceso sean en lo posible eliminados.

En el análisis de procesos peligrosos es necesaria la identificación metódica de riesgos, mediante una serie de herramientas que permitan la revisión del proceso e identificación de diferentes situaciones que podrían conducir a eventos riesgosos, además de permitir visualizar posibles causas y escenarios. Así también es de gran importancia la evaluación de los controles existentes en los procesos y no solo encontrar las debilidades existentes en ellos sino también proponer o sugerir nuevos controles que sean más efectivos.

Como producto del estudio, se entrega una serie de recomendaciones enumeradas en orden de importancia debido a su vulnerabilidad dentro de la planta para una póstuma ejecución de las mismas. Además se hace entrega de una cartilla que sugiere unas rutas de mantenimiento a los

transformadores para garantizar un mejor desempeño, mayor vida útil y evitar de esta manera los peligros que éstos puedan generar.

El valor agregado de la aplicación del PHA a los Transformadores de los Hornos Eléctricos de CMSA como proceso crítico es permitir el control de riesgos y de esta forma garantizar la integridad de los trabajadores de la compañía en el ámbito de seguridad. Los Procesos peligrosos se seguirán revisando durante intervalos de la vida del proceso.

Es importante anotar que este PHA es el primero que se aplica a los Transformadores de los Hornos Eléctricos de Cerro Matoso S.A. lo que exige además un mayor grado de investigación y completa documentación para próximos estudios en este proceso específico de la planta.

6. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

Las etapas a seguir se enmarcan en el siguiente diagrama donde se describe globalmente el desarrollo de la metodología PHA.

Figura 1 - Diagrama del proceso de PHA



7. OBJETO DE ESTUDIO: TRANSFORMADORES

7.1. Funcionalidad dentro de la planta

Se recuerda que la principal función de Cerro Matoso S.A. es la producción de Ferroníquel, donde la materia prima para dicho proceso es extraída del yacimiento de mineral ubicado cerca del municipio de Montelíbano, Córdoba. Una vez el producto esté listo, el proceso de ventas y comercialización, se encarga de entregarlo a la industria metalúrgica del mercado nacional e internacional.

Las diferentes fases del proceso de producción de Ferroníquel se pueden observar en la Figura 2.

Figura 2 - Fases que componen la producción de Ferroníquel



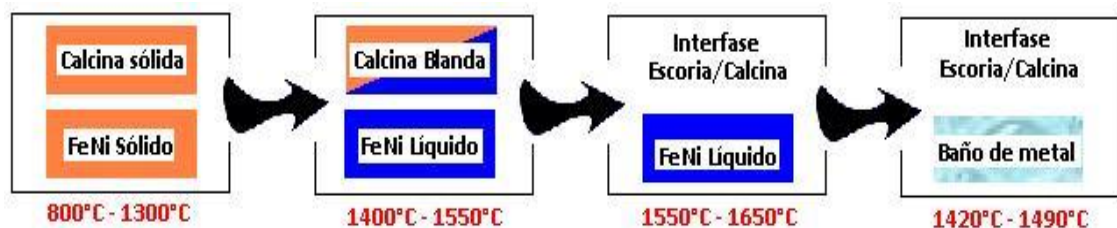
Se dará un enfoque al proceso de fundición puesto que la principal función de los Transformadores de los Hornos Eléctricos se ve directamente involucrada a este proceso.

La finalidad del proceso de Fundición es obtener un metal líquido sobrecalentado y crudo a partir de Calcina Caliente Pre-reducida. El metal líquido es extraído de los Hornos Eléctricos, para luego ser llevado a Refinación para eliminar algunas impurezas.

La calcina que es descargada desde las tolvas de alimentación a los Hornos Eléctricos se funde mediante la aplicación de energía eléctrica, la cual genera las condiciones para que se completen las reducciones de los Óxidos de Hierro y Níquel principalmente con el carbón residual que contiene, y así poder calentarla hasta llevarla al estado líquido.

Para el cambio de fase de sólido a líquido es necesaria la exposición a muy altas temperaturas, tal como muestra la figura a continuación.

Figura 3 - Temperatura necesaria para cambio de fase



Es aquí donde se centra la importancia de la implementación de tres transformadores monofásicos de 35MVA por cada Horno Eléctrico para que proporcionen los altos niveles de corriente que a su vez generarán altas temperaturas.

Figura 4 - Proceso de Fundición. Electrodo.



En la figura 4 puede observarse tres columnas entrando al material en estado de fusión. Éstas son llamadas electrodos y son las encargadas de suministrar la corriente eléctrica que hace posible la conversión de calcina a metal líquido. Estos electrodos se encuentran conectados a los Transformadores, siendo así la carga en ellos.

También debe resaltarse que a partir de la necesidad de suministrar altos niveles de corriente a la salida del transformador, éstos serán de tipo reductor, es decir, el devanado primario será de alta tensión (baja corriente) y el secundario de baja tensión (alta corriente).

Es importante también señalar el modo de conexión de los tres transformadores monofásicos: a la entrada ellos se pueden conectar ya sea en estrella o en delta, mientras que en la carga los electrodos se encuentran conectados siempre en delta.

7.2. Especificaciones de los transformadores

Figura 5 - Transformador Eléctrico Línea 2.



Una vez entendida la función de los transformadores dentro de la planta, se procederá a dar más detalles o especificaciones de los mismos. Recuérdese que hay dos juegos de tres transformadores, dado que hay un Horno Eléctrico por cada línea de producción, es decir, se cuenta con seis Transformadores monofásicos, todos de características similares.

Cabe anotar que la mayor diferencia entre los dos juegos de tres transformadores, es el año de fabricación. Los transformadores de Línea 1, fueron fabricados en el año 1996, mientras que los transformadores de línea 2 fueron fabricados en el año 1999. Lo que sugiere de pronto pequeños cambios en los equipos de medición y otras características que no serán contempladas en este libro.

Las características generales de los Transformadores Eléctricos son mostradas en las tablas a continuación.

Tabla 1 – Características generales de los transformadores

Referencia	Potencia Nominal	35 [MVA]. 63°C
	Frecuencia	60 [Hz]
Devanado Alta Tensión	Tensión Primaria Nominal	34.5 [KV] (+/- 10%)
	Corriente Nominal	1200 [A]
Devanado Baja Tensión	Corriente Máxima	26.5 [KA]
	Tensión Máxima	2695 [V]
	Tensión Mínima	816 [V]
Cambiador de TAP	Número de Taps	34
	Rango de tensiones Capacidad Completa	1322 – 2695 [V]
	Rango de tensiones Capacidad Reducida	816 – 1322 [V]

Tabla 2 - Especificaciones de diseño y nominales

Capacidad de diseño 63°C	Potencia	35 [MVA]
	Corriente Primaria	1014 – 1014 – 626 [A]
	Corriente Secundaria	12987 – 26475 – 26475 [A]
Capacidad Nominal 55°C	Potencia	32 [MVA]
	Corriente Primaria	928 – 928 – 573 [A]
	Corriente Secundaria	11883 – 24224 – 24224 [A]
	Frecuencia Nominal	60 [Hz]

En la tabla 3 se muestran los diferentes valores de tensiones a la salida del transformador dependiendo de la posición del cambiador de TAP.

Tabla 3 - Salidas de tensión según la posición del TAP

Posición cambiador de TAP	Tensión		Corriente		Potencia Nominal [KVA]	
	HV	LV	HV	LV		
	[V]	[V]	[A]	[A]		
1	34500	816		26,500	Por definir	
2		Por definir				
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						1,131
10						1,194
11						1,259
12		1,322	1,014.5		Capacidad Completa 35,000	
13		1,386				
14		1,450				
15		1,513				
16		1,575				
17		1,635				
18		1,700				
19		1,760				
20		1,825				
21		1,885				
22		1,949				
23		2,018				
24		2,078				

25		2,143			
26		2,197			
27		2,255			
28		2,315			
29		2,379			
30		2,447			
31		2,518			
32		2,575			
33		2,634			
34		2,695			

8. EJECUCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE ACTIVIDADES

8.1 Recopilación de la información

8.1.1 Preliminares

Las Compañías de Seguros consideran que para el caso específico de las Centrales Eléctricas, los transformadores son los equipos de mayor preocupación dentro de ellas debido a la gran cantidad de aceite que están en contacto con elementos de alto voltaje. Los escasos requerimientos de seguridad para tanques de presión, por ejemplo, y la falta de normas para la protección mecánica del tanque del transformador son también una gran preocupación.

Numerosos especialistas están de acuerdo en que es muy probable que las cifras de fallas en los transformadores incrementen en el futuro. Es por esta razón que los programas de privatización a nivel mundial de las empresas eléctricas de producción y distribución han originado la reducción de inversiones en ellas. Además el consumo de electricidad sigue aumentando a un promedio de 2% anual y con él, las sobrecargas en los transformadores.

El bajo nivel de las normas internacionales y la globalización del mercado provocan una baja en la calidad del transformador. Por lo tanto las explosiones e incendios en las nuevas Centrales son más frecuentes que lo que solían ser en el pasado.

En este orden de ideas, la prevención de incendios y explosiones de los transformadores se hace imprescindible si se ve desde la óptica financiera y de seguridad claro está. Para investigar el impacto económico y humano se procede a recolectar datos e información de casos de otras empresas que han

tenido incidentes y/o accidentes de este tipo, para aprender de los errores de ellas.

8.1.2 Estadísticas

La cantidad de artículos asociados a explosiones e incendios de transformadores y las estadísticas que pueden encontrarse en Internet prueban que las fallas de los transformadores son comunes. Se cree que el número de fallas en los transformadores aumenten de manera considerable en un futuro cercano, debido a los años de funcionamiento de los transformadores, la reducción del costo en nuevos equipamientos y la falta de calidad de los nuevos transformadores.

Las estadísticas que se presentan a continuación, fueron encontradas en internet.

- Existen aproximadamente 115.000 transformadores grandes sólo en USA y 400.000 en el mundo con un valor combinado superior a 200 mil millones de USD.
- Según la Empresa de Investigación Newton Evans Inc., el promedio de edad de un transformador es de 35 años. Esto significa que muchos de ellos, con una vida esperada entre 40 y 50 años, están llegando al término de su utilidad.
- Según la Caldera de Vapor Hartford, el más grande suscriptor de seguros de transformadores, el porcentaje de falla por año fue alrededor del 2% (2000 transformadores) en el 2008.

- En el caso de las empresas de electricidad, cuando un transformador explota inesperadamente los costos incluyen el reemplazo del equipamiento, la limpieza y reparación, la pérdida de ingresos y posibles costos de reemplazo de energía por un total que puede fácilmente alcanzar los diez millones de dólares americanos.

- Un gran número de empresas de electricidad en Estados Unidos y otros países han conocido problemas de explosión e incendio de transformadores durante muchos años. A lo largo de un año, SERGI (entidad americana especializada en la prevención de explosiones e incendios en transformadores) buscó en Internet incidentes de transformadores en USA registrando 730 casos.

- En base a una investigación que SERGI llevó a cabo durante un año sirvió para clasificar los costos de la siguiente manera:
 - Producción y/o pérdidas de distribución
 - Reemplazo del transformador dañado o destruido
 - Cambio e instalación del nuevo transformador
 - Limpieza y reparación
 - Puesta en servicio
 - Daños ambientales

8.1.3 Registro de accidentes provocados por fallas en los transformadores

8.1.3.1 *Incendio en Estación Hidroeléctrica en California*

Un incendio tuvo lugar en una estación hidroeléctrica ubicada en California debido a la explosión de un transformador elevador. Además de destruir el

transformador, el accidente disparó el generador y dañó un interruptor adyacente de la unidad del gas, ductos de barras y equipo auxiliar. Debido a la gran cantidad de aceite en el transformador de 158 [MVA], el fuego duró 48 horas. La causa fue atribuida a una falla del buje en el lado de alto voltaje, que creó un arco y luego generó los gases y la presión, que fueron lanzados explosivamente del transformador. Explosiones más pequeñas ocurrieron después de que las otras dos fases comenzaron a formar arcos. Debido al daño extenso al transformador, la causa no se podía determinar con certeza. Sin embargo, el mantenimiento y los expedientes de la reparación demostraron que los bujes en las otras dos fases fueron reparados varios años antes, pero, por alguna razón, el buje de la fase B no lo había sido. Este buje habría alcanzado el final de su vida útil y debía probablemente haber sido examinado y haber sido reparado o reemplazado.

8.1.3.2 *Explosión en planta Hidroeléctrica*

Una gran compañía americana del oeste, experimentó una explosión severa de un transformador en una planta hidroeléctrica. Este incidente se dio en una instalación tipo caverna (subterránea), destruyendo un transformador y dañando otro transformador próximo. Este acontecimiento condujo a un paro total de la planta por aproximadamente 4 meses y para el equipo afectado de 10 meses debido al tiempo necesario para reparaciones y cambio del transformador.

8.1.3.3 *Incendio en PT Inco*

En Mayo 26 del año 2006 fue reportado un incendio en un transformador de 116 MVA en PT Inco. El aceite quemándose incendia a su vez todos los equipos del cuarto eléctrico. Después del incidente son necesarios 3 meses para reparaciones del cuarto eléctrico, reemplazo de aislamientos averiados y

recuperación de los de difícil cambio. El 07 de Julio del mismo año se hace el arranque del transformador de repuesto.

8.1.3.4 *Fuego acaba con un Complejo de galvanoplastia en Gastonia, causando \$ 1 millón en daños (2 de enero de 2001)*

Un incendio en la planta de galvanoplastia Industrial Co. causó una explosión que se pudo oír cerca de una milla. El incendio tuvo lugar en la mañana y no había nadie dentro de los 10.000 pies cuadrados de construcción en el momento. Fueron necesarios 75 bomberos, entre ellos expertos en materiales peligrosos, alrededor de una hora para controlar el incendio. El fuego causó varias explosiones de transformadores eléctricos y materiales peligrosos dentro del complejo. El incendio se limitó a uno de los siete edificios de la propiedad, que ocupaba casi una manzana completa. La compañía de 70 empleados dedicada a trabajar con piezas de metal tales como el zinc y el níquel para el mercado de automoción, electrónica y telecomunicaciones. Investigadores consideraron que los productos químicos en el interior del complejo se encontraban en niveles que no plantean riesgos para la salud.

8.1.3.5 *Sinopsis de incidentes más relevantes*

Los incidentes documentados más relevantes fueron tomados del Banco de Datos de SERGI. El costo real por daños debido a estas explosiones e incendios fue estimado tomando la información del costo real proporcionado por empresas de electricidad y a partir de datos estadísticos encontrados en Internet y son mostrados en la **Tabla 4.**¹

¹ Los datos en la tabla 4 fueron extraídos de la fuente: Departamento de Investigación de SERGI (Francia). Incidentes de explosiones e incendios en transformadores: Pautas para la evaluación de costos por daños. Achères: Departamento de Investigación de SERGI. 2004.

Tabla 4 – Accidentes en Empresas de USA con Transformadores

Identificación	Tipo de Central	Capacidad de la Central [MW]	Descripción de la Central MWatt	EPES ² [Millones De USD]
CASO A	Gas y Carbón	480	La ruptura de un generador de la Unidad 1 provocó el incendio que se extendió rápidamente a las otras unidades de la Central. Esto causó la explosión de nueve transformadores.	235.7
CASO B	Bombeo y Almacenamiento	1350	El transformador de 150MVA de la Fase C de la Unidad 2 sufrió una falla a tierra. El aumento de presión originado por la falla causó la ruptura del tanque del transformador. Como no hubo suficiente oxígeno para quemar el gas, una bola de fuego recorrió todas las galerías destruyendo todo el material que encontró a su paso.	172.6
CASO C	Nuclear	1031	Después de haber terminado el aprovisionamiento de combustible, un transformador de generación de 350MVA sufrió una fuerte falla que provocó el incendio. La tapa del transformador se partió y causó la separación entre el lado de alta tensión y el lado de baja tensión.	27.5
CASO D	Hidro-eléctrica	292	Un transformador de 100MVA explotó y el incendio causado por la explosión se propagó a toda la Central.	27.12

²Expectativa de pérdida experimentada sin protección

8.2 Selección de las metodologías para la ejecución del PHA

Para llevar a cabo la ejecución del estudio PHA es necesaria la selección y póstuma aplicación de un método de análisis de riesgos apropiado. Para hacerlo, se debe tener conocimiento de los métodos existentes y escoger el método más adecuado en la identificación de los Riesgos, ya sea para cambios o para revisiones cíclicas de procesos. Algunos métodos recomendados para la identificación de riesgos son descritos a continuación.

8.2.1 Método What If / Checklist (Que pasa si... / Lista de Chequeo)

Este es el método fundamental y debe usarse en las revisiones de casi cualquier proceso. El método permite el aporte de ideas sobre situaciones que podrían conducir a eventos riesgosos. Después de generar ideas, se usan Listas de Chequeo para disparar reflexiones sobre situaciones que se pudieron haber pasado por alto. Se permite el uso del *What If* o el *Checklist*, ya sea como métodos separados ó en combinación. La combinación de los dos es recomendable para obtener mejores resultados.

Este método, cuando es realizado apropiadamente, es una poderosa técnica de evaluación de peligros de procesos que tiene como resultados:

- Identificación comprensiva de un amplio rango de incidentes peligrosos.
- Consensos en las acciones recomendadas para controlar con seguridad los procesos para un amplio rango de disciplinas (producción, mecánica, técnica, seguridad, personal exento y no exento).

8.2.1.1 *Fortalezas*

- Cubre un amplio rango de peligros
- Requiere poco entrenamiento y es fácil de usar
- Es efectivo como herramienta de aprendizaje
- Cuestiona el diseño
- Reconoce efectos de procesos adyacentes
- Compara procesos con experiencias previas

8.2.1.2 *Limitaciones*

- Los atajos conducen a una revisión deficiente
- La profundidad del análisis depende del conocimiento de los involucrados.
- Funciona solo si se hacen las preguntas correctas.

El tiempo y costo de un Estudio What If / Checklist es proporcional al número y complejidad de los procesos bajo análisis.

8.2.1.3 *Procedimiento general*

- ***Identificación de Peligros***

En esta identificación de peligros se deben revisar los PHA anteriores (en el caso de los transformadores es el primero en realizarse) e incidentes / accidentes que hayan ocurrido en proyectos o procesos similares al estudiado.

Los peligros potenciales conocidos en el proceso deben ser enumerados. Para esto se debe responder las preguntas relacionados en un formato dado (ver

Tabla 5), permitiendo así tener una idea clara sobre qué riesgos se debe enfocar el estudio.

Tabla 5. Preguntas del proceso o lista de chequeo (Checklist)

PREGUNTAS	SI	NO	OBSERVACIONES
A. Incendio			
a. Hay materiales inflamables / combustibles involucrados?	X		
b. Estos materiales están cubiertos por todos los códigos contra incendio apropiados (NFPA, API, Dupont, etc.)?	X		

- ***Realizar Análisis de Consecuencias***

El análisis de consecuencias ayuda a determinar las áreas críticas de los riesgos identificados en el paso anterior, esto permite que se haga un enfoque durante el transcurso del PHA en las situaciones que pueden producir los eventos indeseados.

El procedimiento consiste en identificar la sustancia peligrosa, el evento indeseado que puede ocurrir asociado con esta sustancia, la consecuencia asociada a este evento, la cantidad de material involucrado en el mismo, para organizarlas en columnas como muestra la Tabla 6.

Tabla 6. Ejemplo de Análisis de Consecuencias

Sustancia peligrosa	Evento que genera el riesgo	Consecuencias	Cantidad	Número de personas impactadas
Tolueno/Acido Nítrico	Mezcla en el tanque de tolueno causa explosión y fuego	Quemadura, Muerte	90,000 lb de Tolueno	70
Tolueno	Derrame por sobrellenado del tanque y fuego	Quemadura, muerte	10,000 lb	25
Tolueno	Se parte la tubería	Golpes, intoxicación	2,000 lb	25

- ***Realizar el Estudio What If / Checklist***

El procedimiento consiste en:

- Realizar una “Tormenta de Ideas” de situaciones peligrosas usando la técnica de “Libre Asociación”. Una vez se agotan las preguntas continúe en el siguiente paso.
- Elaborar nuevas preguntas relevantes basándose en las Listas de Chequeo: Integral de análisis de riesgos, Factores Humanos, Emplazamiento de las instalaciones en el sitio y Procesos inherentes más seguros. Estas listas de chequeo permiten verificar que se han cubierto todas las áreas del proceso. Responda a las preguntas formuladas en dichas listas.

- Verificar si en el momento en el que se está desarrollando el Análisis existen controles que busquen minimizar las consecuencias de los riesgos. Revisar cuales se tienen implementados actualmente que tiendan a minimizar las consecuencias del riesgo, y consignarlos.
- Definir la criticidad del riesgo para la compañía, calificando la severidad, exposición y probabilidad. De acuerdo a ello, el formato calculará automáticamente el nivel de criticidad correspondiente.

- ***Enumere las Acciones Correctivas***

El objetivo en este punto es determinar las acciones correctivas para los casos cuya calificación de criticidad esté por encima de 10. Las acciones de control buscan disminuir la severidad, probabilidad o frecuencia del riesgo detectado.

Para enumerar las Acciones Correctivas es necesario:

- Verificar la criticidad de acuerdo a la Norma de Administración de Riesgos y Manejo del Cambio. Calificaciones por encima de 10 requieren acciones de control.
- Una vez se determina que el riesgo necesita una acción correctiva, se generará una acción de Control y se consignará en la columna “Acciones Correctivas” del formato para What If.

8.2.2 Método FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis – Modo de Falla y Análisis de Efecto*)

Este método se enfoca en la falla de cada uno de los componentes del sistema (bombas, válvulas, controles, recipientes, operador, etc.). Se deben evaluar los efectos de las fallas de los componentes y priorizar los riesgos, usando una clasificación semi-cuantitativa.

Se recomienda para el análisis de pequeños segmentos de procesos peligrosos de alto potencial, tales como un Horno Eléctrico o una Columna de Destilación, en contraste con una operación de producción completa o un edificio de operaciones. El FMEA tiende a enfocarse en los equipos.

8.2.2.1 Objetivos del FMEA.

- Identificar los componentes y las fallas humanas que podrían causar o contribuir a eventos peligrosos.
- Identificar las fallas de los componentes que podrían tener múltiples efectos en el sistema (modos de falla comunes).
- Evaluar la capacidad de las salvaguardas de los procesos existentes y hacer Acciones Correctivas para corregir las incapacidades.
- Identificar los peligros que puedan requerir métodos cuantitativos de análisis de riesgos.

Como resultado, los usuarios de este método no pueden dar un énfasis adecuado a factores humanos tales como:

- Omisiones o errores en los procedimientos de operación
- Secuencias de Arranque y parada incorrectas
- Secuencias operacionales incorrectas en operaciones por baches.
- Otros errores del operador

8.2.2.2 Fortalezas

- Aproximación metódica a modos de falla y consecuencias
- Fracciona los procesos inusuales en segmentos para análisis crítico

8.2.2.3 Limitaciones

- Se enfoca en situaciones “pasan – no pasan” (instrumentos y equipos)
- No cuestiona las bases de diseño

8.2.2.4 Procedimiento general

- ***Seleccione un Sistema***

Inicialmente se debe seleccionar solo una parte del proceso al cual se le va a realizar un estudio más detallado con esta metodología de FMEA.

Para seleccionar el sistema, se debe determinar qué parte del proceso o cuáles equipos requieren un estudio más detallado siguiendo el FMEA, típicamente se puede realizar un barrido general de todos los equipos del sistema usando un P&ID si se requiere.

- ***Describa el Sistema***

El objetivo es conocer el sistema y los equipos a los cuales se les va a aplicar la metodología de FMEA, por tanto se hace una descripción del sistema bajo estudio.

- **Identifique los Componentes del Sistema**

El objetivo es identificar todos y cada uno de los componentes y/o equipos del sistema.

Para identificar los componentes del sistema liste cada componente y/o equipo, utilizando como ayuda el P&ID del sistema bajo estudio, de ser posible con una pequeña descripción del mismo. Consigne en el formato FMEA.

- **Enumere las Fallas o Modos de Error**

El objetivo es identificar todas las posibles fuentes de error de cada componente del sistema listado en el formato.

Para identificar las fallas o Modos de Error piense en las cosas y situaciones que pueden fallar en el componente que se está revisando. Consigne la falla o modo de error en la columna "Modo Potencial de Falla" del formato FMEA.

- **Enumere los Efectos de Seguridad en el Sistema Completo**

El objetivo es identificar qué efecto tiene la falla en el sistema completo al cual se le está realizando el estudio FMEA.

Para enumerar los efectos de seguridad identifique qué efectos (consecuencias) tiene en el sistema objeto de estudio la falla identificada.

Consigne el efecto en la columna “Efectos Potenciales de Falla” del formato FMEA. Ej.: Derrame de lodos que contaminan el ambiente.

- **Califique la Severidad, Exposición y Probabilidad. Escriba las acciones de control**

Se maneja de igual forma que en el método What If.

8.2.3 Método HAZOP (*Hazard and Operability Study – Estudio de Riesgo y Operabilidad*)

Este método cubre las desviaciones en los parámetros de operación en el sistema, y si estas desviaciones producirán un efecto riesgoso. Todas las posibles desviaciones son estudiadas de manera rigurosa usando palabras guías para sugerir posibles desviaciones por cada parámetro. El equipo decide si esas desviaciones tendrán como resultado consecuencias riesgosas.

El concepto de HAZOP asume que los sistemas trabajan bien cuando operan bajo condiciones de diseño y que los problemas emergen cuando ocurren desviaciones de esas condiciones.

Usando el método del HAZOP, un equipo multidisciplinario aporta ideas metódicamente a un diseño de proceso específico. El equipo revisa el proceso con base en los P&ID, siguiendo el flujo del mismo, se examinan desviaciones en los parámetros del proceso usando las palabras guía.

El uso de las palabras guía asegura que el diseño es explorado en cada forma concebible. Cuando el equipo identifica desviaciones, cada una de ellas será considerada, por lo que sus causas y consecuencias potenciales pueden identificarse.

8.2.3.1 Fortalezas

- Evaluación metódica de todas las desviaciones de la intención del diseño
- Es bueno para situaciones nuevas
- Diseñado para procesos químicos, pero puede ser adaptado para otros procesos

8.2.3.2 Limitaciones

- Asume que el diseño es correcto para situaciones normales
- Requiere un modelo o diagrama preciso (P&ID y Descripción Funcional del Proceso)
- Es muy fácil desviarse del tema principal

El tiempo y costo de un Estudio HAZOP es proporcional al número y complejidad de los procesos bajo análisis.

8.2.3.3 Procedimiento general

El HAZOP proporciona un medio efectivo de identificación de las consecuencias de las desviaciones y a su vez también es necesario desarrollar las Acciones Correctivas. Se puede recomendar rápidamente una acción específica como un resultado del conocimiento discutido mientras se identifica y evalúa una consecuencia. Cuando este es el caso, la recomendación debe ser documentada inmediatamente.

Los pasos por lotes ocurren aún en procesos continuos durante la preparación de equipo para pre-arranque, arranque, parada y preparación para entrada o mantenimiento. Estos pasos pueden ser incluidos en el procedimiento como

ítems separados para evaluación, o pueden ser considerados como desviaciones.

El uso de la metodología con un proceso por lotes requiere la aplicación de ciertas palabras guía para cada paso del proceso por lotes. Cada palabra guía debe estar asociada al parámetro “tiempo”, por ejemplo, la palabra guía “Ningún” debe incluir la no realización del paso en todo y “aparte de” debe incluir la realización del paso en un momento inadecuado. Adicionalmente esta aplicación requiere procedimientos de operación así como de P&IDs.

- **Defina los Nodos**

Para definir los nodos se analiza inicialmente el flujo de proceso utilizando un P&ID y se determinan los cambios en la intención de diseño en el flujo del proceso.

Para definir el nodo, siga el P&ID de acuerdo al flujo del proceso, hasta donde se encuentra un cambio en la intención de diseño del sistema. Ej. : Sea el caso de un Reactor Exotérmico, un sistema de enfriamiento, los Nodos serían El Reactor, el Sistema de extracción de calor, la Válvula de Alivio y el Intercambiador de calor.

- **Defina la Intención de Diseño del Nodo**

Para cada nodo es necesario establecer la intención específica del diseño y la operación. Defina la intención del diseño y la operación, teniendo en cuenta la descripción operativa del sistema.

- **Encuentre las Desviaciones**

El objetivo de este punto es identificar las desviaciones que se pueden presentar de la intención de diseño. Para encontrar las desviaciones, liste los parámetros importantes y encuentre desviaciones para cada uno, usando las palabras guía y la matriz de desviación.

- **Encuentre las Causas de la Desviación**

El objetivo de este punto es encontrar cuales son las posibles causas de las desviaciones encontradas. Para encontrar las causas, pregúntese que evento puede causar la desviación y consigne las causas en la columna “Causas Posibles” del Formato HAZOP.

- **Encuentre las Consecuencias de la Desviación**

El objetivo de este punto es encontrar que efecto tiene, en el todo el sistema, la desviación detectada.

Escriba las consecuencias de la desviación asumiendo que todas las protecciones fallan. Consigne las consecuencias en la columna de “Consecuencias” del Formato HAZOP.

- **Enumere los controles existentes, califique la severidad, exposición y probabilidad y escriba las acciones de control**

Tal como fue explicado anteriormente en el método What If.

8.2.4 Método APP (*Análisis de Peligros en Procedimientos*)

Se enfoca en el análisis de las tareas a realizar durante la ejecución de un procedimiento de montaje, pruebas, arranque, operación o mantenimiento, ya

sea para un proyecto o proceso. Dado a que este caso no aplica, no se tendrá en cuenta.

Para efectos del estudio presentado en este trabajo de grado: Análisis de riesgo Transformadores de los Hornos Eléctricos Línea 1 y 2, las metodologías escogidas fueron: Análisis de Consecuencia, What If, listas de chequeo y FMEA.

No se consideró necesaria la implementación de la metodología HAZOP dado que con las metodologías ya seleccionadas es suficiente cubrir un buen y completo estudio de riesgos, además de evitar repetir ideas antes contempladas o desviar la atención del tema central.

8.3 Identificación y estado actual del objeto de estudio

Haciendo énfasis en la idea de que un estudio de riesgos es un proceso mediante el cual se identifican las amenazas y las vulnerabilidades en una empresa, se hace necesario una especie de auditoría, donde se observa detalladamente las características de los cuartos de transformadores para evaluar de esta forma con qué fortalezas se cuenta como también identificar los aspectos que hay que mejorar.

En esta etapa la observación se vuelve la protagonista principal para así detectar los riesgos a los que se está expuesto el personal y la empresa en general. Entonces evaluar las condiciones en que se encuentran los transformadores actualmente, es un paso primordial para convertir las falencias en aciertos y reforzar los controles ya existentes.

A continuación serán registradas de manera fotográfica las fortalezas y/o controles con las que actualmente se cuenta.

8.3.1 Fortalezas

El cuarto de transformadores cuenta actualmente con cierto número de controles y ciertos requerimientos básicos que exigen algunas normas de seguridad.

8.3.1.1 Acceso restringido

La entrada al cuarto de transformadores solo está permitida al personal con conocimientos en eléctrica, ya sean técnicos o ingenieros en esta área. Quienes tienen dicho permiso están debidamente listados y sólo ellos tienen llaves para poder acceder y hacer su trabajo. Por regla el personal debe reportarse cuando va a ingresar y avisar qué tarea va a realizar. Si alguien no autorizado necesita entrar debe solicitar un permiso especial y entrar en compañía de uno de ellos.

8.3.1.2 Acondicionamiento Estructura Física

Tomando como base el código eléctrico colombiano – NTC 2050, los Transformadores con aislamiento de aceite instalados para uso en interiores, se deben instalar en una bóveda de ciertas características específicas.

Las paredes y techos de las bóvedas para transformadores están hechas de materiales con resistencia estructural adecuada a las condiciones de uso y se considera que tienen una resistencia mínima al fuego de una hora. Como estos cuartos tienen por debajo otros niveles de la planta, el piso tiene una resistencia

estructural adecuada para soportar la carga impuesta sobre él, además de resistencia al fuego.

La Norma recomienda como elemento típico con tres horas de resistencia al fuego el concreto reforzado de 0,15 m de espesor. Este punto queda pendiente por revisar y queda registrado dentro de las sugerencias y recomendaciones finales.

Figura 6 - Pared Exterior Cuartos de Transformador



8.3.1.3 Salidas de Emergencia

Cada cuarto de transformadores cuenta con una salida de Emergencia. Cabe resaltar que la planta cuenta con dos cuartos de transformadores, una por cada línea de producción, y a su vez cada cuarto tiene tres transformadores monofásicos instalados. La diferencia entre un cuarto y otro, es la diferencia de tiempo con la que fueron construidos (aproximadamente 15 años), es por esta

razón que el cuarto de transformadores Línea 2, cuenta con mejores controles que el de Línea 1.

El cuarto de transformadores Línea 2, específicamente, cuenta con una puerta especial anti pánico que proporciona una apertura hacia el techo de los Hornos Eléctricos por medio de una barra de empuje la cual desbloquea la puerta (tal como muestra la **Figura 7**). Las puertas anti pánico ayudan sustancialmente en la implementación del plan de evacuación donde en caso de emergencia pueden peligrar vidas humanas.

Figura 7 - Salida de Emergencias Cuarto de Transformadores Línea 2



Adicionalmente la puerta es corta fuego, diseñada para sellar el espacio de aire entre puerta y previene el paso de gases, humo y llamas en caso de incendio. Cuando es expuesto al calor, el material se expande formando un fuerte carbón aislante que detiene la propagación del fuego.

8.3.1.4 Señales de seguridad

El objetivo de las señales de seguridad es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se ejecutan trabajos eléctricos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro potencial. Las señales de seguridad no eliminan por sí mismas el peligro pero dan advertencias o directrices que permitan aplicar las medidas adecuadas para prevención de accidentes.

En la Figura 8 se pueden observar dos señales muy claras. La primera, un aviso que advierte sobre la presencia de electricidad y manejo de altas tensiones. La segunda, consiste en una barrera o separador en rayas reflectivas que restringe el paso a las conexiones eléctricas del transformador.

Figura. 8 - Señalizaciones de Advertencia



Figura 9 - Indicador Salida de Emergencia

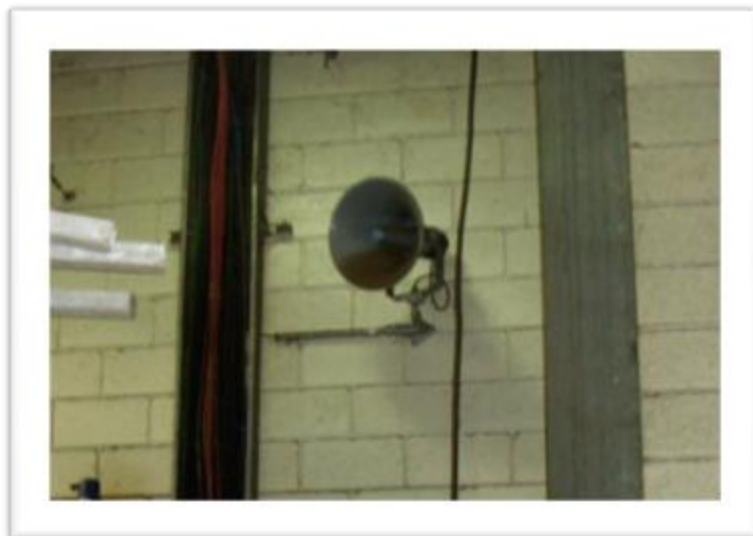


Su función radica en indicar la ruta o camino a seguir para encontrar la salida en caso de una emergencia. Estos avisos de evacuación cumplen con las normas establecidas tales como colores, correcta ubicación y luminosidad para la visualización de ellos en la oscuridad.

8.3.1.5 Altavoz

Puede ser considerado también como señalización, sólo que éste no es un medio visual sino sonoro.

Figura 10 - Altavoz



En pocas palabras el altavoz consiste en un medio de transmisión. Dado un caso de emergencia, su función es advertir y avisar al personal del peligro actual para que estos evacúen el área. La norma indica que el anuncio debe repetirse 3 veces después de la activación de una alarma, especificando clase de emergencia, solicitar la presencia del personal entrenado como brigada y

evacuación de todos los demás presentes en el área o edificio completo, según la criticidad del evento.

8.3.1.6 Cámaras de seguridad

Éste es un control que se tiene en modo visual. Ofrece la ventaja de observar constantemente lo que ocurre dentro de los cuartos de transformadores. Esta señal es visualizada en el cuarto de control por los operarios del lugar. Este dispositivo además de ofrecer un control preventivo que es la vigilancia permanente, también ofrece un control correctivo, puesto que registra el evento en caso tal de ocurrir un incidente para posteriormente hallar respuestas y sacar conclusiones acerca del origen del mismo.

Figura 11 - Cámara de Seguridad



8.3.1.7 Controles correctivos

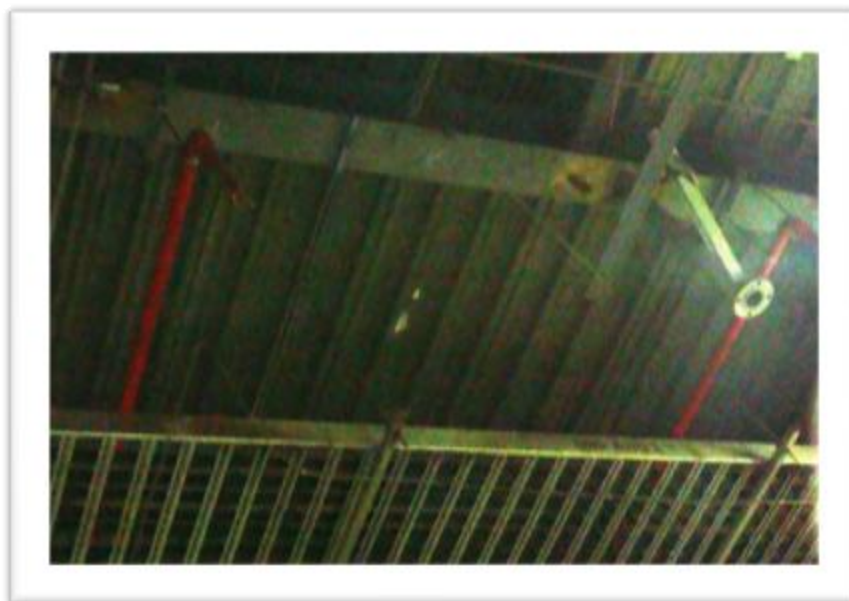
Figura 12 - Equipo de Rescate y Primeros Auxilios



En la Figura 12 puede observarse una zona destinada exclusivamente al auxilio en caso de un accidente. Empezando de izquierda a derecha, en primer lugar se encuentra un botiquín de Primeros Auxilios, con los utensilios necesarios dada una emergencia, una camilla para el traslado de personas que se encuentren heridas o desmayadas y un extintor para contrarrestar el fuego. Los implementos anteriormente mencionados se encuentran solo en el cuarto de Transformadores Línea 2.

Todo el personal eléctrico está entrenado en el uso de estos equipos, adicionalmente el personal de HSE se encarga de verificar el mantenimiento anual de los extintores a fin de garantizar que estén debidamente recargados .

Figura 13 - Duchas de Emergencia



Los cuartos de Transformadores cuentan con un sistema de rociadores automáticos cuya función consiste en activarse una vez haya señal de incendio, descargando agua para evitar que el fuego se extienda. Los rociadores automáticos brindan bastante protección, son seguros, sólo se activan en caso de necesidad y dan la alarma para que acudan los bomberos.

8.3.1.8 Rutas de Mantenimiento

La importancia del mantenimiento preventivo de los transformadores es esencial para un alargamiento de su vida útil además de evitar posibles riesgos de seguridad que no solo podrían significar pérdidas materiales sino también humanas en el peor de los casos. En la empresa existen una serie de rutas de mantenimiento que son llevadas a cabo por el personal con conocimiento eléctrico.

Figura 14 - Instrumentación en los transformadores



La instrumentación en los transformadores es indispensable puesto que a partir de las lecturas que éstos ofrecen se puede detectar anomalías a tiempo y evitar un accidente. Adicionalmente mediante sistemas de PLC señales como nivel de agua, aceite y temperatura de bobinados son visualizados en los monitores del cuarto de control, permitiendo así una vigilancia constante de estos índices.

Un buen ejercicio es anotar las lecturas de los diferentes medidores que se encuentran instalados, tales como niveles de aceite, niveles de agua, temperaturas, presiones, color en la sílica, etc., y cuando las lecturas sean muy diferentes de las obtenidas en condiciones normales, será necesario realizar una verificación cuidadosa. En adición a lo anterior, se debe prestar atención a fenómenos anormales tales como ruido, cambio de color o de olores, que pueden detectarse a través de los sentidos.

Figura 15 - Etiquetado con rangos y valores nominales



En la Figura 15 se puede observar las diferentes etiquetas en las válvulas y pulsadores, indicando el estado habitual de dichos componentes, así como rangos de lectura adecuados o permisivos.

Figura 16 - Dirección de flujos



Todos los sistemas de transporte o almacenamiento de sustancias químicas que se utilizan en una Empresa deben tener según especificaciones de la norma, una adecuada señalización e identificación, de tal forma que se garantice la seguridad y protección de quienes manipulan o manejan estas sustancias.

Tal es el caso del intercambiador de calor, por un lado circula el aceite que se encuentra caliente y por otro el agua a menor temperatura que es la encargada de enfriar dicho aceite sin hacer contacto con éste. La Figura 16 muestra la dirección que toma el agua luego de realizar su función. La norma indica que si la sustancia es agua el color que se debe usar para la señalización es el verde.

Figura 17 – Indicador Agua de Enfriamiento Transformadores



Este dispositivo aunque no controla el nivel de agua entrante o saliente, su función principal es indicar qué cantidad de metros cúbicos están entrando y saliendo, presión con la que entra y retorna, el porcentaje de pureza en ella, temperatura, entre otras propiedades del líquido que circula en el sistema de enfriamiento de los transformadores.

Otro módulo de instrumentación bastante útil que permite las lecturas necesarias de los datos en las revisiones habituales para un mantenimiento eficaz.

8.3.1.9 Parada de Emergencia

Figura 18 - Pulsador Parada de Emergencia



Habitualmente toda máquina debe disponer de un dispositivo de parada de emergencia que esté en un lugar visible y fácilmente accesible para que pueda ser alcanzado fácilmente por el operario. Este paro de emergencia cortará directamente la alimentación sin pasar por PLC ni dispositivos intermedios que no puedan asegurar la fiabilidad de dicha parada.

Este pulsador será accionado en condiciones anormales de funcionamiento cuando aparece una situación de peligro (emergencia) tanto para el operario como para la máquina, éste será capaz de cortar la corriente máxima del motor de mayor potencia en condiciones de arranque y mientras el interruptor se encuentre activado no será permitida la puesta en marcha de la máquina.

8.3.1.10 Hojas de seguridad

Una hoja de seguridad, es un importante documento que permite comunicar, en forma muy completa, los peligros que ofrecen los productos químicos tanto para el ser humano como para la infraestructura y los ecosistemas. También informa acerca de las precauciones requeridas y las medidas a tomar en casos de emergencia.

Comúnmente se les conoce con el nombre MSDS, sigla que proviene del idioma inglés y se traduce “Hoja de Datos de Seguridad de Materiales”. Cada producto químico o mezcla de ellos, debe tener su hoja de seguridad; por ello quien la elabora es quien conoce a la perfección sus propiedades, es decir, el fabricante del producto.

Esta información son utilizadas generalmente por los trabajadores de la empresa para consultar sobre la peligrosidad de las sustancias que manejan, también el personal de las brigadas al presentarse una emergencia e incluso a

nivel directivo para tomar medidas de prevención y control a partir de los datos que aparecen en la MSDS.

El contenido de una MSDS consiste en: la identificación de la sustancia (nombre, sinónimos, dirección y teléfono fabricante), identificación del peligro (posibles consecuencias de contacto con el producto, vías de ingreso al organismo, la duración de contacto que podría afectar la salud, y los órganos que podrían verse afectados), composición (información de los ingredientes), medidas de primeros auxilios (medidas básicas de estabilización a emplear ante inhalación, absorción, ingestión o contacto con el producto hasta que se tenga acceso a la atención médica), medidas en caso de incendio (posibilidades de que la sustancia se incendie y bajo qué circunstancias, temperaturas de inflamabilidad, sistemas adecuados de extinción de incendios), almacenamiento y manejo, controles de exposición y protección personal, propiedades físicas y químicas, estabilidad y reactividad, información toxicológica, información ecológica, sobre desechos, de transporte, reglamentaria y adicional.

A nivel de Transformadores son dos las sustancias que se manejan: El aceite Shell Diala AX y la sílica gel, ver **Anexos A y B** al final del documento.

8.3.1.11 Procedimientos Operativos Normalizados

Los P.O.N. consisten en procedimientos establecidos por la empresa, que describen los principios básicos operativos a poner en práctica en caso tal de que se llegase a presentar una emergencia dentro de la planta sin importar lo sencilla o compleja que sea. En el caso de los Transformadores se cuenta con

solo una, dada la necesidad de reconectar los equipos después de una parada de los mismos. Ver **Anexo C**.

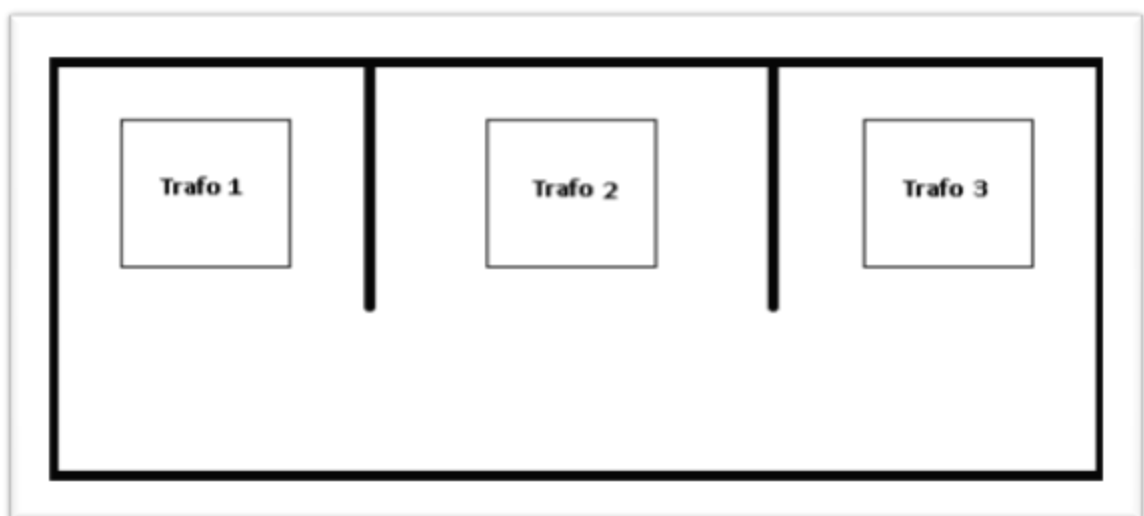
8.3.2 Por mejorar (modificar)

La planta cuenta con ciertos controles que como se verá a continuación a veces no son suficientes y será necesaria una adecuación de los mismos o en su defecto la implementación de mejores controles.

8.3.2.1. Independizar los transformadores

Como se había mencionado anteriormente, existe una distribución de tres transformadores en cada uno de los cuartos (Línea 1 y 2), tal como se muestra en la Figura 19.

Figura 19 - Vista superior distribución en los cuartos de Transformadores



Lo anterior muestra que todos los nichos de los transformadores están conectados y un incendio en cualquiera de ellos evidentemente se propagaría incendiando a los dos restantes. Se sugiere rediseñar dicha estructura de tal forma que se puedan independizar los transformadores y de esta manera evitar que el aceite derramado se extienda incendiando las otras zonas.

Figura 20 - Separación de los Transformadores en el cuarto de Línea 2.

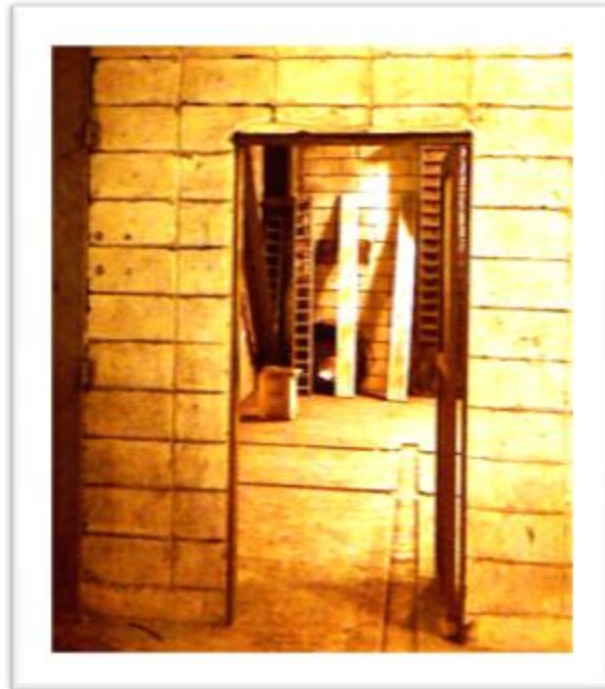


La Figura 20 muestra el grosor de la pared que separa parcialmente cada uno de los transformadores de Línea 2, que aunque parece ser segura dada la profundidad y el material con el que está elaborada, no será suficiente resistencia en caso de presentarse un incendio.

La vista lateral que muestra la Figura 21 de el cuarto de transformadores Línea 1, cuenta adicionalmente con puertas en las separaciones, pero éstas no brindan la seguridad suficiente para evitar el problema mencionado, dado el material y poco grosor en ellas.

Adicionalmente un problema menor también ligado al mal diseño, es que dado que no hay separación suficiente entre los cubículos, en caso de incendio todos los rociadores se dispararían causando un alto consumo de agua y problemas de drenaje.

Figura 21 - Vista lateral distribución de Transformadores Línea 1



8.3.2.2. Contención insuficiente de los fosos bajo los transformadores

Figura 22 - Foso contenedor del transformador en caso de derrame de aceite



Claramente se observa que el área del foso colector de drenaje en los transformadores no cuenta con la capacidad suficiente para contener la cantidad suficiente de aceite en caso de un derrame. Se calcula que cerca de 20 metros cúbicos de aceite serán suficientes para causar un gran incendio.

8.3.2.3. Cuidado en el manejo de sustancias combustibles

En el momento de la auditoría en el lugar se encontró un contenedor de aceite Shell Diala AX, el utilizado para llenar la cuba de aceite del Transformador. Es importante exigir a los operarios el tener cuidado con el manejo del mismo y no permitir la presencia de materiales combustibles cerca a los transformadores.

Figura 23 - Contenedor aceite del transformador



8.3.2.4. Presencia de humedad en el cuarto de transformadores

La Figura 24 se muestra una entrada de agua dentro del cuarto de transformadores. Se sugiere averiguar de dónde proviene, sellar este desperfecto y de esta forma en lo posible evitar contacto con los transformadores.

Figura 24 - Presencia de agua en el cuarto de transformadores



8.3.2.5. Rediseño en los sistemas rociadores

Anteriormente el sistema de rociadores fue colocado como una de las fortalezas en seguridad que posee los cuartos de transformadores. La sugerencia es que pese a que este intento de protección con buena intención es necesario revisar el diseño y cumplir con la norma establecida por el NFPA. En adición, se deben elaborar los planos correspondientes y es necesario

verificarlos pues todo sistema de protección debe corresponder al riesgo que protegen.

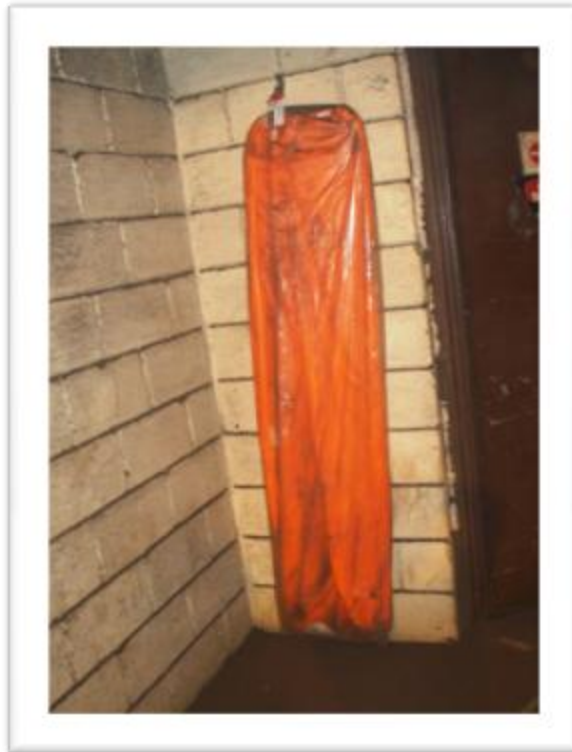
Figura 25 - Sistema de Rociadores dentro del cuarto de transformadores



8.3.2.6. Adecuación Equipo Primeros Auxilios

Se sugiere adaptar un equipo de Primeros Auxilios igual al que se tiene en el cuarto de transformadores Línea 2, que fue mostrado dentro de las fortalezas antes mencionadas. Incluir un botiquín, mejor ubicación junto al extinguidor y más visualización con colores como la norma lo exige.

Figura 26 - Camilla Primeros Auxilios Línea 1



8.3.2.7. Mayor organización de las Rutas de Mantenimiento

Como control administrativo se tiene una muy completa base de datos con un gran número de rutas de mantenimiento para los Transformadores del Horno Eléctrico, lo cual es positivo, pero se recomienda simplificarlos para efectos de asegurar el cumplimiento de todos estos procedimientos.

8.4 Aplicación Metodologías

Una vez identificados los riesgos más perceptibles mediante la observación, se aplicarán las metodologías antes mencionadas, apegándose al procedimiento que éstas exigen y mediante el diligenciamiento de los diferentes formatos que las acompañan.

8.4.1. Análisis de Consecuencias

Tabla 7 - Análisis de Consecuencia

SUSTANCIA PELIGROSA	EVENTO QUE GENERA EL RIESGO	CONSECUENCIAS	CANTIDAD	NÚMERO DE PERSONAS IMPACTADAS
SHELL DIALA AX	Contacto del aceite dieléctrico con personal durante su manipulación	- Contactos prolongados o repetidos pueden llegar a producir dermatitis en pieles muy sensibles.	- 8 hr TWA: 5 mg /m ³ ACGIH. - 15 min STEL: 10 mg/m ³ ACGIH."	2 a 4
	Contacto de agua con el aceite en el intercambiador de calor	- No está clasificado como inflamable, pero es combustible. - La inhalación de vapores puede llegar a causar irritación leve de las vías respiratorias en personas muy sensibles.		
	Impacto ambiental: Derrame del aceite dieléctrico	- El contacto con los ojos puede resultar en irritación y enrojecimiento. - En caso de ingestión puede resultar en náusea o malestar estomacal.		

SILICA GEL	Contacto del aceite dieléctrico con personal durante su manipulación	- Puede causar irritación a la piel, ojos y tracto respiratorio. - Incombustible. No es considerado como peligro de fuego y explosión."	- Sílica (sintética): OSHA PEL 20 mppcf - Para sílice amorfa: ACGIH (TLV) 10 mg/m3	1 ó 2
-------------------	--	--	---	-------

8.4.2. Listas de chequeo

Como se había mencionado antes, se diligencian los formatos de lista de chequeo correspondientes a: Integral de análisis de riesgos, Factores Humanos, Emplazamiento de las instalaciones en el sitio y Procesos inherentes más seguros. Para efectos de respetar las normas de privacidad de la empresa solo será mostrada una de ellas: Lista de Chequeo General para la Identificación de Riesgos. Ver **Anexo D**.

8.4.3. What If?

Tabla 8. What If?

Qué Pasa Si...?	Consecuencia	Controles Existentes
Los cables de alta de acometida al transformador pierden aislamiento (<34.5 Mohms)	Arco eléctrico Parada de planta	Interruptor automático
Los cables de alta de acometida al transformador no tienen la suficiente capacidad de conducción de corriente	Arco eléctrico Incendio otros cables o equipos	Interruptor automático
Presenta falla en el plug de	Arco eléctrico	Interruptor automático.

conexión Pfisterer (cable de entrada) a los transformadores debido a falla interna en conjunto con sobretensiones.	Explosión fuga aceite incendio Muertes Quemaduras.	e PON. Detección de incendios. Sprinkler de agua.
Pierde el nivel de aceite siliconado por fuga u otras causas en la caja de conexiones	Arco eléctrico Incendio Contaminación ambiente por aceite	Sensores de nivel con alarma y disparo. Revisión del operador de campo cada 8 horas Ruta mensual de mantenimiento.
Hay pérdidas de las propiedades dieléctricas del aceite siliconado en la caja de conexiones de potencia de entrada	Arco eléctrico Incendio Contaminación ambiente por aceite	Relés Buchholz Relé sobrepresión Ruta termo gráfica
Falla en descargador de sobretensiones incorporado dentro de la caja de entrada de alta (ítem # 53 de plano e-0040-0400)	Arco eléctrico Incendio Contaminación ambiente por aceite	Interruptor automático. PON. Relé sobrepresión Detección de incendios. Sprinkler de agua. Contador de descargas. Ruta de mantenimiento. Protecciones sobrevoltaje aguas arriba.
El contador de descargas eléctricas se daña y no continúa contando.	Explosión protector de sobrevoltajes por no cambiarlo a tiempo. Incendio. Contaminación ambiente por aceite	Interruptor automático. PON. Relé sobrepresión Detección de incendios. Sprinkler de agua. Protecciones sobrevoltaje aguas arriba.
Falla en el buje o pasamuro de alta de la cuba del transformador.	Arco eléctrico Incendio Contaminación aceite cuba principal	No hay
Falla en el sensor de nivel de aceite siliconado en la caja de conexiones	Arco eléctrico Incendio Contaminación ambiente por aceite	Ruta mantenimiento
Falla en el relé Buchholz del tanque de conexiones	Arco eléctrico Incendio Contaminación	Ruta mantenimiento

ambiente por aceite

Si fallan los transformadores de medición de corriente para el sistema de regulación	No hay regulación de impedancia de electrodos Limitación de potencia máxima al horno	Ruta mantenimiento Diseño seguro del regulador de electrodos
Si fallan los transformadores de corriente para relé de protección	No habría disparo en caso de falla real Explosión Incendio	Protecciones aguas arriba
Si falla el sistema de imagen térmica del devanado	No habría disparo en caso de falla real Explosión Incendio	Relés Buchholz Relé sobrepresión RTD de aceite (L2) Repuesto en bodega
Si falla el ruptor del cambia taps: No cambia de posición	Desbalance de corriente de electrodos. Disparo del horno.	Ruta mantenimiento Operación manual local
Si se desgastan contactos internos del ruptor y/o los contactos fijos cambia tap	Arco eléctrico interno Incendio fuga de aceite al ambiente	Limitador máximo de operaciones (L2). Ruta de mantenimiento. Contrato mantenimiento Relés Buchholz Relé sobrepresión Repuestos sueltos Un ruptor completo L1
Falla sistema motriz del cambia taps	Desbalance de corriente de electrodos. Disparo del horno.	Ruta mantenimiento Operación manual local
Se fuga aceite del ruptor hacia la cuba principal.	Contaminación aceite cuba ppal.	Ruta mantenimiento Análisis de aceites
Fuga de aceite del cambia tap hacia fuera del transformador	Arco eléctrico interno Incendio fuga de aceite al ambiente	Ruta mantenimiento Sensor de nivel con alarma y disparo Relés Buchholz Relé sobrepresión
Falla el sistema de filtración del aceite del cambiataps	Arco eléctrico interno Incendio	Ruta mantenimiento Alarma en CCC por filtro sucio

Sobrecalentamiento del bobinado principal	Arco eléctrico interno Incendio fuga de aceite al ambiente Generación de gases de la cuba"	Rutas mantenimiento Sensor de nivel con alarma y disparo Relés Buchholz Relé sobrepresión Interruptor sobre corriente Disparo por desbalance
Fuga de aceite de la cuba principal hacia fuera del transformador	Fuga de aceite al ambiente Recalentamiento transformador Arco eléctrico Incendio	Rutas mantenimiento Sensor de nivel con alarma y disparo Relés Buchholz Sensor flujo aceite Relé sobrepresión Interruptor sobre corriente
Falla en el sistema de protección eléctrica del transformador	No habría disparo en caso de falla real Explosión Incendio"	Rutas mantenimiento Backups de datos de los relés Multilin Interruptores aguas arriba
Falla del sistema de enfriamiento de aceite del transformador (motores, bombas, válvulas, intercambiadores, regulador agua, suministro de agua etc.)	Sobrecalentamiento del aceite y del bobinado. Disparo del horno. Acortar la vida del transformador.	Rutas mantenimiento Sensor flujo aceite Sensor flujo de agua Sensor presión diferencial filtro sucio. Sensores de temperatura de aceite (L2) y de agua
Válvula de alivio de presión de agua de enfriamiento está pegada o ubicada en un valor muy alto.	Aceite dieléctrico contaminado con agua. Arco eléctrico. Incendio. Explosión Fuga aceite al ambiente	Rutas mantenimiento. Sensor de presión diferencial Intercambiador agua-aceite. Reguladora de presión de agua
Bajo aislamiento en los bobinados del transformador.	Arco eléctrico interno Incendio fuga de aceite al ambiente Generación de gases de la cuba	Interruptor automático mantenimiento por condición del aceite Análisis anual aceite
Fuga de agua de enfriamiento, mangueras barraje (L2) o de	Arco eléctrico externo	Cámara de video. Rutas mantenimiento

sprinklers de la red contra incendio hacia la parte superior de los transformadores. Incendio fuga de aceite al ambiente

Fuga de material particulado con gran acumulación sobre los transformadores.	Facilita arco eléctrico en el barraje de baja. Incendio	Cámara de video. Rutas mantenimiento
Ocurre incendio en zona aledaña al cuarto del transformadores	Daño a ductos, barrajes, cables, transformadores, estructuras, interrupción proceso de 5 días, lesiones y fatalidad.	Cuarto L2 en muro bloque y L1 en bloque pero incompleto Sistema detección incendios Sistema extinción con agua

8.5 Evaluación y calificación de riesgos

Luego de la aplicación de las diferentes metodologías se procede a enumerar en una lista los diferentes peligros latentes para así evaluarlos y calificarlos siguiendo la Norma de Administración de Riesgos y Manejo del Cambio. El objetivo en este punto es definir la criticidad de cada uno de los riesgos identificados para la compañía.

En base al método What If? y las suposiciones planteadas en este formato, se evalúa Severidad, Exposición y Probabilidad, como puede detallarse en la **Tabla 9**, a continuación. En dicha tabla se muestra solo algunos ítems para evitar volver repetitivo el presente documento.

Finalmente en la última columna se le da una calificación a los riesgos evaluados que depende de las tres columnas que le anteceden. La calificación del riesgo indica qué tan peligroso puede ser cada caso supuesto para la empresa, siendo más grave y por tanto de mayor prioridad los valores más altos.

Tabla 9. Evaluación y calificación de riesgos

¿Qué pasa si?	Severidad con Controles	Exposición con Controles	Probabilidad con Controles	Calificación del riesgo
Los cables de alta de acometida al transformador pierden aislamiento (<34.5 Mohms)	Nivel 4	Al menos una vez a la semana	No Ha Sucedido Todavía, Pero Podría Suceder	90,00
Los cables de alta de acometida al transformador no tienen la suficiente capacidad de conducción de corriente	Nivel 4	Al menos una vez a la semana	No Ha Sucedido Todavía, Pero Podría Suceder	90,00
El contador de descargas eléctricas se daña y no continúa contando.	Nivel 5	Al menos una vez a la semana	Concebible, Pero Solo en Casos Extremos	100,00
Falla en el sensor de nivel de aceite siliconado en la caja de conexiones	Nivel 3	Una o dos veces cada 10 años	Podría Suceder y Ha Ocurrido Aquí o en Otro Lugar	3,00

9. Resultados: Acciones Correctivas Sugeridas

Ya calificados cada uno de los riesgos se implementa en un formato en orden de importancia las Acciones Correctivas, el cual contiene sugerencias de cambios y controles a los riesgos más relevantes encontrados durante el desarrollo del estudio de PHA. Estos controles propuestos en su mayoría buscan prevenir una emergencia, pero adicionalmente figuran controles correctivos, dado que aunque las probabilidades de una explosión o incendio se disminuyan notablemente con este estudio, no quiere decir que sean nulas.

A continuación se condensan en la **Tabla 10** las 39 Acciones Correctivas sugeridas que como resultado del estudio se busca implementar para garantizar la minimización de riesgos y prevención de incendios o explosiones dentro de los cuartos de Transformadores.

Tabla 10. Listado de Acciones Propuestas sugeridas.

Acción Correctiva	Prioridad	¿Por qué?
Incluir un plan de mediciones de aislamiento de cables de alta de acometida transformadores. Ruta mantenimiento.	3	Para minimizar el riesgo de explosión o incendio por pérdida de aislamiento de los cables por envejecimiento, daño mecánico o humedad.
Estudiar y repotenciar cables de alta de acometida de los transformadores. Aparentemente están subdiseñados.	3	Se detectó que los cables de 500MCM actualmente tienen una ampacidad de 2X380 AMP. O sea 760 total por transformador, la corriente máxima es de 1014 AMP, se requieren cables más gruesos (1000 MCM da 2X545 = 1090 amp)
Realizar estudio termográfico de cables de alta de acometida de los transformadores	3	Para verificar sobrecarga del punto anterior.

Implementar rutas de mantenimiento para pruebas de protecciones y aislamiento.	2	Para garantizar buen estado y vida útil de los transformadores. El fabricante recomienda hacer mediciones especializadas cada año.
Realizar estudio de coordinación de protecciones de los hornos.	2	Para que los disparos realmente protejan los equipos y no haya falsos disparos.
Revisar el PON de restablecimiento de circuitos de re conexión de energía para verificar las acciones de respuesta a emergencia según el tipo de falla, incluir visita a los transformadores según falla. Entrenar y garantizar cumplimiento.	2	Para garantizar que el procedimiento sea el correcto y no de pie a errores que puedan generar incendios al reiniciar conexiones apresuradamente fallas que ameritan revisiones de fondo.
Estudiar forma de evacuar heridos en camilla del edificio (puerta de emergencia).	2	Porque actualmente es muy difícil salir por los torniquetes con un enfermo en camilla.
Cumplir norma Colombiana Eléctrica NTC2050 sección 450 sobre especificaciones y requerimientos de bóvedas de transformadores.	2	Actualmente no se está cumpliendo la ley y hay riesgo de propagación de incendios.
Según la MSDS de Shell el aceite Diala AX no puede extinguirse con agua en caso de fuego, debe instalarse un sistema de CO2. El uso de extintores de Halon no se recomienda por razones de protección ambiental.	2	Para evitar daños mayores por incendio.
Incluir nivel de aceite en la lista de chequeo de operación.	4	Para detección temprana de problemas en los transformadores.
Verificar que el contador de descargas esté en ruta de mantenimiento e incluya su prueba periódica.	2	Porque si se queda pegado el contador, no hay forma de saber si el descargador de sobretensiones ya requiere cambio.

Verificar ruta de mantenimiento de: cantidad de descargas del contador, nivel de aceite siliconado en la caja de conexiones, relé Buchholz del tanque de conexiones, transformadores de medición de corriente para el sistema de regulación, sistema de imagen térmica del devanado, contactos internos del ruptor, medición aislamiento transformador y bobinado principal.	2	Para garantizar con el buen mantenimiento de los transformadores una vida útil mayor y así evitar fallas y problemas en los mismos.
Verificar stock de repuesto de decargadores de sobretensiones, relé Buchholz, transformadores de medición de corriente para el sistema de regulación, contactos internos del ruptor, bobinado principal y decargadores de sobretensiones.	2	Para reemplazo eventual.
Instalar RTD temperatura de aceite entrada intercambiador de los transformadores L1.	4	Para respaldar posible falla del sistema de imagen térmica del devanado, el horno 2 si tiene estas RTD.
Estudiar si el ruptor del transformador de repuesto de L1 sirve para L2, sino, comprar ruptor completo para L2.	4	Para estar cubiertos en caso de daño del ruptor L2.
Estudiar contrato mantenimiento de los transformadores con el fabricante u otra empresa especializada.	2	Porque se requieren instrumentos y capacitación especializada y nosotros no los tenemos o no tenemos suficiente personal para revisión de todos los instrumentos asociados a los transformadores y los transformadores mismos.
Actualizar manual de operación con las recomendaciones técnicas de zonas seguras de operación de los transformadores.	2	Para evitar sobrecargas a los transformadores.
Actualizar los procedimientos de mantenimiento de los transformadores con la información del fabricante y otras.	2	Para minimizar riesgo de fallas por falta de mantenimiento.

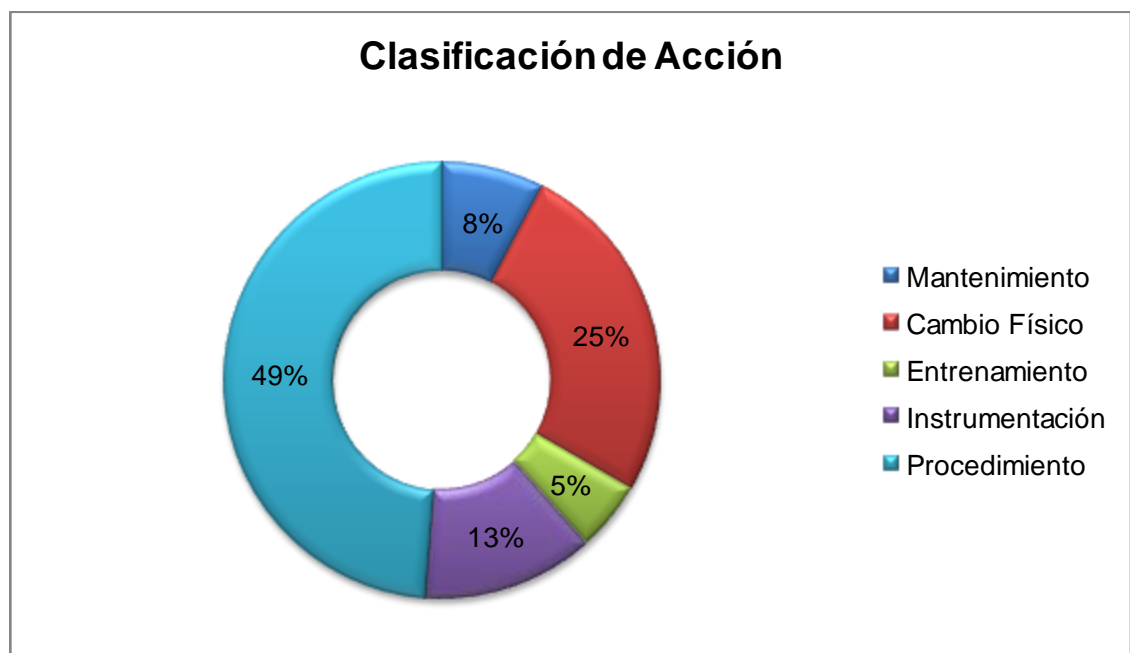
Verificación anual de sensores.		
Elaborar plano P&ID de los transformadores ambas líneas.	2	Falta información clara para enfrentar y diagnosticar fallas fácilmente.
Crear o actualizar rutas de mantenimiento al transformador de repuesto.	2	Para estar cubiertos con un repuesto en buen estado en caso de falla
Definir y ejecutar entrenamiento a operadores y brigadistas sobre transformadores (plan y simulacros de incendio transformadores), además check list y respuesta a emergencias en los transformadores.	4	Para evitar daños adicionales por falta de entrenamiento.
Elaborar PON para incendios transformadores.	4	Porque no hay procedimiento en caso de presentarse esta emergencia.
Implementar plan administrativo de manejo de información de protecciones de transformadores y motores mayores a 200HP	4	Para garantizar el cumplimiento de normas y ETIs CMSA y datos de coordinación de protecciones y tener a la mano una base de datos completa y actualizada para tomar decisiones técnicas y respaldo en caso de emergencia.
Complementar rutas de mantenimiento acorde con ítem anterior (verificación de parámetros de Multilin vs diseño).	4	Para garantizar el cumplimiento de normas y ETIs CMSA y datos de coordinación de protecciones y tener a la mano una base de datos completa y actualizada para tomar decisiones técnicas y respaldo en caso de emergencia.
Instalar sistema de filtración de agua autolimpiante o conectar los intercambiadores al circuito cerrado de enfriamiento.	4	Para mejorar la calidad de agua del intercambiador de calor en el transformador y evitar el taponamiento del mismo con la consecuencia de calentamiento de los transformadores.
Implementar facilidades para el mantenimiento de los intercambiadores, reubicar tuberías, plataformas, escaleras	4	Para minimizar riesgo al personal y que efectivamente se realicen los mantenimientos preventivos.

etc.		
Verificar que el punto de referencia de la válvula de alivio de agua sea el adecuado para proteger el intercambiador de calor. Hacer un procedimiento de calibración. Actualizar ruta de mantenimiento.	4	Porque si la presión de alivio es muy alta, existe el riesgo de que se rompa el intercambiador y entre agua al aceite del transformador y produzca arco interno.
Estudiar aplicación de medidor en línea de descargas parciales.	2	Para intentar detectar tempranamente problemas de bajo aislamiento en transformadores y cables asociados.
Rehabilitar los medidores de gas disuelto en el aceite de la L2 y evaluar su instalación en la L1.	2	Para tener otra variable de detección de problemas en los transformadores.
Instalar tapones en las válvulas de bola de drenaje del circuito de refrigeración del barraje L2	2	Porque alguien podría abrir la válvula inconscientemente y hacer un derrame que podría dañar el transformador por falla de aislamiento.
Reubicar o volver a enrutar drenaje de las válvulas de alivio azules superiores de las líneas de suministro de H ₂ O a los intercambiadores de calor.	2	Porque en caso de abrirse estas válvulas, el agua podría causar arco en el barraje de salida.
Diseñar cubierta aislante para la zona de salida del barraje de bajo voltaje para evitar agua y polvo.	2	Porque en caso de fugas de agua de tubos o mangueras, el agua podría causar arco en el barraje de salida.
Garantizar que ninguna tubería o ducto externo a los transformadores atraviese el área de ellos según norma NTC2050.	2	Cumplimiento de norma, evita ampliar los daños.
Instalar sensores de flujo de agua de las duchas de agua contra incendio enclavados con el interruptor del horno.	2	Para evitar arcos eléctricos en caso de activación de las duchas o fugas, con o sin motivo.
Instalar estación manual de incendio en el área de los	2	En caso de emergencia, alguien puede dar alerta temprana.

transformadores.		
Implementar sistemas de monitoreo y protección para equipo crítico ej: cámaras, detección de Arco, detección descargas parciales en línea, detección y extinción de incendios.	2	Para evitar o minimizar explosiones o incendios mediante el disparo temprano de interruptores ante una situación anómala en los transformadores.
Adquirir equipo especializado de mediciones eléctricas para transformadores y cables de alta para diagnóstico y rutinas de mantenimiento.	2	Para garantizar buen estado y vida útil de los transformadores. El fabricante recomienda hacer mediciones especializadas cada año y en caso de problemas es conveniente tener a la mano estos instrumentos.
Diseñar cubierta aislante para la zona de salida del barraje de bajo voltaje.	4	Evitar contacto del barraje con agua y polvo minimizando el riesgo de arco eléctrico.

Las Acciones Correctivas pueden categorizarse por tipo de implementación, así:

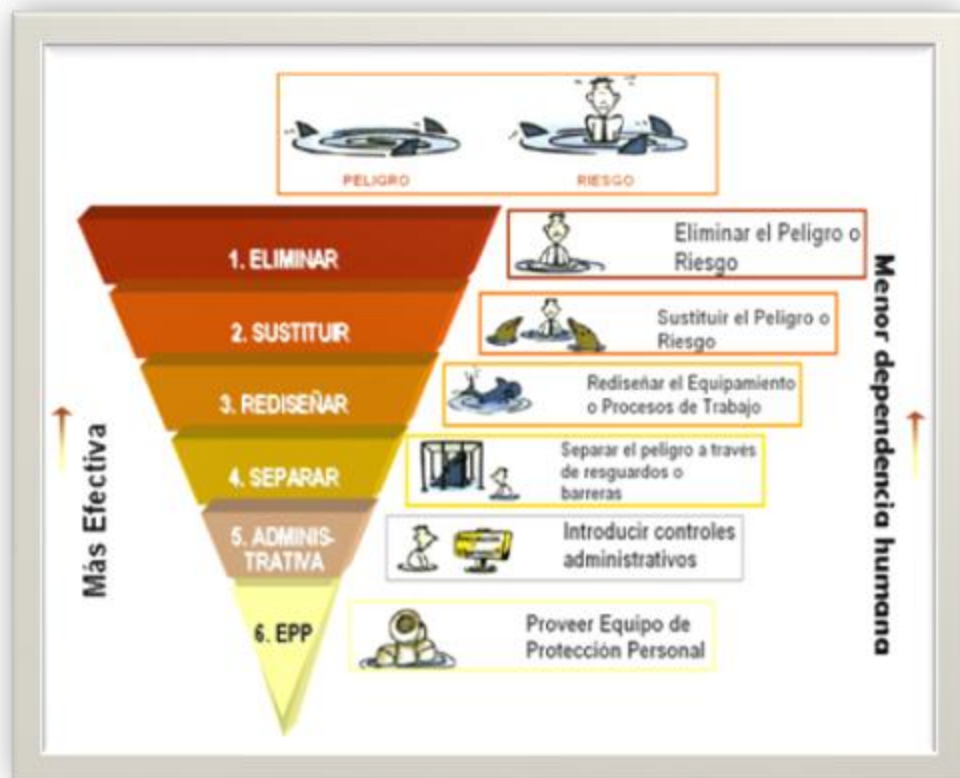
Figura 27 - Clasificación de Acción



De la **Figura 27** puede concluirse que prácticamente la mitad de las acciones propuestas están dirigidas a los procedimientos administrativos relacionados al tema de los transformadores. También es considerable el porcentaje de recomendaciones que sugieren un cambio físico en los cuartos de Transformadores.

Por otro lado, en el área de seguridad existe una jerarquía de controles que establece unas medidas prioritarias en función del control que las mismas ofrecen, siendo la eliminación la opción más acertada y adecuación de EPP (Elementos de Protección Personal) la menos efectiva, como muestra la **Figura 28**.

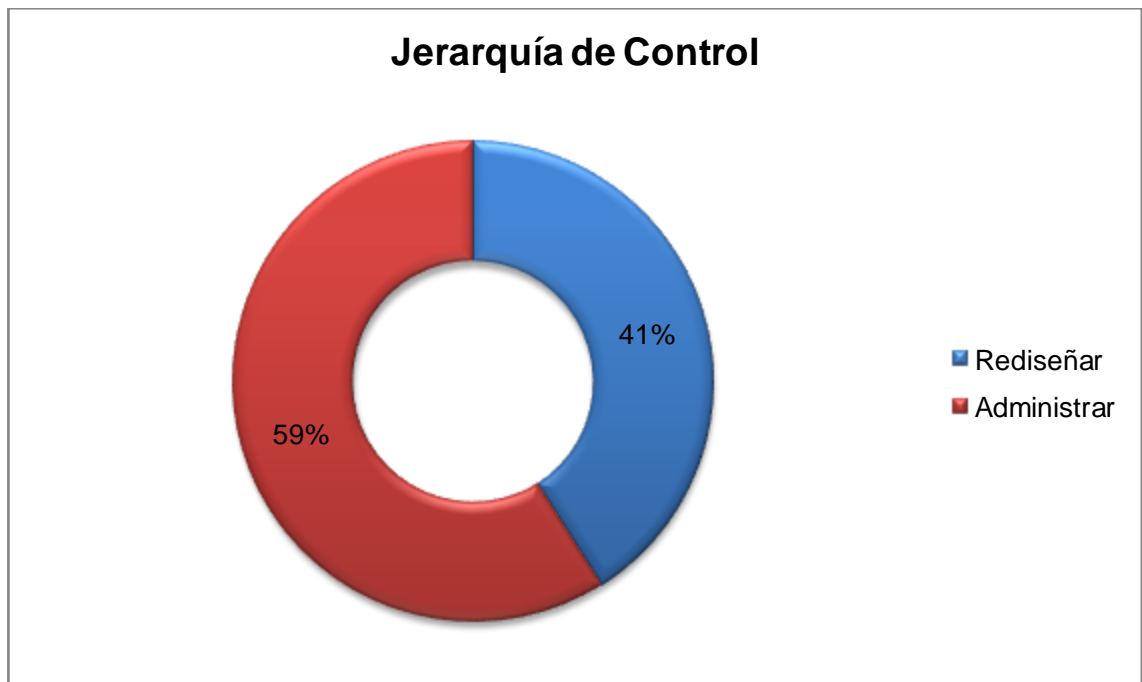
Figura 28 – Jerarquía de Controles



En base a lo anterior, si se dividieran las 39 recomendaciones por tipo de control en términos de la jerarquía explicada, prevalecerían las de tipo rediseñar y las relacionadas a los controles administrativos. Ejemplos de las primeras son: implementación de equipos y dispositivos de medición, adecuación infraestructural, etc. Y de las segundas: procedimientos operativos normalizados, rutas de mantenimiento, manuales, entre otras.

La Figura 29 muestra los porcentajes equivalentes al tipo de control, siguiendo la pirámide de Jerarquía de Controles expuestas anteriormente.

Figura 29 - Jerarquía en las Acciones Sugeridas



10. OBSERVACIONES

- El estudio permitió que la empresa aprobara nuevos proyectos para póstumo desarrollo y así disminuir los factores de riesgo presentes en el proceso.

- La recopilación de información acerca de experiencias de empresas extranjeras que han sufrido grandes pérdidas ya sea por descuido o error de operación sirve para contextualizar la problemática de incendios y explosiones de transformadores, así como también centrar la atención y darle la importancia necesaria al control de riesgos en este tema.

- Se hace necesario una revisión cíclica en años posteriores para no descuidar el potencial de riesgo presente en el cuarto de transformadores eléctricos de los Hornos Eléctricos.

- Como parte del control preventivo que sugiere el estudio realizado, se elaboró una cartilla de Mantenimiento de Transformadores que además de ser una ayuda pedagógica también propone una rutina de mantenimiento a los transformadores enfocado a alargar la vida útil de éstos, así como también prevenir accidentes.

11. CONCLUSIONES

- Con los actuales controles y condiciones del proceso, existe el riesgo de incendio y derrame de aceite en el cuarto de Transformadores, que podría poner en riesgo la salud y seguridad de las personas y estabilidad económica de la compañía por altos costos de recuperación y pérdidas por no operación.

- Durante el estudio se encontraron debilidades tales como: inexistencia de acciones de respuesta en caso de emergencia, extinción de fuego inadecuada, rutas de mantenimiento en abundancia y el no cumplimiento de las normas de NTC2050.

- Las acciones correctivas sugeridas demuestran que las áreas por fortalecer en su mayoría son las relacionadas con procedimientos administrativos y rediseño de los cuartos de los transformadores.

- La realización de las actividades según la metodología de trabajo propuesta por la normativa de la compañía Cerro Matoso S.A. descritas en el libro fueron claves para la ejecución del estudio.

12. BIBLIOGRAFÍA

Cerro Matoso S.A. (Colombia). Manual del proceso de producción de Ferro-Níquel. Montelíbano: Cerro Matoso S.A. 2008.

Cerro Matoso S.A. (Colombia). Normalización de empresas: Proceso de Análisis de Riesgos – PHA. Montelíbano: Cerro Matoso S.A. 2006.

Cerro Matoso S.A. (Colombia). Normalización de empresas: Administración de Riesgos y Manejo del cambio en CMSA. Montelíbano: Cerro Matoso S.A. 2006.

Departamento de Investigación de SERGI (Francia). Incidentes de explosiones e incendios en transformadores: Pautas para la evaluación de costos por daños. Achères: Departamento de Investigación de SERGI. 2004.

ANEXOS

ANEXO A. Hoja de datos de Seguridad (M.S.D.S.) Aceite Shell Diala AX



GSAP: 60228606

SECCIÓN 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO	
Nombre del producto:	Shell Diala A AX
Sinónimos:	Aceite dieléctrico.
Datos del fabricante:	Shell de Colombia S.A. Dirección: Calle 100 N° 7-33 Piso 20 Teléfonos: 571 2100100 FAX: 571 2114963 Bogota D.C.
Usos:	Lubricante

SECCION 2. COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES	
Descripción general:	Es una combinación compleja de hidrocarburos, obtenida del tratamiento de fracciones livianas del petróleo con hidrógeno en presencia de un catalizador.
Componentes peligrosos:	Basados en la información disponible, los componentes de este producto, no imparte propiedades peligrosas al producto final.

SECCION 3. IDENTIFICACION DE PELIGROS
--

No hay peligros específicos en condiciones normales de uso. Contiene aceite mineral, para el que aplican límites de exposición. Contactos prolongados o repetidos pueden llegar a producir dermatitis en pieles muy sensibles. El aceite usado puede contener impurezas peligrosas.

Peligros de seguridad: No está clasificado como inflamable, pero es combustible.

Otra información: No es peligroso para la venta, la manipulación y el transporte.

SECCIÓN 4. PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	La inhalación de vapores puede llegar a causar irritación leve de las vías respiratorias en personas muy sensibles. En el evento de mareos o náuseas se debe inhalar aire fresco.
Contacto con la piel:	El contacto prolongado con la piel puede resultar en resequedad y dermatitis. Se deben retirar las prendas contaminadas, y lavar la piel con agua y jabón. Si ocurren heridas por inyección a alta presión, se debe obtener atención médica inmediata.
Contacto con los ojos:	El contacto con los ojos puede resultar en irritación y enrojecimiento. Se debe lavar con abundante agua.
Ingestión:	Puede resultar en náusea o malestar estomacal. No se debe inducir al vómito.

SECCIÓN 5. RIESGOS DE INCENDIO Y/O EXPLOSIÓN

Punto de inflamación:	No disponibles.
Temperatura de ignición:	> 315°C
Límites de inflamabilidad:	Bajo: No determinados. Alto: No determinados.
Medios de extinción adecuados:	Espuma y polvo químico seco. Se puede utilizar también dióxido de carbono, arena, o tierra para pequeños fuegos únicamente.
Medios de extinción no apropiados:	No debe usarse agua, ni agua a presión. El uso de extintores de Halon no se recomienda por razones de protección ambiental.

Riesgos especiales:	La combustión generara una mezcla de gases, líquidos y sólidos, incluyendo monóxido de carbón y compuestos orgánicos e inorgánicos no determinados.
Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios:	Se debe llevar el equipo adecuado de protección, que debe incluir aparatos de respiración cuando el fuego está en un lugar cerrado.

SECCION 6. MEDIDAS PARA ACTUAR EN CASO DE VERTIDOS ACCIDENTALES	
Medidas de precaución relativas a las personas:	Evite el contacto con la piel y los ojos. Lleve impermeables y botas.
Medidas de protección del medio ambiente:	Prevenga la propagación o que llegue a los drenajes, ríos usando arena, tierra o cualquier otra barrera de contención apropiada. Se deberá informar a las autoridades nacionales si esto no se puede prevenir.
Procedimientos de recogida/limpieza:	<p>Derrames Grandes: Prevenga la propagación formando una barrera adecuada. Recoja todo el líquido posible y después manéjelo como un derrame pequeño</p> <p>Derrames Pequeños: Absorba el líquido con arena o tierra. Recoja los residuos y deposítelos en un contenedor debidamente identificado para que sea dispuesto posteriormente de acuerdo a las normas nacionales</p>

SECCION 7. ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION	
Manipulación:	Cuando se maneja el producto en tambores, se debe siempre utilizar botas de seguridad y equipo adecuado para su levantamiento. Prevenga los derrames.
Almacenamiento:	Se debe almacenar en un lugar frío, seco, y bien ventilado. Se debe evitar la luz directa del sol, fuentes de alta temperatura y agentes oxidantes. Se debe almacenar en tambores de acero.
Temperaturas de almacenamiento:	Mínimo 0°C, Máximo 50 °C

SECCION 8. EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL / CONTROL EXPOSICION	
Controles de ingeniería:	Una estación para lavado de ojos y una ducha de seguridad deben estar ubicadas cerca del lugar de trabajo. Se debe establecer la adecuada ventilación en caso de existir el riesgo de inhalación de vapores.
Protección personal:	Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.
Protección respiratoria:	Normalmente no se requiere. Si hay demasiados vapores y no son controlables, un respirador de cartucho orgánico combinado con un prefiltro se debe usar.
Protección de los ojos:	Usar gafas de seguridad o careta se deben utilizar cuando son frecuentes las salpicaduras, o hay riesgo de que ocurran.
Protección de la piel:	Usar guantes protectores para manipular productos químicos.
Medidas generales de protección e higiene:	No fumar, ni comer o beber durante el trabajo. Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo. Protección preventiva de la piel con pomada protectora. Quitarse inmediatamente la ropa manchada o contaminada.
Límites de exposición ocupacional:	Aceite mineral: 8 hr TWA: 5 mg/m ³ ACGIH. 15 min STEL: 10 mg/m ³ ACGIH.

SECCION 9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS	
Estado físico: Líquido a temperatura ambiente.	
Color: Claro.	Olor: Característico del aceite mineral.
Densidad de vapor: >5 (aire=1)	Punto de ebullición: 260 – 370 °C

Solubilidad en agua: No reportable	Presión de Vapor: < 1 mm Hg a 20 °C
Límites de inflamabilidad: No disponible.	Temperatura auto ignición: > 315°C

SECCION 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
Estabilidad química:	Estable.
Condiciones a evitar:	Extremos de temperaturas y luz solar directa
Materias a evitar:	Agentes oxidantes.
Productos de descomposición peligrosos:	En almacenamiento normal no se espera que se formen materiales de descomposición. En combustión se producen dióxidos de carbono y monóxidos de carbono.

SECCION 11. INFORMACION TOXICOLOGICA	
<p>Información toxicológica no ha sido determinada específicamente para este producto. La información que se da está basada en el conocimiento de sus componentes y la experiencia con productos similares.</p> <p>Toxicidad Oral: LD₅₀: Se espera que sea > 2000 mg / Kg</p> <p>Toxicidad en Piel: LD₅₀: Se espera que sea > 2000 mg / Kg</p> <p>Toxicidad en Inhalación: No hay información disponible</p> <p>Sensibilización en piel: No se espera que sensibilice la piel</p> <p>Efectos cancerígenos: El producto está basado en aceites minerales que han mostrado no ser cancerígenos en los estudios que se han hecho en pieles de animales. Los otros componentes tampoco se conoce que puedan ser asociados a efectos cancerígenos.</p>	
Efectos Potenciales a la Salud	
Inhalación:	Si ocurre inhalación puede ser levemente irritante
Ingestión:	No determinado
Contacto con los ojos y piel:	Se espera que sea levemente irritante
Otra información:	El contacto prolongado o repetido con este producto puede resultar en la resequedad de la piel,

	<p>particularmente si ocurre a altas temperaturas. Esto puede derivar en irritación y posible dermatitis, especialmente en condiciones de baja higiene personal. Los aceites usados pueden contener sustancias nocivas, que se han acumulado durante su uso. La concentración de dichas sustancias depende del uso, pero se ha notado que tienen la tendencia a incrementar los efectos en la irritación de la piel y los ojos, y presentan mayor riesgo para la salud y el ambiente, si no se dispone de ellos adecuadamente. TODOS los aceites usados se deben manejar con precaución y evitar el contacto con la piel hasta donde sea posible.</p>
Información complementaria:	<p>El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.</p>

SECCION 12. INFORMACION ECOLOGICA

<p>Información ecotoxicológica no ha sido determinada específicamente para este producto. La información que se da está basada en el conocimiento de sus componentes y la experiencia con productos similares.</p>	
Ecotoxicidad:	<p>Es poco soluble. Se espera que el producto sea prácticamente no tóxico para los organismos acuáticos, LC / EC₅₀ > 100 mg / L. Puede causar ahogamiento de organismos acuáticos.</p>
Movilidad:	<p>Líquido en la mayoría de condiciones ambientales. Flota sobre el agua. Si entra al suelo se absorberá en las partículas de este y perderá su movilidad.</p>
Biodegradabilidad:	<p>No es realmente biodegradable, aunque sus mayores componentes se esperan sean inherentemente biodegradables, pero el producto puede contener componentes que pueden permanecer en el ambiente.</p>
Bioacumulación:	<p>Puede ser bioacumulable.</p>

SECCIÓN 13. INFORMACIÓN SOBRE DESECHOS

Producto:	Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales
Envases:	Los envases de productos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.
Los productos químicos que se presentan como sustancias residuales generalmente son residuos especiales. Su eliminación está regulada por las leyes sobre residuos, así como por los decretos promulgados correspondientes.	
Recomendaciones del fabricante:	Los desechos no deben dejarse donde puedan contaminar el suelo ó el agua, y en general donde puedan contaminar el ambiente. Los tambores de 200 litros (55 galones) deben ser drenados y retornados al suplidor, o ser enviados a un reacondicionador de tambores sin remover las marcas y leyendas de identificación. Los empaques menores, tanto metálicos como plásticos deben ser reciclados cuando sea posible, o disponerlos como desecho doméstico.

SECCION 14. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Transporte terrestre: ADR, RID:	No es peligroso para el transporte bajo los códigos UN, IMO, ADR / RID, IATA / ICAO.
Transporte marítimo: IMDG:	
Transporte aéreo: CAO, PAX:	
El transporte de productos químicos en Colombia está regulado por el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte.	

SECCION 15. INFORMACION REGLAMENTARIA

1. **Ley 769 de 2002.** Código Nacional de Transito Terrestre. Artículo 32: La carga de vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional.
2. **Ministerio de Salud.** Resolución 2309 de 1986, por lo cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.
3. **Ministerio de Transporte.** Decreto 1609 del 31 de julio de 2002. por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
4. **Presidencia de la República de Colombia.** Ley 55 de 1993. por medio de la cual se aprueba el Convenio No 170 y la recomendación No 177 sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo, adoptados por la 77ª reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra, de 1990.
5. **Decreto 4741 de 2005.** Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

SECCION 16. INFORMACION ADICIONAL

BIBLIOGRAFIA:

1. Shell Colombia S.A.

En caso de emergencia:

CISPROQUIM 2886012 Bogotá. 018000916012 Línea Nacional.
Línea de emergencia: CECOM Mina 911/3301/radiocanal1 Cerro Matoso.

Fecha de emisión: 09/2007

Los datos aquí presentados son tomados de la información reportada por el fabricante y/o proveedor a través de sus hojas de seguridad. Por lo tanto, IMPROVEMENT CONSULTING no garantiza su precisión o exactitud. El uso de esta información y las condiciones de uso del producto son responsabilidad del cliente. IMPROVEMENT CONSULTING no acepta ninguna responsabilidad legal de pérdidas, incidentes y daños importantes ocasionados por el cliente y/o derivados del uso de esta información.

Preparado por:	Aprobado por:	Fecha:
Improvement Consulting Ltda.	Coordinador de Materiales Peligrosos	Diciembre de 2007

ANEXO B. Hoja de datos de Seguridad (M.S.D.S.) Sílica Gel



Cerro Matoso

SILICA GEL

CAS Nº 7631-86-9

M.S.D.S.

Material de Cargo Directo

SECCION 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Nombre del producto:	Silica gel.
Sinónimos:	Agente desecante, silica gel, ácidos silícicos amorfos.
Datos del fabricante:	Esta información es propiedad de la Empresa Cerro Matoso
Usos:	Desecante, soporte de cromatografía, inhibidor de humedad.

SECCION 2. COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

PM: 60.09 g/mol	Fórmula molecular: O ₂ Si
Número CAS: 7631-86-9	Número CE: 231-545-4
Componentes: Silica gel 99- 100%	

SECCION 3. IDENTIFICACION DE PELIGROS

¡Cuidado! Puede causar irritación a la piel, ojos y tracto respiratorio.

SECCION 4. PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Coloque la persona al aire fresco. Busque atención médica en caso de cualquier dificultad respiratoria.
--------------------	---

Contacto con la piel:	Lave la piel inmediatamente con jabón y agua abundante por lo menos 15 minutos. Quítese la ropa y zapatos contaminados. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Limpie los zapatos completamente antes de usarlos de nuevo. Busque atención médica si se presenta irritación.
Contacto con los ojos:	Lave los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Busque atención médica si la irritación persiste.
Ingestión:	Dé de beber varios vasos de agua para diluir. Si ingirió gran cantidad, obtenga asistencia médica.

SECCION 5. RIESGOS DE INCENDIO Y/O EXPLOSION

Punto de inflamación:	No disponible
Temperatura de ignición:	No disponible
Limites de inflamabilidad:	Bajo: No disponible Alto: No disponible
Medios de extinción adecuados:	Utilicen cualquier medio apropiado para extinguir fuego alrededor.
Riesgos especiales:	Incombustible. No es considerado como peligro de fuego y explosión.
Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios:	Use ropa protectora y equipo de respiración autónomo contra el fuego de los alrededores.

SECCION 6. MEDIDAS PARA ACTUAR EN CASO DE VERTIDOS ACCIDENTALES

Medidas de precaución relativas a las personas:	Ventile el área donde ocurrió la fuga o derrame. Use apropiado equipo de protección personal. Evite inhalar el polvo.
Procedimientos de recogida/limpieza:	Limpie y envase para recuperación o desecho. Se puede aspirar o limpiar en húmedo para evitar la dispersión del polvo. Lavar el área afectada.

SECCION 7. ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION	
Manipulación:	Proteger de la humedad. Usar los elementos de protección personal.
Almacenamiento:	Guarde en un envase cerrado herméticamente, almacene en un área fresca, seca y bien ventilada. Proteja contra los daños físicos. Temperatura de almacenamiento: + 15°C - + 25°C.

SECCION 8. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL / CONTROL EXPOSICION	
Controles de ingeniería:	Cerca del lugar de trabajo deben existir una estación lavajos y una ducha de seguridad. Se recomienda un sistema de escape local y/o general para las exposiciones de empleados debajo de los límites de exposición. En general, se prefiere la ventilación de extractor local debido a que puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo.
Protección personal:	Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.
Protección respiratoria:	Respiradores personales (Aprobados por NIOSH): Si se excede el límite de exposición, y no hay disponibilidad de controles de ingeniería, se puede usar un respirador para partículas que cubre media cara, (filtros de NIOSH tipo N95 o mejores) sobrepasando, como máximo, diez veces el límite de exposición. Si se excede el límite de exposición en 50 veces, se debe usar un respirador para partículas que cubre toda la cara (filtros de NIOSH tipo N100). Si hay presencia de partículas aceitosas (como lubricantes, fluidos de corte, glicerina, etc.), use un filtro de NIOSH tipo R o P.
Protección de los ojos:	Utilice gafas protectoras contra productos químicos.

Protección de la piel:	Guantes protectores de caucho nitrilo y ropa protectora adecuada.
Medidas generales de protección e higiene:	No fumar, ni comer o beber durante el trabajo. Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo. Protección preventiva de la piel con pomada protectora. Quitarse inmediatamente la ropa manchada o contaminada.
Límites de exposición ocupacional:	Silica (sintética): OSHA PEL 20 mppcf o 80/(%SiO ₂) mg/m ³ (TWA) Para sílice amorfa, Incluyendo tierras diatomeas natural. ACGIH (TLV) 10 mg/m ³ (TWA) Para sílice gel amorfa y Para sílice amorfa precipitada.

SECCIÓN 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico: Polvo granular, sólido	Punto de fusión: No disponible
	Punto de ebullición: No disponible
Color: Incoloro	Punto de inflamación: No disponible.
Olor: Sin olor.	Densidad 20 °C: No disponible
pH a 20 °C: No disponible	Densidad de amontonamiento: ~ 750-800 Kg/m ³

Dimensión de partículas: 2-5 mm	Solubilidad en agua 20 °C: Insoluble
Presión de vapor: No aplicable.	Temperatura de ignición: No disponible.
Límites de inflamabilidad: Bajo: No disponible. Alto: No disponible.	

SECCION 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química:	Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento.
Condiciones a evitar:	Humedad, calor e incompatibles.

Materias a evitar:	Halogenóxidos, halogenuros de hidrógeno, metales ligeros / calor, hexafluoruros de xenón, sodio / calor.
Productos de descomposición peligrosos:	Información no disponible.
Polimerización Peligrosa:	No ocurrirá.

SECCIÓN 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

No se obtuvo información sobre las LD₅₀/LC₅₀ relacionadas con las rutas normales de exposición ocupacional.

Se trata de un producto fisiológicamente inactivo, que no muestra características peligrosas después de la ingestión oral.

Efectos Potenciales a la Salud

Inhalación:	Puede causar resequedad e irritación de las membranas mucosas, nariz y garganta. Los síntomas pueden ser tos, dolor de garganta, jadeo.
Ingestión:	No se esperan efectos adversos.
Contacto con la Piel:	Puede causar irritación con resequedad y abrasión.
Contacto con los Ojos:	Puede causar irritación, enrojecimiento y dolor.
Información complementaria:	El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

SECCION 12. INFORMACION ECOLOGICA

Ecotoxicidad:	No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto. No se espera que este material sea tóxico para la vida acuática.
Otra información:	Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo no deben esperarse problemas ecológicos.

SECCIÓN 13. INFORMACIÓN SOBRE DESECHOS

Producto:	Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales
Envases:	Los envases de productos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.
Los productos químicos que se presentan como sustancias residuales generalmente son residuos especiales. Su eliminación está regulada por las leyes sobre residuos, así como por los decretos promulgados correspondientes.	

SECCIÓN 14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

El transporte de productos químicos en Colombia está regulado por el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte.

SECCION 15. INFORMACION REGLAMENTARIA

- 1. Ley 769 de 2002.** Código Nacional de Transito Terrestre. Artículo 32: La carga de vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional.
- 2. Ministerio de Salud.** Resolución 2309 de 1986, por lo cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.
- 3. Ministerio de Transporte.** Decreto 1609 del 31 de julio de 2002. por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
- 4. Presidencia de la República de Colombia.** Ley 55 de 1993. por medio de la cual se aprueba el Convenio No 170 y la recomendación No 177 sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo, adoptados por la 77ª reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra, de 1990.
- 5. Decreto 4741 de 2005.** Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

SECCIÓN 16. INFORMACIÓN ADICIONAL

BIBLIOGRAFIA:

1. Merck de Colombia S.A.
2. <http://www.mtas.es>
3. <http://www.jtbaker.com>

En caso de emergencia:

CISPROQUIM 2886012 Bogotá. 018000916012 Línea Nacional.


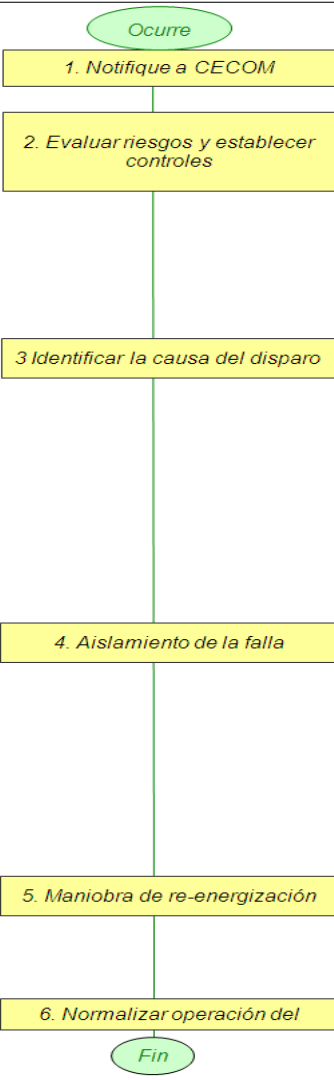
Línea de emergencia: CECOM Mina 911/3301/radiocanal1 Cerro Matoso.

Fecha de emisión: 16/02/2006

Los datos aquí presentados son tomados de la información reportada por el fabricante y/o proveedor a través de sus hojas de seguridad. Por lo tanto, IMPROVEMENT CONSULTING no garantiza su precisión o exactitud. El uso de esta información y las condiciones de uso del producto son responsabilidad del cliente. IMPROVEMENT CONSULTING no acepta ninguna responsabilidad legal de pérdidas, incidentes y daños importantes ocasionados por el cliente y/o derivados del uso de esta información.

Preparado por: Improvement Consulting Ltda.	Aprobado por: Coordinador de Materiales Peligrosos	Fecha: Diciembre de 2007
---	---	------------------------------------

ANEXO C. Procedimiento Operativo Normalizado P.O.N. Re-energización del Circuito Eléctrico

PROCEDIMIENTO OPERATIVO NORMALIZADO ESPECÍFICO PARA EMERGENCIAS			
	Código: T415PT80		
EMERGENCIA:	DISPARO ORIGINADO POR UNA PROTECCIÓN ELÉCTRICA (RE-ENERGIZACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN)		
CONTROL DE LA EMERGENCIA			
	<p>1. Verificar con CECOM si hay reporte de emergencia. El electricista de turno o el electricista autorizado debe conocer el</p> <p>2. Evaluar el riesgo generado por el evento ocurrido. Controlar los peligros de contacto con electricidad y arco eléctrico. Aplicar las reglas de trabajo en subestaciones eléctricas; Dos personas, radio de comunicaciones, estar preparados para atención de primeros auxilios, verificar EPP requeridos de acuerdo con el riesgo. Por ejemplo, en celda de 4,16 kV traje de protección contra arco APTV 11 cal/Cm2 y guantes dieléctricos para 7,5 kV.</p> <p>3. Identificar causa del disparo. Realizar las pruebas necesarias para identificar la causa:</p> <p>3.1 Sobrecarga: Verificar fuente. Por ejemplo, arranque de un motor.</p> <p>3.2 Falla a tierra: Identificar punto de falla. Asegurar área y líneas aéreas despejadas.</p> <p>3.3 Sobrecorriente: Identificar el punto en corto circuito, equipo averiado o en falla y/o tipo de daño.</p> <p>3.4 Otra causa reconocida: Identificar fuente de acuerdo a procedimiento/instructivo específico.</p> <p>3.5 No se identifica la causa</p> <p>IMPORTANTE: Inspección el equipo de protección y la celda del equipo. Asegúrese que el interruptor disparado no haya originado la falla.</p> <p>4. Aislar la falla:</p> <p>4.1 Sobrecarga: Coordinar con operación re-arranque antes de cerrar el circuito.</p> <p>4.2 Falla a tierra: Aislar punto de falla.</p> <p>4.3 Sobrecorriente: Aislar punto de falla.</p> <p>4.4 Otra causa reconocida: Aplicar procedimiento específico.</p> <p>4.5 No se identificó la causa: Si el punto de falla no se encontró se debe esperar mínimo 10 minutos después del disparo antes de proceder.</p> <p>IMPORTANTE: No se puede re-energizar manualmente el circuito hasta que se haya determinado que el equipo y el circuito se pueden energizar de forma segura.</p> <p>5. Coordinar la maniobra de cierre. Informar a los impactados. Asegurar área despejada. Usar EPP requerido:</p> <p>5.1 Punto de falla aislado: Inspeccionar integridad del equipo de maniobra para asegurar que se puede energizar de forma segura. Realizar cierre del interruptor o cambio de fusible. No esta permitido el recierre o repetir cambio de fusible.</p> <p>5.2 Punto de falla no aislado / no reconocido: Asegurar guardas y puertas firmemente. Utilizar pértiga telescópica para hacer la maniobra. No se permite la maniobra manual.</p> <p>6. Normalizar operación del circuito.</p>	<p>Supervisor / Electricista</p> <p>Supervisor / Electricista</p> <p>Supervisor / Electricista</p> <p>Supervisor / Electricista</p> <p>Supervisor / Electricista</p> <p>Supervisor / Electricista</p>	
PERSONAL DE CMSA PARA CONTROL DE LA EMERGENCIA			
NOMBRE	TELEFONO	NOMBRE	TELEFONO
CECOM Mina	911/3301 / Radio	Gerente Ingeniería de Proyectos	3227
CECOM Ciudadela	911/3882 / Radio	Supervisor de mantenimiento eléctrico e instrumentación RKEF L1	3775 *3690
Gerente H.S.E.	3294 *3529	Supervisor de mantenimiento eléctrico e instrumentación RKEF L2	3987 *3692
Director Control de Pérdida	3271 *3635	Supervisor de mantenimiento eléctrico e instrumentación REFI	3266 *3679
Superintendente Ingeniería	3964 *3960	Supervisor de mantenimiento eléctrico e instrumentación PMIN	3749
		Jefe de Servicios Eléctricos- Servicio de Operaciones	3261
CONTACTOS CLAVES EXTERNOS			
NOMBRE	TELEFONO	NOMBRE	TELEFONO
ARP Colmena	018000919667		
ANEXOS			
ELABORO	APROBO	NUMERO DE REVIS	FECHA ULTIMA REVISION
GERENTE INGENIERÍA DE P	GERENTE DE HSE	0	01-Jun-07

ANEXO D. Lista de Chequeo General para la Identificación de Riesgos

PREGUNTAS		SI	N O	N/ A	OBSERVACIONES
I. INCENDIO					
1	¿Hay materiales inflamables / combustibles involucrados?	X			Aceite
2	¿Estos materiales están cubiertos por todos los códigos contra incendio apropiados (NFPA, API, CMSA, etc.)?		X		
3	¿Se tiene algo especial en nuestras condiciones que sugieren que lo anterior no es completamente adecuado?	X			No cumplimos NEC 450.44
4	¿Hay algo que debemos conocer para ayudarnos a responder estas preguntas?	X			Estructura y diseño contra incendio
5	Si es así, como podemos obtener esa información	X			Estudio contra incendio
6	Todo peligro de incendio y su potencial deben ser listados	X			
II. EXPLOSIÓN					
Existe Algún Potencial de Explosión Debido a las Siguietes Condiciones:					
A. SOBRE PRESIÓN FÍSICA					
1	¿El mecanismo de sobre presión es convencional y su funcionamiento es bien entendido?	X			Tenemos
2	¿Los dispositivos de alivio están diseñados según los estándares convencionales y proporcionan una protección adecuada?	X			Si
3	¿El mecanismo de sobre presión es inusual o complejo, por lo que las guardas convencionales podrían no ser las adecuadas?		X		
4	¿Hay algo especial que necesitemos conocer para poder entender el riesgo?		X		

PREGUNTAS		SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
5	Si es así, ¿cómo o dónde lo podemos conseguir?			X	
B. IGNICIÓN DE MEZCLAS INFLAMABLES DENTRO DE EQUIPOS DEL PROCESO O EDIFICIOS					
1	Para evitar explosiones serán suficientes los medios convencionales de: Control de proporciones (ejemplo, sistema de control de quemador), Evitar el ingreso de aire (ejemplo, sistema inerte), y eliminar la ignición de fuentes (ejemplo, clasificación de área, precauciones anti estáticas)	X			Las rutas de mantenimiento existen pero no todas se aplican en un tiempo adecuado.
2	¿Conocemos todos los datos que necesitamos para definir los límites de las condiciones explosivas?	X			Alarmas en C.C.C. a alta y alta-alta temperatura de aceite y niveles de aceite.
3	Si no, ¿Cómo conseguimos esos datos?				Para más especificaciones, información del proveedor: ABB
C. IGNICIÓN DE NUBES DE VAPOR INFLAMABLE EN EL AIRE					
1	Una liberación grande de material inflamable fluido por una ignición puede resultar en lesiones significativas a personas y daños a la propiedad. Todos los datos necesarios para definir apropiadamente los límites de los riesgos deben obtenerse.			X	
D. REACCIONES, DESCOMPOSICIONES, EXOTÉRMICA, POLIMERIZACIONES INUSUALES, ETC.					

PREGUNTAS		SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
1	Por definición, estas requieren atención especial para entenderlas e identificar todas las causas potenciales. Estas condiciones generalmente, son procesos peligrosos exigiendo especial cuidado. ¿Tenemos toda la información que necesitamos para definir esos riesgos, si no, como conseguimos esa información?			X	
III. TOXICIDAD					
Los riesgos en procesos se relacionan con la liberación de materiales tóxicos que presentan un riesgo de fatalidad o de efectos a la salud irreversibles a los empleados o molestias a la comunidad vecina.					
1	Si tal potencial existe, es necesario que sea listado como un proceso peligroso, y debemos asegurarnos que tenemos suficientes datos de toxicidad para definir la extensión del peligro y para decidir cuánto trabajo extra es necesario (dependiendo del buen diseño de ingeniería para mantener los químicos completamente contenidos).		X		No hay sistema de contención de derrames de aceite en esa cantidad total.
2	Los problemas tóxicos crónicos deben ser planteados, y en todos los casos, deben ser tratados solo por toxicólogos, higienistas o especialistas en salud industrial			X	
IV. RUIDO					
Generalmente, el ruido no representa un peligro de proceso, pero la consideración de este fenómeno puede disparar un nuevo hallazgo. Normalmente, los asuntos de Ruido, deben ser cubiertos por fuera de la realización del PHA					
1	¿Existe algún asunto relacionado con el Ruido, el cual deba ser considerado?	X			El ruido en los transformador es puede estar indicando una falla.
V. RADIACIÓN					
A. NUCLEAR					

PREGUNTAS		SI	N O	N/ A	OBSERVACIONES
1	Las fuentes radioactivas por sensores como dispositivos de nivel, generalmente no son peligros del proceso, siempre y cuando la fuente de radiación este contenida. Existen procedimientos bien establecidos para tratar con estas radiaciones, y el buen diseño y los procedimientos de operación para tratar adecuadamente con este tipo de problema.			X	
2	¿Se tiene alguna radiación nuclear que necesite precauciones especiales e inusuales? Si se tienen, regístrelas como un peligro de proceso y determine qué información necesitamos para definir los límites del peligro.			X	
3	¿Dónde podemos obtener esta información?			X	
B. ELECTROMAGNÉTICA					
1	¿Se tiene alguna radiación electromagnética?	X			Confinada
2	¿Está cubierta con precauciones bien reconocidas? Consulte con la autoridad apropiada para estas precauciones y asegúrese que ellas están involucradas en el diseño.	X			La señalización podría mejorar
3	¿Existe alguna radiación Electromagnética única para este proceso, que no será cubierta por las precauciones bien reconocidas? Si es así, regístrela como un peligro de proceso y determine qué información es necesaria para definir los límites del peligro y donde podemos conseguirla.		X		
C. TÉRMICA					
Las superficies calientes cubiertas por las regulaciones de OSHA para la protección de operaciones, generalmente, no son consideradas como peligros del proceso. Tales superficies deben tener protección para el operador como parte de un buen diseño y seguridad					

PREGUNTAS		SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
1	¿Se tienen fuentes térmicas que representen un peligro inusual para los operadores, vecinos, equipos, etc.? (ej. Llamaradas). Si es así, deben ser registradas como peligros del proceso y debe determinarse que información es necesaria para definir los límites del peligro y donde podemos conseguirla.	X			Proceso de Fundición del Horno Eléctrico
VI. POLUCIÓN					
Muchos asuntos relacionados con la polución no son peligros del proceso, y deben ser cubiertos por el buen diseño, procedimientos y manejados a través de los esfuerzos ambientales normales por fuera del estudio de PHA.					
1	¿Se tiene algún asunto relacionado con la polución que deba ser considerado?	X			Calcina del sistema de descarga de los Hornos Eléctricos y Calcinadores
A. APARIENCIA					
1	¿Existen Regulaciones o códigos de construcción que especifiquen la estética, limitaciones de altura, color u otro efecto visual?			X	
2	¿Estas tienen algún peligro de proceso potencial?			X	
3	Otros efectos visuales, como nubes de vapor, llamas brillantes, etc., ¿podrían alarmar a los vecinos y deben ser considerados como peligros de proceso y tratados en conformidad?			X	
B. DESCARGAS					
Cualquier cosa que pueda fugarse, derramarse o descargarse, ya sea accidentalmente o deliberadamente, continuamente, rutinariamente o eventualmente, necesita ser considerado como un peligro de proceso. Esto incluye:					
1	Descargas de Válvulas de Alivio / Discos de Ruptura	X			
2	Tubos de Desfogue de Lavadores de Gases			X	

PREGUNTAS		SI	N O	N/ A	OBSERVACIONES
3	Drenajes	X			Hay fosos de drenaje
4	Fugas de prensaestopas y bridas	X			Hay fosos de drenaje
5	Lavado de sellos (RUPTORES CAMBIATAPS)	X			Derrames controlados
6	Catalizadores gastados			X	
7	Envase en columnas			X	
8	Vaciado de Tambores o Tanques	X			Derrames controlados
9	Enjuagues o Lavado por limpieza (RUPTORES CAMBIATAPS)	X			Derrames controlados
10	Material limpiado de ductos			X	
11	Material limpiado de tubos			X	
12	Material limpiado de intercambiadores de calor			X	
13	Cualquier otra cosa que no sea consumida en el proceso y que por lo tanto tenga que disponerse de ella.			X	
C. POLVOS					
Polvos, ya sean productos o materia prima como mineral o carbón, puede causar considerables molestias a vecinos, si es que son esparcidos.					
1	Cuál es el peligro potencial por la liberación de estos materiales?			X	
D. OLORES					
1	Se tienen olores nocivos que sean un peligro para los empleados o vecinos?			X	
VII. PÉRDIDAS FINANCIERAS					

PREGUNTAS		SI	N O	N/ A	OBSERVACIONES
<p>Aunque no es un peligro de proceso en el sentido normalmente aceptado, es apropiado cuestionarse si alguna desviación o falla de cualquier parte del ítem mayor bajo consideración puede causar una pérdida financiera mayor.</p>					
1	Problemas de calidad	X			
2	Tiempo en paradas o fuera de servicio	X			Como referencia la empresa PT Inco paró doce semanas.
3	No disponibilidad de equipos	X			