



**CENTRO DE CONSERVACIÓN DE ENERGÍA Y
DEL AMBIENTE**

**SHOUGANG
GENERACIÓN
ELECTRICA S.A.A.**

ESTUDIO DE RIESGOS

CENTRAL TÉRMICA SAN NICOLÁS

San Borja, Noviembre del 2011

CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
1.1	Antecedentes	¡Error! Marcador no definido.
1.2	Objetivos	¡Error! Marcador no definido.
1.3	Ubicación de la Central Termoeléctrica San Nicolás	¡Error! Marcador no definido.
2.0	NORMATIVIDAD APLICADA	¡Error! Marcador no definido.
3.0	METODOLOGÍA	¡Error! Marcador no definido.
4.0	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	¡Error! Marcador no definido.
4.1	Sistema de Vapor.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2	Agua de Enfriamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3	Generación de Energía Eléctrica.....	¡Error! Marcador no definido.
5.0	ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE	¡Error! Marcador no definido.
6.0	EQUIPOS AUXILIARES.....	¡Error! Marcador no definido.
7.0	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	¡Error! Marcador no definido.
8.0	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
9.0	EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	¡Error! Marcador no definido.
9.1	Evaluación de los Riesgos de cada Etapa de Proceso y su Clasificación	¡Error! Marcador no definido.
9.2	Evaluación de Riesgo de Incendio de las Áreas de Almacenamiento de Combustible	¡Error! Marcador no definido.
9.3	Evaluación de Boil Over en el área de almacenamiento de combustible	¡Error! Marcador no definido.
9.4	Evaluación de BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).....	¡Error! Marcador no definido.
9.5	Cálculo del índice de fuego y explosión (IFE)...	¡Error! Marcador no definido.
9.6	Riesgo de Explosión en Transformadores.....	¡Error! Marcador no definido.
9.7	Riesgos de Fallas en Grupos Electrónicos.....	¡Error! Marcador no definido.
9.8	Riesgo en Las Instalaciones de Media y Alta Tensión.....	¡Error! Marcador no definido.
9.9	Riesgo de Desastres Naturales y Climatológicos	¡Error! Marcador no definido.
10.0	CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS INSTALACIONES ..	¡Error! Marcador no definido.
11.0	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	¡Error! Marcador no definido.
12.0	CONCLUSIONES	¡Error! Marcador no definido.
13.0	RECOMENDACIONES	¡Error! Marcador no definido.

1.0 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El 18 de Abril del 2007 fue publicado en el Diario Oficial El Peruano, en la sección de Normas Legales, el nuevo Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas “R.M. N° 161-2007-MEM/DM”, en cuyo texto está incluido la obligatoriedad de elaborar un Estudio de Riesgos (Artículo 10° de la mencionada Resolución Ministerial).

Esta norma deja sin efecto la anterior R.M. N° 263-2001-EM/VME “Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Subsector Electricidad” publicada en el Peruano el 21 de Junio del 2001, y a la vez amplía los requerimientos y alcances para la elaboración del Estudio de Riesgos que también fue considerado en su Artículo 8°. En esta nueva norma se reglamenta sobre los contenidos específicos que debe tener, dejando así, también sin efecto el Estudio de Riesgos que se elaboró en el año 2001.

Tomando en cuenta los antecedentes mencionados anteriormente, la Empresa Shougang Generación Eléctrica S.A.A., hace la Revisión y Actualización del Estudio de Riesgos elaborado por CENERGIA para la elaboración del Programa Anual de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Central Térmica San Nicolás 2011, y además proporcionará información valiosa para las actualizaciones de los Planes de Contingencias y el Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo (de acuerdo a los Artículos 12°, 13° y 14° de la presente norma).

El presente estudio de riesgos está referido específicamente a la Central Termoeléctrica San Nicolás y sus alcances son los que se mencionan en el artículo N° 10 del “Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas”, emitido mediante la RM N° 161-2007-MEM/DM del 18 de Abril del 2007.

Para la realización del presente informe se tuvo en cuenta además los siguientes alcances:

- Recopilación histórica de desastres en el Perú, sus consecuencias y las experiencias obtenidas de ellos.
- Aplicación de metodología para el análisis de riesgos.
- Análisis de riesgos ante fenómenos naturales.
- Establecimiento de medidas de control preventivas y correctivas.

1.2 Objetivos

Objetivo general

El objeto principal del estudio es determinar el grado de riesgo de la infraestructura (material y procesos) así como el personal que conforma la Central Térmica San Nicolás, igualmente los daños a terceros y las personas que se encuentran en su área de influencia; por amenazas naturales, actos de terceros o las variables técnicas que forman parte del proceso de generación eléctrica (las instalaciones y el personal operativo); asimismo forma parte de estudio la elaboración del programa de mitigación y control de estos riesgos.

El análisis de riesgo comprendió la identificación de amenazas y vulnerabilidades. Las amenazas naturales consideradas incluyeron movimientos sísmicos, deslizamientos y derrumbes, inundaciones, las amenazas por acciones de terceros comprendieron el terrorismo y orden público; las amenazas tecnológicas comprendieron, incendios y explosiones, emergencias sanitarias, derrame de combustibles, etc. Las vulnerabilidades incluyeron el entorno físico, social, económico y ecológico.

Objetivos específicos

De acuerdo al artículo 10 del “Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas”, emitido mediante la RM N° 161-2007-MEM/DM del 18 de Abril del 2007; se ha considerado los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar, describir, analizar y evaluar los riesgos a las instalaciones, a la población (personal de la central y público); al proceso productivo y al medio ambiente atribuible a la operación de la Central Termoeléctrica San Nicolás.
2. Efectuar una evaluación de los trabajadores, sus herramientas y ambientes de trabajo.
3. Determinar los posibles daños a terceros y/o propiedad como consecuencia de las actividades que se desarrollan en la central.
4. Evaluar otros riesgos posibles tales como manipuleo de sustancias peligrosas, exposición de agentes químicos, exposición de ruidos, entre otros.

1.3 Ubicación de la Central Termoeléctrica San Nicolás

La Central Térmica San Nicolás, está ubicada en la Punta San Nicolás cerca de la ciudad de San Juan de Marcona, al Sur de Lima.

El clima en el área de estudio es cálido árido, con escasas precipitaciones. La temperatura máxima puede superar los 30°C (Enero-Marzo) y la mínima de 16°C en el mes de agosto. La temperatura promedio anual es de 18°C a 23°C. Durante cada cambio de estación se producen los fuertes vientos de arena y tierra llamados *paracas*. La humedad relativa promedio está entre 60 a 70% y la precipitación pluvial es de 0,3 mm en promedio anual.

Los suelos en el área de estudio son de origen eólico, es decir, por aquellos formados por materiales que han sido acarreados por acción del viento. Son suelos de textura arenosa a franco arenosa, sueltos, excesivamente drenados y de relieve plano a ligeramente inclinado.

El área se ubica en la región de la costa, correspondiendo su morfología a una terraza marítima, de relieve plano ligeramente inclinado, cuyo paisaje fisiográfico se tipifica como “áreas eólicas”.

En su entorno inmediato se tiene una zona marina reservada: la Reserva de Punta San Juan, en ella se encuentran gran cantidad de lobos marinos, la colonia más numerosa de pingüinos de Humboldt en el Perú y variedad de aves guaneras. Además la Ensenada de San Fernando alberga al guanaco y el cóndor andino, único lugar de la costa donde se encuentran estas especies.

La C.T. se encuentra cerca de la ciudad de Marcona. Este distrito, según el censo de julio de 1993 cuenta con 12 919 habitantes. Parte de este distrito es de concesión minera, que explota la empresa Shougang Hierro Perú S.A. Este distrito cuenta con la Bahía de San Juan y la Bahía de San Nicolás en el litoral; sus puertos cuentan con muelles de gran tonelaje y para pesca artesanal; asimismo cuenta con aeropuerto y pista de acceso a la Carretera Panamericana.

La Figura N° 1.1 presenta la ubicación de la Central Termoeléctrica San Nicolás

Figura N° 1.1
Ubicación Geográfica de la Central Termoeléctrica San Nicolás



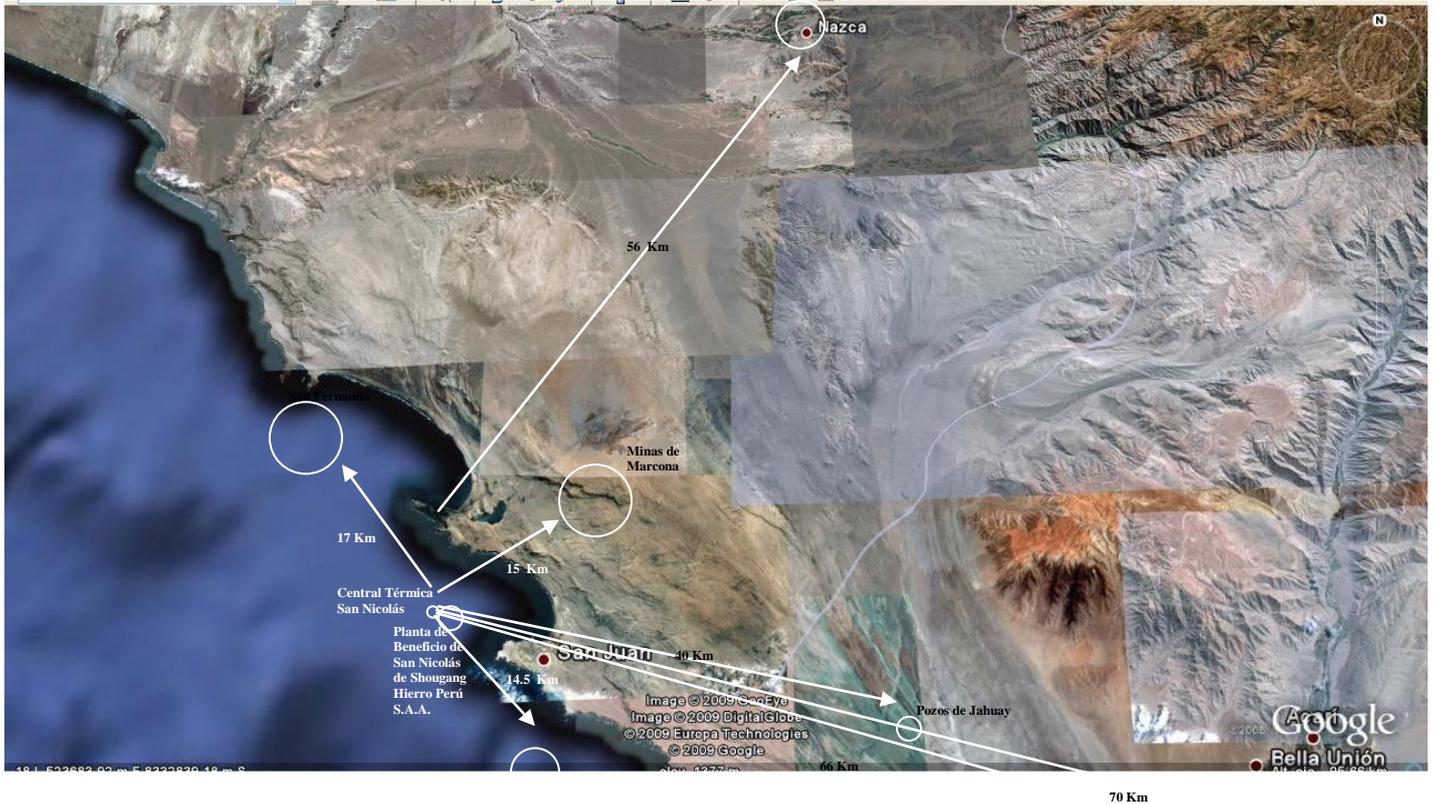
Coordenadas geográficas:

- Norte	8 313 741 m
- Este	473 849 m
- Zona	18 L
- Altitud	21 m

Los límites de la Casa de Máquinas son:

- Norte	: Carretera de acceso a la C.T.
- Sur	: Terrenos de SHOUGANG HIERRO PERÚ SAA
- Este	: Terrenos de SHOUGANG HIERRO PERÚ SAA
- Oeste	: Océano Pacífico.

Figura N° 1.2
Distancias Lineales a Principales Zonas



En el Plano se indican con flechas las distancias lineales que existen entre la Concesión de la Central Térmica San Nicolás y:

- El principal Centro Poblado al Sur (14,5 Km.) el Distrito San Juan de Marcona.
- La Reserva Natural Punta San Juan (14,5 Km.).
- La Reserva Natural San Fernando (17 Km.).
- La Planta de Beneficio de San Nicolás (500 mts.).
- Minas de Marcona (15 Km.).
- Zonas Agrícolas por Nazca (28,2 y 30,7 Kms.).
- Cursos de Aguas Subterráneas (Jahuay) a más de 45 Km.
- Zonas Arqueológicas (Sacaco) a más de 50 Km.

2.0 NORMATIVIDAD APLICADA

Las normas utilizadas para el desarrollo del presente Estudio de Riesgos son:

Normatividad peruana:

- R.M. N° 161-2007-MEM/DM: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas.
- D.S. N° 052-93-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.
- D.S. N° 043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Código Nacional de Electricidad.

Normas NFPA (National Fire Protection Association de los EE.UU.):

- NFPA 30: Código de Líquidos Inflamables y Combustibles.
- NFPA 101: Código de Seguridad Humana.
- NFPA 497: Práctica Recomendada para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores inflamables y de áreas peligrosas (clasificadas) para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico.

3.0 METODOLOGÍA

Para la evaluación de riesgos se ha tomado en cuenta varios métodos que comprenden un aspecto específico del riesgo a evaluar. Tales métodos de análisis son los siguientes:

- Norma Técnica Española N° 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidentes.
- Norma Técnica Española N° 36 Y 37: Riesgo Intrínseco de Incendio.
- Norma Técnica Española N° 100: Evaluación del Riesgo de Incendio. Método de Gustav Purt.
- Norma Técnica Española N° 326: Radiación Térmica en Incendios de Líquidos y Gases.
- Norma Técnica Española N° 291: Evaluación de Vulnerabilidad por el Método de Probit.
- Dispersión de Emisiones Inflamables o Tóxicas: Modelo API basado en la Ecuación de Sutton.
- Método de Dow: Índice de Fuego y Explosión.
- Metodología del Árbol de Fallas y Errores

4.0 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El estudio comprende el área de emplazamiento de las instalaciones correspondientes a la Central Térmica San Nicolás, la misma que está ubicada en la Punta San Nicolás cerca de la ciudad de San Juan de Marcona, al Sur de Lima.

4.1 Sistema de Vapor

La central térmica genera su energía a partir del uso de vapor, que es producido por tres calderas, cuyos datos técnicos son:

Cuadro Nº 4.1
Datos Técnicos de las Calderas

DATOS	CALDERA DE UNIDAD 1	CALDERA DE UNIDAD 2	CALDERA DE UNIDAD 3
Fabricante	Mecánica de la Peña	Mecánica de la Peña	Mitsubishi
Tipo	VU-60	VU-60	VU-60
Capacidad (Kg/h)	86000	86000	116000
Presión(Kg/Cm2)	60	60	60
Temperatura (°C)	485	485	485
Temperatura agua de alimentación (°C)	185	185	185
Eficiencia (%)	87	87	87
Exceso de aire (%)	10	10	10
Tiro	Forzado	Forzado	Forzado
Combustible	PIAV-500	PIAV-500	PIAV-500
Atomización	Vapor	Vapor	Mecánica
Fecha Adquisición o fabricación	Diciembre- 94	Diciembre-94	1970
Año puesta en servicio	Septiembre -95	SSeptiembre-95	1972

El combustible utilizado por las calderas es el Petróleo Industrial 500 (R500) que se almacena en tres tanques de concreto, subterráneos, 2 de 50 000 galones de capacidad y uno de 73500 galones. Para iniciar la combustión en las calderas se hace uso de Petróleo Diesel 2, el mismo que está almacenado en un tanque aéreo de 3 300 galones de capacidad de acero al carbono. Estos tres tanques se encuentran en una zona externa a la planta de generación eléctrica, colindante a la zona de estacionamiento (Ver Planos Anexo 2)

Los datos de los tanques son los siguientes:

Cuadro Nº 4.2
Datos Técnicos de Los Tanques de Petróleo

DATOS	TANQUE Nº 1	TANQUE Nº 2	TANQUE Nº 3	TANQUE DIESEL
Nº de equipo	363-256	363-704	363-475	363-252
Descripción	Tanque subterráneo de concreto	Tanque subterráneo de concreto	Tanque subterráneo de concreto	Tanque aéreo de metal
Fecha de instalación	1963	1967	1972	1963
Producto almacenado	Petróleo residual 500	Petróleo residual 500	Petróleo residual 500	Petróleo diesel
Capacidad (galones)	50 000	50 000	73 500	3 300
Código UN	1993	1993	1993	1993

Las tres calderas son acuotubulares y sus características se indican en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 4.3
Características Técnicas de las Calderas de Vapor

DATOS	CALDERA DE UNIDAD 1	CALDERA DE UNIDAD 2	CALDERA DE UNIDAD 3
Fabricante	Mecánica de la Peña	Mecánica de la Peña	Mitsubishi
Tipo	VU-60	VU-60	VU-60
Capacidad (Kg/h)	86 000	86 000	116 000
Presión(Kg/Cm ²)	60	60	60
Temperatura (°C)	485	485	485
Temperatura agua de alimentación (°C)	185	185	185
Eficiencia (%)	87	87	87
Exceso de aire (%)	10	10	10
Tiro	Forzado	Forzado	Forzado
Combustible	R500	R500	R500
Atomización	Vapor	Vapor	Mecánica
Fecha Adquisición o fabricación	1994	1994	1970
Año puesta en servicio	1995	1995	1972

El vapor producido en las calderas, que normalmente se encuentra alrededor de 850 Psig (60 kg/cm²) y 900 °F, se inyecta a las turbinas en las que se expande hasta la presión correspondiente al condensador (1,5 "Hg), generando de este modo la rotación del eje de las turbinas cuya energía mecánica es convertida en energía eléctrica a través de los generadores eléctricos.

Luego de pasar por las turbinas, el vapor es condensado en un intercambiador de calor con agua fría de mar. El condensado junto con el agua de reposición que proviene de la Planta Desalinizadora (de propiedad de Shougang Hierro Perú S.A.A.) regresa a las calderas, pasando previamente por un equipo desaerador con el fin de eliminar oxígeno y otros gases que puedan producir corrosión en el sistema de vapor. El desaerador eleva la temperatura del agua de alimentación hasta 185 °C la cual ingresa nuevamente a través de las bombas de alimentación a las calderas repitiéndose el ciclo.

El agua de reposición que se utiliza en el sistema de vapor es almacenada en 3 tanques.

4.1 Agua de Enfriamiento

El agua de mar que se utilizó en el condensador ingresa al mismo con una temperatura promedio de 15 °C y es evacuada nuevamente al mar a temperaturas que oscilan entre los 26 °C y 30 °C. El flujo normal de agua de enfriamiento es de 9 000 gal/min.

4.1 Generación de Energía Eléctrica

La Central Térmica San Nicolás inició su operación el año 1964; está conformada por tres unidades de generación con turbinas a vapor.

De acuerdo a los últimos ensayos de potencia efectiva y rendimiento, las unidades de generación TV1, TV2 y TV 3 tienen una potencia efectiva de 18.71 MW, 17.08 MW y 25.92 MW respectivamente.

Las características técnicas de las unidades de generación se encuentran detalladas en el Cuadro N° 4.4.

Cuadro N° 4.4
Características Técnicas de las Unidades de Generación de la
Central Térmica San Nicolás

	UNIDAD No. 1	UNIDAD No. 2	UNIDAD No. 3
Potencia Efectiva	18.71	17.08	25.92
TURBINA A VAPOR			
Fabricante	General Electric	General Electric	Mitsubishi
Serie	133556	173239	T- 416
Potencia Nominal	20180 Kw	20180 Kw	26860 Kw
Velocidad	3600 RPM	3600 RPM	3600 RPM
No. Etapas	15	15	17
Presión de Vapor vivo	850 psig	850 psig	850 psig
Temperatura del vapor vivo	900 F	900 F	900 F
Presión de escape	1.5 "Hg abs.	1.5" Hg abs	1.5 "Hg abs
Velocidad Nominal	3600 RM	3600 RPM	
Altitud de instalación	40 m.s.n.m	40 m.s.n.m	40 m.s.n.m
Numero de extracciones	4	4	4
Año de instalación	1962	1962	1970
GENERADOR			
Fabricante	General Electric	General Electric	Mitsubishi
Potencia Nominal	22059 KVA	22059 KVA	29412 KVA
Factor de Potencia	0.85	0.85	0.85
Tensión Nominal	13.8 kv	13.8 Kv	13.8 Kv
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Velocidad	3600 RPM	3600 RPM	3600 RPM
No. De Fases	3	3	3
No. De Polos	2	2	2
Año de Fabricación	1961	1964	1970
Año de puesta en Servicio	1963	1967	1972
Refrigeración	Hidrogeno	Hidrogeno	Aire

En el Anexo N° 2 se encuentra el Diagrama Unifilar de la central.

Dentro de las instalaciones de la Central Térmica San Nicolás se encuentra instalado un grupo electrógeno Diesel que también ha sido declarada ante el COES, cuyas características son las siguientes:

Cuadro N° 4.5
Características Técnicas del Grupo Electrógeno

GRUPO ELECTROGENO ONAN/CUMMINS DE 1500 KW	
Potencia Efectiva	1.24 MW
Generador	
Marca	ONAN/CUMMINS
Modelo	1500 DFMB
Procedencia	Estados Unidos de Norteamérica
Potencia en régimen Standby	1500 KW (1875KVA)
Potencia en régimen Prime Motor	1250 KW (156 KVA)
Voltaje	4160 Voltios
Frecuencia	60 Hz
Motor	
Marca	CUMMINS
Modelo	KTTA50-G2
No. Serie	7998-255
No. Cilindros	16
Tipo de combustible	Diesel 2
Enfriamiento	Agua
Velocidad	1800 RPM
Potencia en Régimen Standby	2220 BHP
Potencia en Régimen Prime	1855 BHP
Año Fabricación	Enero -98
Año puesta en servicio	Agosto- 98

El Sistema Eléctrico de la central térmica está constituido fundamentalmente por un conjunto de Barras en 13,8 KV denominados Barra 1, Barra 2 y Barra 3, conectados entre sí y alimentados cada uno por las unidades de Generación 1, 2 y 3, respectivamente.

Este sistema de barras está conectado al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) mediante 3 transformadores de 37,5 MVA y 13,8/60 KV en la S.E. San Nicolás; ésta S.E. a su vez está conectada a la S.E. Marcona de 75/75/30 MVA y 220/60 KV del SEIN mediante 2 líneas de transmisión en 60 KV y 15.2 km de longitud.

Del sistema de barras de generación en 13,8 KV, a esta misma tensión y mediante cables de potencia se alimenta a la Subestación MAGNÉTICA de la Planta de tratamiento del hierro de Shougang Hierro Perú S.A.A., en las que se encuentran instalados transformadores con potencias nominales que van

desde 1 hasta 10 MVA, 13.8/4.16 KV, dependiendo del requerimiento de las cargas. De estas mismas barras se alimentan también a las subestaciones PELLET N° 1 y 2 en las que se reubican transformadores de 13.8/4.16 KV y potencias nominales que van desde 1.5 hasta 10 MVA; a la subestación FILTROS N°2 y a las subestaciones N° 8, 8A y 11 en las que se han ubicado transformadores con potencias nominales que van desde 1 hasta 10 MVA y relaciones de transformación de 13.8/4.16 – 0.48 KV.

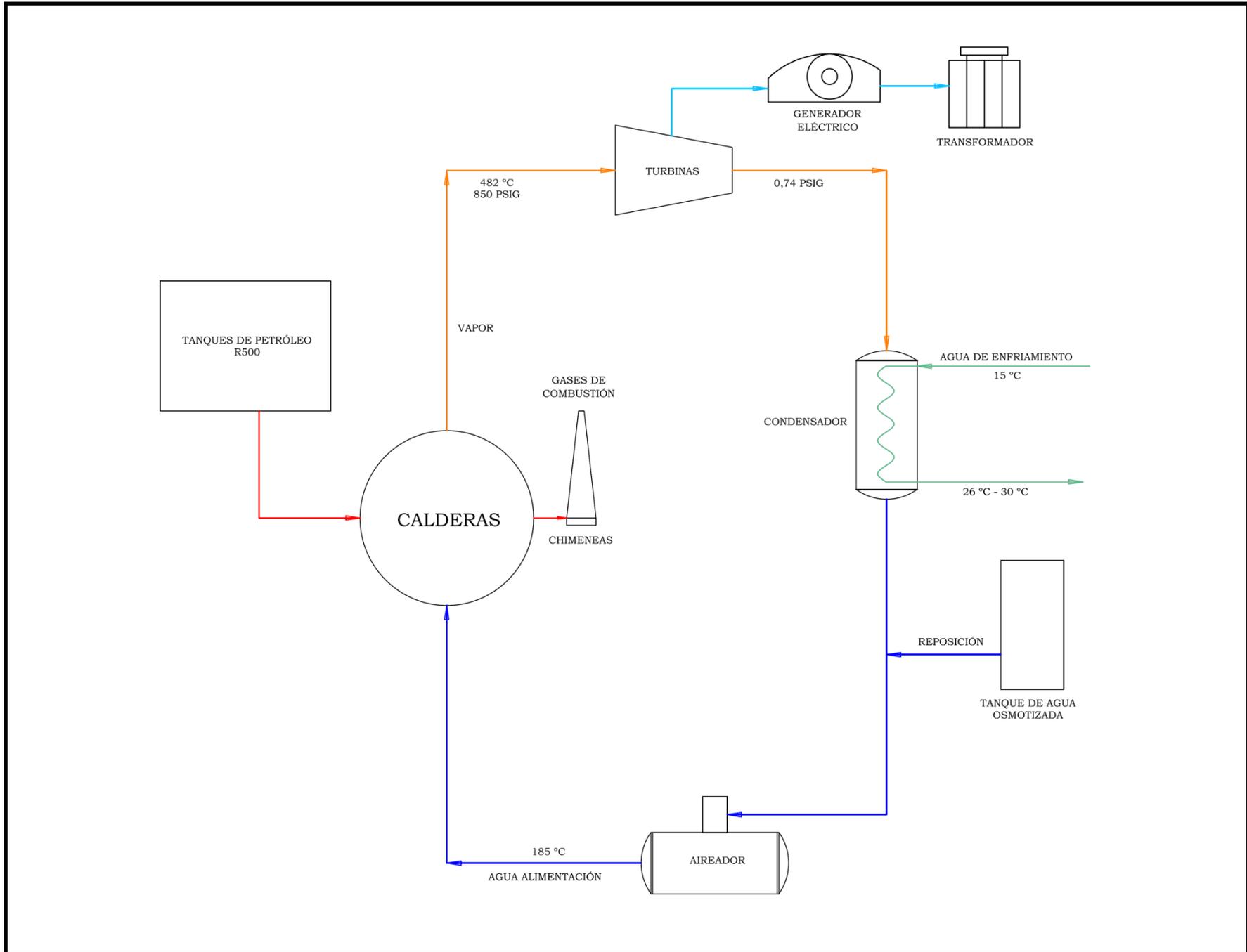
De la barra de generación N° 3 se alimenta a la S.E. N° 8 B en la que se encuentra instalado un transformador de 10 MVA y 13.8/34.5 KV y mediante una línea de transmisión en 34.5 KV se alimenta a las subestaciones Colchón de 2 MVA - 34.5/4.16 KV; S.E. PTAR de 0.25 MVA – 34.5/0.48 KV; las Subestaciones CD1 y CD2 de 3.75 y 2 MVA y 34.5/4.16 Kv, respectivamente, que alimenta a los servicios de la ciudad de San Juan de Marcona.

La S.E. Mina de SHOUGANG GENERACIÓN ELÉCTRICA S.A.A. es alimentada desde la S.E. Marcona del SEIN mediante una línea de transmisión en 60 KV, 3.9 km de longitud y un transformador de 25 MVA, 60/34.5 KV ubicada en la misma subestación.

En el Anexo N° 2 se muestra el Diagrama Unifilar de la Central Térmica de San Nicolás.

El diagrama de flujo del proceso de generación eléctrica es el siguiente:

Diagrama de Flujo N° 4.1



5.0 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

La C.T. San Nicolás posee actualmente dentro de sus instalaciones los siguientes tanques:

Cuadro N° 5.1
Capacidad y Dimensiones de Tanques

Tanques	Combustible	Capacidad		Dimensiones de Poza de Contención		
		Galones	m ³	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Tanque 1	Residual 500	50 000	189,3	6,30	4,00	3,63
Tanque 2	Residual 500	50 000	189,3			
Tanque 3	Residual 500	73 500	277,8	12,4	3,5	3,28
Tanque petróleo diesel	Diesel 2	3 300	13	6,15	4,34	0,76
Tanque 4 (Alimentación al G.E.)	Diesel 2	1 300	5	3,3	2,45	0,60

Las características fisicoquímicas de cada combustible se señalan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 5.2
Características Fisicoquímicas de los Combustibles

PRODUCTO QUÍMICO	PUNTO INFLAM. °C	PUNTO DE EBUL. °C	AUTO INFLAMAB. °C	LÍMITES DE INFLAMABILIDAD EN PORCENTAJE EN VOLUMEN		DENSIDAD (a 15°C) g/cm ³
				Inferior	Superior	
Petróleo R- 500	65,5	529	408	1,3	6	0,98
Diesel 2	52	149	257	1,3	6	0,87

La clasificación del tipo de combustible, su identificación según Naciones Unidas y los riesgos de acuerdo con la NFPA se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 5.3
Clasificación, Identificación y Riesgos de los Combustibles

PRODUCTO QUÍMICO	CLASIFICACIÓN	NÚMERO ONU	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS NFPA		
			Salud	Inflamabilidad	Reactividad
Petróleo R- 500	Clase III	1993	0	2	0
Diesel 2	Clase II	1993	0	2	0

Los tanques se encuentran instalados dentro de una zona aledaña al área de estacionamiento y planta de generación eléctrica de la C.T. San Nicolás tal como puede apreciarse en la Foto N° 5.1.

Los equipos de bombeo y estructuras metálicas se encuentran debidamente aterradas.

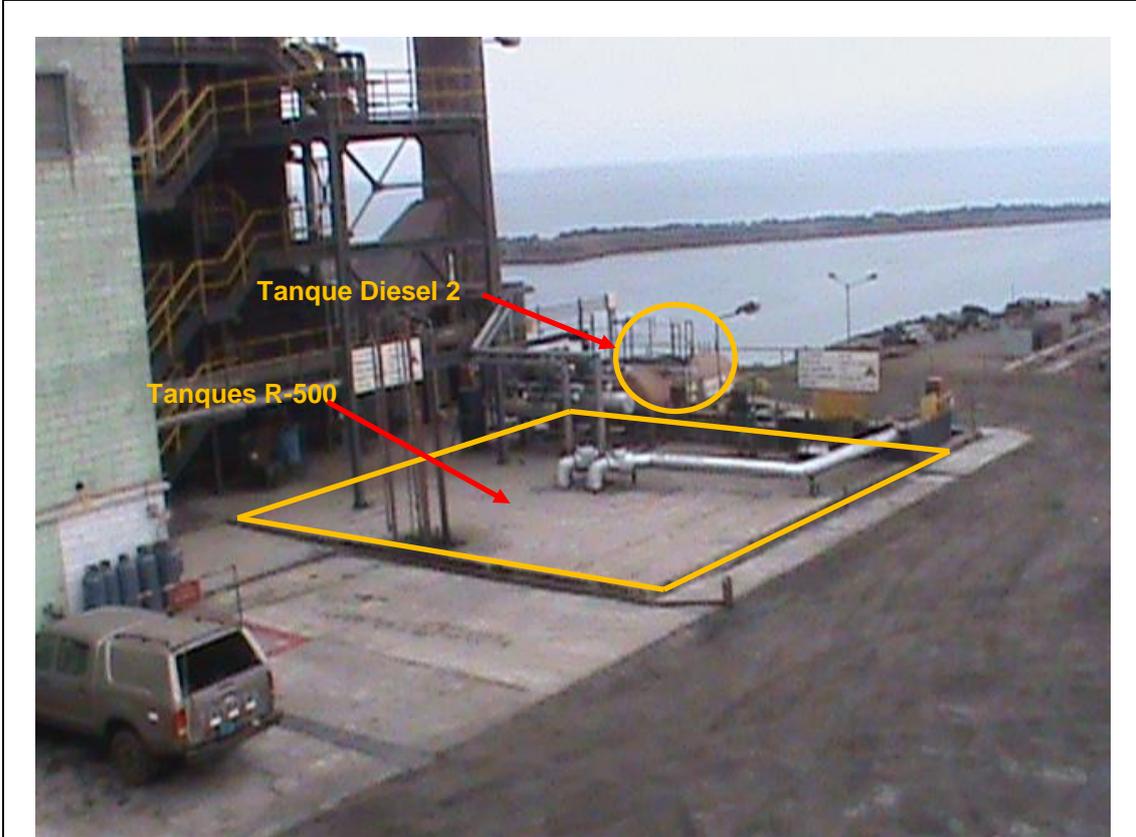


Foto N° 5.1
Área de Almacenamiento de Combustibles



Foto N° 5.2
Cilindros de GLP Cerca al Área de Almacenamiento de Combustibles

6.0 EQUIPOS AUXILIARES

Los equipos auxiliares están conformados básicamente por las bombas de agua de la planta cuyas características son las siguientes:

Cuadro N° 6.1
Características de las Bombas de Descarga

Bomba	No. Equipo	Fabricante	Serie	Tipo	Tamaño	Rpm	Capacidad GPM	Año Instalación
Bomba de agua salada No. 1	363-001	C.H.Wheeler Co.	WE 18 44724	CAFV	14" 18"	1170	6000	1964
Bomba de agua salada No.2	363-002	C.H.Wheeler Co.	WE 1 44724	CAFV	14" 18"	1170	6000	1964
Bomba de agua salada No.3	363-502	Byron Jackson		28 RXL		1180	7000	1967
Bomba de agua salada No.4	363-503	Byron Jackson		28 RXL		1180	7000	1967
Bomba de agua salada No.5	363-555	Peerless Pump	220043		18*18*24.5	1185	9000	1972
Bomba de agua salada No.6	363-556	Peerless Pump	220042		18*18*24.5	1185	9000	1972
Bomba de agua salada No.7	363-043	Peerless Pump	157295 A				9000	1998
Bomba de Alimentación No. 1 a la caldera	363-015	Pacific Pumps	33413-1	BFJTC	2 1/2"	3575	411	1964
Bomba de Alimentación No. 2 a la caldera	365-117	KSB	9970947 117/100/ 2	HGM 3/7		3571	99.8 T/h	2006
Bomba de alimentación No. 3 a la caldera	363-512	Pacific Pumps	38914	BFJTC	3 1/2"	3570	474	1967
Bomba de alimentación No. 4 a la caldera	365-116	KSB	9970947 117/100/ 1	HGM 3/7		3571	99.8 T/h	2006
Bomba de Alimentación No. 5 a la caldera	363-045	Pacific Pumps	45418	BFJTC	3	3570	550	1972
Bomba de Alimentación No. 6 a la caldera	365-068	KSB	2-G21- 180 472/1	HGM 4/6		3570	113.3 T/h	2003

7.0 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Se han agrupado en siete grupos que engloban, de forma general, las tareas comúnmente desarrolladas. El listado de grupo de actividades es el siguiente:

1. Actividades de Operación y Maniobra

Existe una serie de actividades que permiten iniciar la operación, mantener en operación y sacar fuera de servicio las unidades de generación y la central; las cuales involucran tareas específicas de los siguientes trabajadores:

- Operadores de calderas
- Técnico de Control
- Supervisor de turno
- Operador de turbina

En este grupo de actividades, se consideran incluidos los trabajos que se realizan en la operación, control y maniobras de equipos y aparatos. Entre estas actividades son de destacar las siguientes:

- Operar y maniobrar los sistemas principales y equipos auxiliares
- Realizar maniobras de arranque, variación de carga y parada de equipos
- Efectuar maniobras locales y remotas en instalaciones eléctricas
- Efectuar maniobras en sistemas de manipulación de combustibles y residuos
- Maniobrar compresores, válvulas, bombas, etc.
- Operar de forma remota instalaciones, sistemas y equipos.
- Otras

2. Mantenimiento eléctrico

En este grupo de actividades, se consideran incluidos los trabajos que se realizan sobre equipos específicamente eléctricos en cuanto al fin que persiguen. Entre estas actividades son de destacar las siguientes:

- Mantenimiento de Banco de Baterías
- Mantenimiento de Transformadores
- Mantenimiento de Barras
- Mantenimiento de Breakers
- Mantenimiento de Mandos de Control de Grúa Puente
- Mantenimiento de Excitatrices

3. Mantenimiento mecánico

En este grupo de actividades, se consideran incluidos los trabajos que se realizan sobre equipos específicamente mecánicos en cuanto al fin que persiguen o tareas no eléctricas. Entre estas actividades son de destacar las siguientes:

- Revisar y ejecutar los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos.
- Realizar desmontajes y montajes de equipos y maquinarias
- Trabajo mecánicos en taller
- Otras

4. Mantenimiento de Servicios Auxiliares

En este grupo de actividades, se consideran incluidos los trabajos que se realizan sobre equipos, generalmente de pequeño tamaño, que pueden considerarse a la vez como eléctricos y mecánicos en cuanto al fin que persiguen. Entre estas actividades son de destacar las siguientes:

- Revisar y mantener equipos de supervisión/control de sistemas de medida
- Realizar pequeñas tareas de mantenimiento en los sistemas de medida
- Revisar, desmontar, montar y reparar los sistemas de telecontrol
- Otras

5. Construcción (Obra civil y montaje)

En este grupo de actividades, se consideran todas las tareas que se realizan para la obra civil y montaje de instalaciones, edificios, recintos, etc. de una nueva construcción. Entre estas actividades son de destacar las siguientes:

- Montar líneas aéreas
- Realizar trabajos de conservación, mejora y reparación de líneas
- Realizar construcción y montaje de centros de transformación
- Realización de zanjas.
- Otras

6. Inspección y Revisión

En este grupo de actividades, se consideran incluidos todos los trabajos que se realizan para llevar a cabo la inspección y revisión de equipos y aparatos, rondas de medición, etc. Entre estas actividades son de destacar las siguientes:

- Supervisar actuaciones sobre instalaciones, sistemas, equipos, etc.
- Supervisar y controlar trabajos de mantenimiento y operación
- Supervisar el montaje y reparación de instalaciones
- Realizar rondas de medición y comprobación de equipos y sistemas
- Supervisar la realización de trabajos en el parque de intemperie

- Realizar inspección visual y correcto funcionamiento de compresores, válvulas, etc.
- Otras

7. Organización y Administración

En este grupo de actividades, se consideran incluidos todos los trabajos que se realizan en oficinas, laboratorios, garajes, etc. Cuyo objetivo es el de la organización y administración de departamentos o servicios. Entre estas actividades son de destacar las siguientes:

- Trabajos en oficinas
- Trabajos en almacenes y similares
- Trabajos relacionados con las cocinas y comedores
- Trabajos en laboratorio

8.0 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología empleada para la determinación de peligros y riesgos en cada una de las áreas de la C.T. San Nicolás ha sido la siguiente:

I. Inspección de cada área

La inspección de cada una de las áreas se efectuó con el fin de identificar los peligros que conlleven principalmente a una situación no deseada. La identificación de los peligros fue registrada mediante toma fotográfica y lista de verificación, para su posterior discusión, esto nos ha permitido efectuar una clara descripción del peligro y la posterior evaluación de los riesgos.

II. Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Los peligros identificados fueron evaluados empleando la siguiente metodología:

A. Norma Técnica de Prevención - NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidentes

Esta metodología permite cuantificar la magnitud de los riesgos existentes y, en consecuencia, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección. La información que nos aporta este método es orientativa, empleando para ello niveles de riesgo, probabilidad y consecuencias, en una escala de cuatro posibilidades. Existe un compromiso entre el número de niveles elegidos, el grado de especificación y la utilidad del método.

En esta metodología consideraremos, según lo expuesto, que el nivel de probabilidad es función del nivel de deficiencia (ND) y de la frecuencia o nivel de exposición (NE) a la misma. El nivel de riesgo (NR) será por su parte función del nivel de probabilidad (NP) y del nivel de consecuencias (NC) y puede expresarse como:

$$NR = NP \times NC$$

Nivel de deficiencia (ND)

Llamaremos nivel de deficiencia (ND) a la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente. Los valores numéricos empleados en esta metodología y el significado de los mismos se indican en el Cuadro N° 8.1.

Cuadro N° 8.1
Determinación del Nivel de Deficiencia

Nivel de Deficiencia	ND	Significado
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable (B)	---	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora

A cada uno de los niveles de deficiencia se ha hecho corresponder un valor numérico adimensional, excepto al nivel "aceptable", en cuyo caso no se realiza una valoración, ya que no se han detectado deficiencias.

En cualquier caso, lo destacable es que es necesario alcanzar en nuestra evaluación un determinado nivel de deficiencia con la ayuda del criterio expuesto o de otro similar.

Nivel de exposición (NE)

El nivel de exposición (NE) es una medida de la frecuencia con la que se da exposición al riesgo. Para un riesgo concreto, el nivel de exposición se puede estimar en función de los tiempos de permanencia en áreas de trabajo, operaciones con máquina, etc.

Los valores numéricos, como puede observarse en el Cuadro N° 8.2, son ligeramente inferiores al valor que alcanzan los niveles de deficiencias, ya que, por ejemplo, si la situación de riesgo está controlada, una exposición alta no debiera ocasionar, en principio, el mismo nivel de riesgo que una deficiencia alta con exposición baja.

Cuadro N° 8.2
Determinación del Nivel de Exposición

Nivel de Exposición	NE	Significado
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral aunque sea con tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo.
Esporádica (EE)	1	Irregularmente.

Nivel de probabilidad (NP)

En función del nivel de deficiencia de las medidas preventivas y del nivel de exposición al riesgo, se determinará el nivel de probabilidad (NP), el cual se puede expresar como el producto de ambos términos:

$$NP = ND \times NE$$

El Cuadro N° 8.3, facilita la consecuente categorización.

Cuadro N° 8.3
Determinación del Nivel de Probabilidad

		Nivel de exposición (NE)			
		4	3	2	1
Índice de Deficiencia	10	MA-40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-18	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B-2

En el Cuadro N° 8.4 se refleja el significado de los cuatro niveles de probabilidad establecidos.

Cuadro N° 8.4
Significado de Diferentes Niveles de Probabilidad

Nivel de Probabilidad	NP	Significado
Muy Alta (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continuada, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alta (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida laboral.
Moderada (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Baja (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

Nivel de consecuencias o severidad (NC)

Se han considerado igualmente cuatro niveles para la clasificación de las consecuencias o severidad (NC). Se ha establecido un doble significado; por un lado, se han categorizado los daños físicos y, por otro, los daños materiales. Se ha evitado establecer una traducción monetaria de éstos últimos, dado que su importancia será relativa en función del tipo de empresa y de su tamaño. Ambos significados deben ser considerados independientemente, teniendo más peso los daños a personas que los daños materiales. Cuando las lesiones no son importantes la consideración de los daños materiales debe ayudarnos a establecer prioridades con un mismo nivel de consecuencias establecido para personas.

Como puede observarse en el Cuadro N° 8.5, la escala numérica de consecuencias es muy superior a la de probabilidad. Ello es debido a que el factor consecuencias debe tener siempre un mayor peso en la valoración.

Cuadro N° 8.5
Determinación del Nivel de Consecuencias o Severidad

Nivel de Consecuencias o Severidad	NC	Significado	
		Daños Personales	Daños Materiales
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o más	Destrucción total del sistema (Difícil renovarlo).
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema (Compleja y costosa reparación).
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación.
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren especialización	Reparable sin necesidad de paro del proceso.

Se observará también que los accidentes se han considerado como consecuencia grave. Con esta consideración se pretende ser más exigente a la hora de penalizar las consecuencias sobre las personas debido a un accidente, que aplicando un criterio médico-legal. Además, podemos añadir que los costes económicos de un accidente aunque suelen ser desconocidos son muy importantes. Hay que tener en cuenta que cuando nos referimos a las consecuencias de los accidentes, se trata de las normalmente esperadas en caso de materialización del riesgo.

Nivel de riesgo (NR) y nivel de intervención (NI)

El Cuadro N° 8.6 permite determinar el nivel de riesgo y, mediante agrupación de los diferentes valores obtenidos, establecer bloques de priorización de las intervenciones, a través del establecimiento también de cuatro niveles (indicados en el cuadro con cifras romanas).

Los niveles de intervención obtenidos tienen un valor orientativo. Para priorizar un programa de inversiones y mejoras.

Cuadro N° 8.6
Determinación del Nivel de Riesgo y de Intervención (NR)
NR = NP x NC

		Nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4000 - 2400	I 2000-1200	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400 - 1440	I 1200 - 600	I 480 - 360	II 240 III 120
	25	I 1000 - 600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
	10	II 400-240	II 200 III 100	II 80-60	III 40 IV 20

El nivel de riesgo viene determinado por el producto del nivel de probabilidad por el nivel de consecuencias. El Cuadro N° 8.7 establece la agrupación de los niveles de riesgo que originan los niveles de intervención y su significado.

Cuadro N° 8.7
Significado del Nivel de Intervención

Nivel de Intervención	NR	Significado
I	4000 – 600	Situación crítica, corrección urgente.
II	500 – 150	Corregir y adoptar medidas de control.
III	120 – 40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.

B. Norma Técnica de Prevención - NTP 326: Radiación Térmica en Incendios de Líquidos y Gases

Introducción

Los accidentes por escape de líquidos y gases inflamables pueden dar lugar a la formación de un charco ardiendo, una bola de fuego o un incendio tipo llamarada, cuando el combustible entra en contacto con un foco de ignición.

El modelo de partida para la evaluación de la radiación térmica se basa en un incendio de base rectangular situada sobre el nivel del suelo. Se considera la fase de incendio estacionario independientemente de la fase inicial y de su desarrollo. El tamaño de la superficie del charco formado es importante y a efectos de cálculo se adopta la superficie alcanzada inmediatamente después del derrame y supuesta constante.

Radiación térmica en un incendio

La intensidad de la radiación térmica recibida por un ser vivo u objeto situado en el campo de influencia de un incendio depende de las condiciones atmosféricas (humedad ambiente), de la geometría del incendio (diámetro de la base del incendio, altura de las llamas y distancia al punto irradiado) y de las características físico-químicas del producto en combustión.

Incendio de forma rectangular

Adopta la forma representada en la figura 8.1, asimilable a un incendio de líquido derramado en un cubeto, charco o piscina rectangular. Es la forma normalmente esperada cuando el incendio sobrepasa el propio recipiente, pero queda delimitado por el propio recinto de contención.

En este caso la altura de las llamas se calcula con la siguiente fórmula:

$$a = 29 b_{eq}^{0,7} \cdot m^{0,6}$$

$$b_{eq} = \sqrt{bp / \pi}$$

siendo:

b = Área equivalente
m = Caudal de evaporación

Mediante las relaciones a/b, c/b y b/c y a/c y con la ayuda de la tabla 3 se obtiene el factor de visión geométrico para las tres posiciones F_h , F_v y $F_{m\acute{a}x}$.

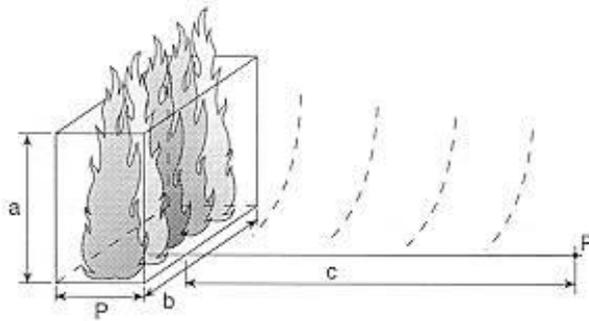


Figura N° 8.1: Forma de Incendio con frente rectangular

Intensidad de radiación de la llama

La intensidad media de radiación **E** de las llamas de un incendio depende del tipo de combustible y del diámetro de la base del líquido incendiado.

La dependencia del diámetro de la base del líquido incendiado se fundamenta en los siguientes puntos:

- El nivel de turbulencia de una llama está afectado por el diámetro.
- Si la llama es ópticamente transparente, la intensidad de radiación es función del diámetro.
- A mayor diámetro, aumenta la posibilidad de formación de humo negro y hollín debido a la deficiencia de oxígeno en la zona interna del incendio.
- En general la intensidad de radiación **E** varía entre 40 y 140 kW/m².

En las tablas 4 y 5 se indican, para diversos combustibles, los valores de **E**, que sirven para calcular la irradiación recibida a una cierta distancia del incendio y con una cierta sobrevaloración al comparar con datos experimentales ya que no se tiene en cuenta la dependencia del diámetro del incendio ni la formación de humo negro y hollín.

Coefficiente de transmisión atmosférica

Parte del calor radiante es absorbido por el aire existente entre el objeto expuesto a la radiación y el incendio. Esta reducción entre la radiación emitida y la recibida se tiene en cuenta mediante el coeficiente de transmisión atmosférica **d**. El valor de **d** es función de la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera existente entre el foco emisor de radiación y el receptor. Este valor se puede obtener de gráficos o de una fórmula empírica.

Una serie de gráficos dan el coeficiente de transmisión **d** en función de la distancia **c** para diferentes temperaturas ambientales y grados de humedad relativa (Figura N° 8.2).

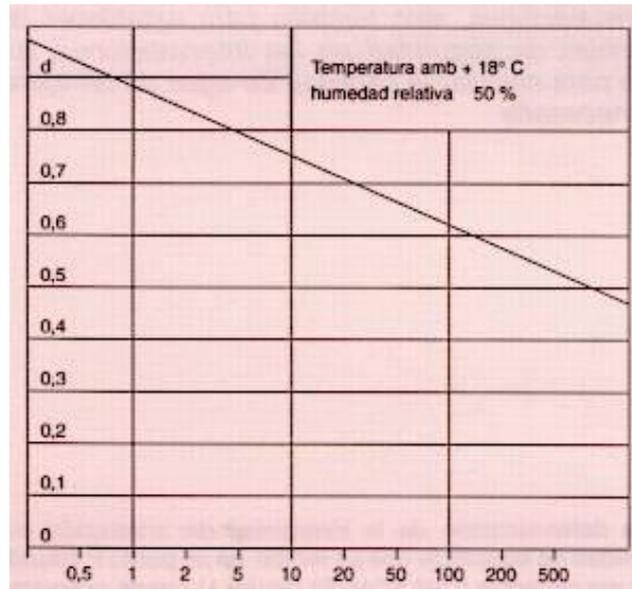


Figura N° 8.2: Coeficiente de Transmisión (d) en Función de la Distancia (c)

La presión parcial del vapor de agua se calcula a partir de la humedad relativa del aire ambiental y de los valores de las presiones de vapor saturado a diferentes temperaturas dados en el Cuadro N° 8.8.

Cuadro N° 8.8: Presión de Vapor Saturado del Agua (Pa) en Función de la Temperatura (°C)

Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)	Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)
0	600	19	2170
2	700	20	2310
4	800	21	2450
6	920	22	2610
8	1060	23	2770
10	1210	24	2940
11	1300	25	3130
12	1380	26	3320
14	1580	27	3520
15	1680	28	3730
16	1790	29	3950
17	1920	30	4190
18	2040		

Así para un caso determinado, la presión parcial de vapor se calcula multiplicando la humedad relativa por la presión de vapor saturado a la temperatura existente.

Una fórmula empírica empleada normalmente es la siguiente, propuesta por Pietersen y Huerta (TNO):

$$d = 2,02 (P_v \cdot x)^{-0,09}$$

Siendo:

P_v = Presión parcial del vapor de agua a la temperatura determinada (Pa).

x = Longitud de recorrido de la radiación, distancia desde la superficie de llama al blanco receptor (m).

Factor de Visión Geométrico

El factor de visión geométrico o factor de forma es un coeficiente que valora el efecto de la forma geométrica de las llamas (altura alcanzada y dimensiones de la superficie de líquido incendiada), de la distancia al punto **P** o superficie irradiada y de la posición u orientación (horizontal, vertical, inclinada) de dicha superficie. Este factor se simboliza F_v para superficies verticales, F_h para horizontales y $F_{m\acute{a}x}$ para superficie inclinada de irradiación máxima.

El cálculo del factor de visión geométrico para diferentes configuraciones está expuesto en la mayoría de bibliografía especializada de transmisión de calor con fórmulas complejas por lo que generalmente se dan tablas de valores o gráficos de cálculo.

Cuadro N° 4.9: Factor de Visión Geométrico para Incendio Rectangular

Factor de visión horizontal, F_h												
a/b c/b	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0				
0,1	0,0732	0,1380	0,1705	0,1998	0,2126	0,2217	0,2279	0,2305				
0,2	0,0263	0,0728	0,1105	0,1549	0,1774	0,1944	0,2063	0,2113				
0,3	0,0127	0,0414	0,0720	0,1182	0,1459	0,1687	0,1855	0,1928				
0,4	0,0073	0,0257	0,0485	0,0899	0,1190	0,1452	0,1660	0,1752				
0,5	0,0047	0,0171	0,0339	0,0687	0,0966	0,1243	0,1478	0,1588				
0,6	0,0032	0,00120	0,0245	0,0530	0,0784	0,1059	0,1312	0,1436				
0,7	0,0023	0,0087	0,0182	0,0414	0,0638	0,0903	0,1162	0,1296				
0,8	0,0017	0,0065	0,0139	0,0327	0,0522	0,0767	0,1028	0,1169				
0,9	0,0013	0,0050	0,0108	0,0261	0,0429	0,0653	0,0908	0,1054				
1,0	0,0010	0,0040	0,0086	0,0211	0,0355	0,0557	0,0803	0,0951				
1,2	0,0007	0,0026	0,0056	0,0142	0,0249	0,0409	0,0629	0,0774				
1,5	0,0004	0,0015	0,0032	0,0084	0,0152	0,0265	0,0440	0,0572				
2	0,0002	0,0007	0,0015	0,0041	0,0076	0,0139	0,0253	0,0355				
3	0,0001	0,0002	0,0005	0,0013	0,0026	0,0050	0,0100	0,0154				
4	—	0,0001	0,0002	0,0006	0,0011	0,0023	0,0047	0,0077				
5	—	—	0,0001	0,0003	0,0006	0,0012	0,0026	0,0043				
Factor de visión vertical, F_v												
b/c a/c	10	5	3	2	1	0,75	0,50	0,25	0,2	01	0,05	0,02
10	0,2480	0,2447	0,2369	0,2234	0,1767	0,1499	0,1118	0,0606	0,0490	0,0249	0,0125	0,0050
5	0,2447	0,2421	0,2350	0,2221	0,1750	0,1491	0,1114	0,0604	0,0489	0,0248	0,0124	0,0050
3	0,2369	0,2350	0,2292	0,2176	0,1734	0,1478	0,1101	0,0598	0,0483	0,0245	0,0123	0,0049
2	0,2234	0,2221	0,2176	0,2078	0,1674	0,1427	0,1068	0,0581	0,0470	0,0239	0,0120	0,0048
1	0,1767	0,1760	0,1734	0,1674	0,1385	0,1193	0,0902	0,0494	0,0400	0,0203	0,0102	0,0041
0,75	0,1499	0,1494	0,1475	0,1427	0,1193	0,1032	0,0784	0,0431	0,0349	0,0178	0,0089	0,0036
0,50	0,1118	0,1114	0,1101	0,1068	0,0902	0,0784	0,0599	0,0331	0,0268	0,0137	0,0069	0,0027
0,25	0,0606	0,0604	0,0598	0,0581	0,0494	0,0431	0,0331	0,0184	0,0149	0,0076	0,0038	0,0015
0,20	0,0490	0,0489	0,0483	0,0470	0,0400	0,0349	0,0268	0,0149	0,0121	0,0062	0,0031	0,0012
0,10	0,0249	0,0248	0,0245	0,0239	0,0203	0,0178	0,0137	0,0076	0,0062	0,0031	0,0016	0,0006
0,05	0,0123	0,0124	0,0123	0,0120	0,0102	0,0089	0,0069	0,0038	0,0031	0,0016	0,0008	0,0003
0,002	0,0050	0,0050	0,0049	0,0048	0,0041	0,0036	0,0027	0,0015	0,0012	0,0006	0,0003	0,0001

$$F_{\text{m}ax} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$$

Evaluación de las Consecuencias

Para evaluar las consecuencias que puede causar la radiación térmica de un incendio de un determinado producto y dimensiones se calcula la irradiación q recibida a las distancias a considerar mediante la expresión ya citada $q = d F E$ en la cual se sustituyen los valores del coeficiente de transmisión atmosférica d , el factor de visión F y la intensidad media de radiación E , tal como se ha indicado en apartados anteriores.

Las distancias consideradas en metros y las irradiaciones recibidas en kW/m^2 configuran un mapa para la fuente de radiación estudiada en la que se trazan círculos concéntricos de isorradiación que pueden quedar reducidos a un sector en el caso de no existir personas o bienes en todo el entorno circular de la fuente de radiación.

Los valores de la irradiación recibida en función de la distancia se comparan con referencias como las indicadas en la Cuadro N° 7.10, que dan la máxima radiación tolerable para materiales y personas.

Cuadro N° 8.10: Máxima Radiación Tolerable para Materiales y Personas

MÁXIMA RADIACIÓN TOLERABLE	
	Irradiación térmica kW/m^2
Materiales	
Pared de ladrillos	400
Hormigón armado	200
Cemento	60
Acero	40
Madera	10
Personas	
Durante 20 s. sin quemaduras	6,5
Bomberos y personas protegidas	4,7
Personas desprotegidas	4,0

En la Directriz Básica para la elaboración y homologación de los Planes Especiales del Sector Químico (BOE 6-2-1991) se establecen unos valores umbrales que deberán adoptarse para la delimitación de la Zona de Intervención y de Alerta que son respectivamente 5 kW/m^2 con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos y 3 kW/m^2 (sin indicación de tiempo máximo de exposición).

El límite soportable por las personas es de 4 a 5 kW/m², debiendo tenerse en cuenta que la radiación recibida del sol en un día de verano es aproximadamente 1 kW/m².

Un procedimiento complementario para estimar las consecuencias en un grupo de población es el método "Probit" de vulnerabilidad a radiaciones térmicas.

En el método "Probit" se añade el concepto de dosis de irradiación recibida, calculada con la expresión $D = t \cdot I^k$ en la que:

K = Constante experimental (valor más utilizado = 4/3)

D = Dosis (s. W^{4/3} /m^{2.4/3})

I = Intensidad de irradiación (W/m²)

t = tiempo de exposición (s)

En función de la dosis recibida se puede estimar de forma orientativa el porcentaje de personas afectadas según nos refiramos a diferentes grados de quemaduras y/o a muertes.

C. Norma Técnica de Prevención - NTP 291: Evaluación de Vulnerabilidad por el Método de Probit

En este método se parte de una manifestación física de un incidente (concentración tóxica, radiación térmica, sobrepresión máxima de onda explosiva, etc.) y nos da como resultado una previsión de los daños a las personas expuestas al incidente (número de heridos, número de víctimas etc.)

La fórmula empleada en este modelo de vulnerabilidad se basa en una función matemática lineal de carácter empírico extraída de estudios experimentales:

$$Pr = a + b \ln V$$

Donde:

Pr : Función de probabilidad de daño sobre la población expuesta

a: Constante dependiente del tipo de lesión y tipo de carga de exposición

b: Constante dependiente del tipo de carga de exposición

V: Variable que representa la carga de exposición

Cuadro N° 8.11
Equivalencia entre Valores Probit y Porcentaje de Población Afectada

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,95	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,96	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,36	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

D. Método de DOW para el Cálculo del Índice de Fuego y Explosión (IFE / FEI) Norma Técnica de Prevención - NTP 291: Evaluación de Vulnerabilidad por el Método de Probit

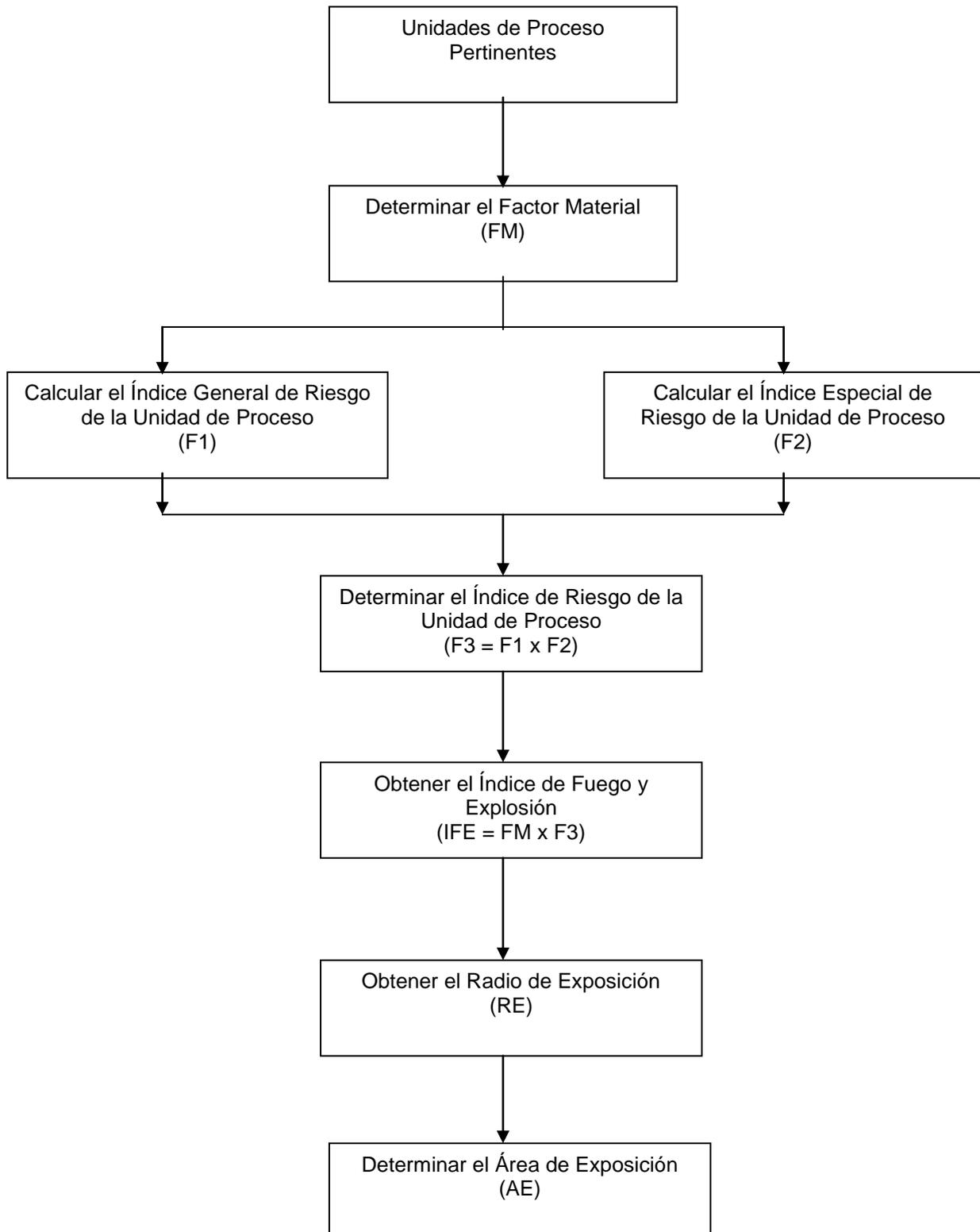
Método desarrollado y perfeccionado por The Dow Chemical Co. Para evaluar el riesgo de forma semicuantitativa para proyectos y para plantas existentes, comparar unidades y plantas entre sí, comprobar procesos antes y después de modificaciones y servir como referencia para promover la seguridad inherente del proceso.

El esquema siguiente resume el proceso usado para calcular el índice y la estimación de las pérdidas.

E. Metodología del Árbol de Fallas y Errores

Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un "suceso no deseado o evento que se pretende evitar", sea éste un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame, etc.) o sea un suceso de menor importancia (fallo de un sistema de cierre, etc.) para averiguar en ambos casos los orígenes de los mismos.

Figura N° 8.12: Diagrama de Flujo del Método



9.0 EVALUACIÓN DE RIESGOS

La evaluación de riesgos del presente estudio ha sido efectuada de acuerdo a la metodología descrita anteriormente comenzando por evaluar los riesgos en cada etapa del proceso.

9.1 Evaluación de los Riesgos de cada Etapa de Proceso y su Clasificación

El proceso comprende las siguientes etapas:

- a. Actividades de operación y maniobra.
- b. Mantenimiento eléctrico.
- c. Mantenimiento mecánico.
- d. Mantenimiento de servicios auxiliares.
- e. Construcción (obra civil y montaje)
- f. Inspección y revisión
- g. Organización y administración

Cuadro Nº 9.1
Interpretación de Resultados

Nivel de Deficiencia (ND)	Nivel de Exposición (NE)	Nivel de Probabilidad (NP)
> 6 a 10: Muy deficiente > 2 a 6: Deficiente 1 a 2: Mejorable	4: Continuada 3: Frecuente 2: Ocasional 1: Esporádica	24 a 40: Muy alta 10 a 20: Alta 6 a 8: Moderada 2 a 4: Baja

Nivel de Consecuencia o Severidad (NC)	Nivel de Riesgo (NR)	Nivel de Intervención (NI)
> 60 a 100: Mortal o catastrófico > 25 a 60: Muy grave 1 a 2: Grave	600 a 4000: Muy alto 150-500: Alto 40 a 120: Bajo 20: Insignificante	I: Urgente II: Planificado III: Debe justificarse IV: No necesario

Cuadro N° 9.2 Evaluación de Riesgos

I. Actividades de operación y maniobra

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)	NIVEL DE CONSECUENCIAS O SEVERIDAD (NC)	NIVEL DE RIESGO (NR)	NIVEL DE INTERVENCIÓN (NI)	COMENTARIOS
Operación de calderas	Sistema de bombeo no aterrado adecuadamente	Chispa eléctrica e incendio	2	3	6	25	150	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Revisar aterramiento de equipo
		Choque eléctrico	2	3	6	25	150	II	
	Falla de bombas (no bombea)	Derrame de combustible	4	2	8	25	200	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Mantenimiento de equipos
	Mala conexión a tierra de las calderas	Chispa eléctrica e incendio	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Revisar aterramiento de equipo.
		Choque eléctrico	2	1	2	25	50	III	
	Partes calientes expuestas	Quemaduras	2	3	6	10	60	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Debe utilizarse siempre EPPs
	Pérdida de combustible	Incendio (sólo en caso haberse formado mezcla combustible)	2	1	2	25	50	III	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Mantenimiento del equipo
	Generación de gases tóxicos	Intoxicación por inhalación	2	2	4	25	100	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Ventilación de las áreas de trabajo.
Ruido y/o vibración	Lesiones físicas en el oído	6	3	18	25	450	II	Probabilidad alta con consecuencias graves. Debe utilizarse protección auditiva en las zonas de trabajo que así lo requieran.	

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)	NIVEL DE CONSECUENCIAS O SEVERIDAD (NC)	NIVEL DE RIESGO (NR)	NIVEL DE INTERVENCIÓN (NI)	COMENTARIOS
Operación de grupo electrógeno	Sistema de bombeo no aterrado adecuadamente	Chispa eléctrica e incendio	2	3	6	25	150	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Revisar aterramiento de equipo
		Choque eléctrico	2	3	6	25	150	II	
	Falla de bombas (no bombea)	Derrame de combustible	4	2	8	25	200	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Mantenimiento de equipos
	Mala conexión a tierra del grupo electrógeno	Chispa eléctrica e incendio	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Revisar aterramiento de equipo.
		Choque eléctrico	2	1	2	25	50	III	
	Partes calientes expuestas	Quemaduras	2	3	6	10	60	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Debe utilizarse siempre EPPs
	Pérdida de combustible	Incendio (sólo en caso haberse formado mezcla combustible)	2	1	2	25	50	III	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Mantenimiento del equipo
	Generación de gases tóxicos	Intoxicación por inhalación	2	2	4	25	100	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Ventilación de las áreas de trabajo.
Ruido y/o vibración	Lesiones físicas en el oído	6	3	18	25	450	II	Probabilidad alta con consecuencias graves. Debe utilizarse protección auditiva en las zonas de trabajo que así lo requieran.	

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)	NIVEL DE CONSECUENCIAS O SEVERIDAD (NC)	NIVEL DE RIESGO (NR)	NIVEL DE INTERVENCIÓN (NI)	COMENTARIOS
Operación de Turbinas	Equipo energizado por mala conexión de puesta a tierra	Chispa eléctrica e incendio	2	2	4	25	100	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Revisar aterramiento de equipo
		Choque eléctrico	2	2	4	25	100	III	
	Fuga de vapor, combustible, agua caliente o aceite	Derrame de combustible	2	2	4	25	100	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Mantenimiento de equipos
		Quemaduras	2	3	6	10	60	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Debe utilizarse siempre EPPs
		Caídas (resbalón), al mismo nivel o a diferente nivel	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Mantenimiento de equipos
	Falta de mantenimiento	Cortocircuito, en bobinados de generador, excitatriz y tableros	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Mantenimiento de equipos
		Electrocución	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Revisar aterramiento de equipo.
	Dispositivos de control en mal estado	Falla de equipos	2	3	6	10	60	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Debe utilizarse siempre EPPs
	Señalización inadecuada	Lesiones físicas graves	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Señalizar y pintar líneas de acuerdo a normas NTP 399.010-1 y NTP 399.012
		Daños a la propiedad graves	4	2	8	25	200	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Señalizar y pintar líneas de acuerdo a normas NTP 399.010-1 y NTP 399.012

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)	NIVEL DE CONSECUENCIAS O SEVERIDAD (NC)	NIVEL DE RIESGO (NR)	NIVEL DE INTERVENCIÓN (NI)	COMENTARIOS
Operación remota de instalaciones, sistema y equipos	Equipo energizado por mala conexión de puesta a tierra o por contacto eléctrica	Chispa eléctrica e incendio	2	3	6	25	150	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Revisar aterramiento de equipo
		Choque eléctrico	2	3	6	25	150	II	
	Cableado en mal estado	Corto circuito e incendio	2	2	4	25	100	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Mantenimiento de equipos
		Electrocución	4	2	8	25	200	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Mantenimiento del cableado
	Tableros con conexiones en mal estado o sin mandil protector	Corto circuito, explosión e incendio	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Dar mantenimiento a los tableros.
		Electrocución	2	1	2	25	50	III	

II. Mantenimiento

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)	NIVEL DE CONSECUENCIAS O SEVERIDAD (NC)	NIVEL DE RIESGO (NR)	NIVEL DE INTERVENCIÓN (NI)	COMENTARIOS
Mantenimiento eléctrico	Partes energizadas	Choque eléctrico o electrocución	2	4	8	60	480	II	Probabilidad alta con consecuencias muy graves. Evitar contacto con partes energizadas.
	Pérdida de aislamiento de equipos o cableado	Chispa eléctrica e incendio	2	2	4	25	100	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Revisar aislamiento.
		Choque eléctrico o electrocución	2	3	6	10	60	III	Probabilidad baja con consecuencias muy graves. Evitar contacto con partes energizadas.
	Instalación de equipos eléctricos	Chispa eléctrica e incendio	2	2	4	25	100	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Revisar instalaciones eléctricas.
		Choque eléctrico o electrocución	2	2	4	25	100	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Uso de EPP.
	Uso de pinturas o solventes	Incendio (en caso haber fuente de ignición)	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Evitar fuentes de ignición en área de trabajo.
Mantenimiento mecánico (maquinaria principal y auxiliar)	Contacto con partes energizadas	Choque eléctrico o electrocución	2	3	6	60	360	II	Probabilidad moderada con consecuencias muy graves. Evitar contacto con partes energizadas.
	Montaje o desmontaje de equipos o maquinarias	Lesiones físicas	2	3	6	60	360	II	Probabilidad moderada con consecuencias muy graves. Evitar condiciones y actos subestándar.
		Choque eléctrico o electrocución	2	1	2	60	120	III	Probabilidad baja con consecuencias muy graves. Evitar contacto con partes energizadas.

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)	NIVEL DE CONSECUENCIAS O SEVERIDAD (NC)	NIVEL DE RIESGO (NR)	NIVEL DE INTERVENCIÓN (NI)	COMENTARIOS
	Mantenimiento de partes mecánicas en taller	Lesiones físicas	2	3	6	10	60	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Evitar actos y condiciones subestandar
	Trabajo en caliente	Incendio (sólo en caso de haber fuente de ignición)	2	1	2	60	120	II	Probabilidad baja con consecuencias muy graves. Evitar toda fuente de ignición en el área de trabajo.

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)	NIVEL DE CONSECUENCIAS O SEVERIDAD (NC)	NIVEL DE RIESGO (NR)	NIVEL DE INTERVENCIÓN (NI)	COMENTARIOS
Obras de mantenimiento civil	Cambio de aislamiento térmico en líneas de vapor, combustible o agua	Lesiones físicas por inhalación de asbesto	2	3	6	60	360	II	Probabilidad moderada con consecuencias muy graves. El reemplazo del asbesto debe hacerse con un adecuado EPP
		Lesiones físicas por inhalación de asbesto	2	3	6	60	360	II	
	Construcción de ambientes	Caídas al mismo nivel	2	3	6	10	60	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Evitar actos y condiciones subestándar
		Caídas a diferente nivel	2	3	6	25	150	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Evitar actos y condiciones subestándar.
		Lesiones físicas en extremidades	2	3	6	25	150	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Deben implantarse medidas de control de riesgos.
	Mantenimiento de columnas, paredes y pisos	Lesiones físicas por inhalación de asbesto	2	4	8	25	200	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Uso de EPPs
		Caídas al mismo nivel	2	1	2	60	120	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Uso de EPPs y señalización. Identificación de zonas de peligro, eliminación de actos y condiciones subestándar
		Caídas a diferente nivel	2	4	8	60	480	II	
		Lesiones físicas en extremidades	2	4	8	60	480	II	
	Trabajo de pintado	Caídas al mismo nivel	2	1	2	60	120	II	
		Caídas a diferente nivel	2	3	6	10	60	III	

II. Otras Actividades

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)	NIVEL DE CONSECUENCIAS O SEVERIDAD (NC)	NIVEL DE RIESGO (NR)	NIVEL DE INTERVENCIÓN (NI)	COMENTARIOS
Trabajos en oficinas	Pasadizos obstruidos	Caídas al mismo nivel	2	3	6	25	150	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Retirar obstáculos en las rutas de circulación y evacuación
		No puede evacuar	2	3	6	25	150	II	
	Equipos electrónicos en mal estado o mal conectados	Choque eléctrico o electrocución	2	2	4	25	100	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Mantenimiento de equipos
Trabajos en almacenes	Mala iluminación	Lesiones físicas	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Revisar los niveles de iluminación.
	Productos almacenados inadecuadamente	Caída de materiales almacenados	2	1	2	25	50	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Asegurar los estantes a paredes.
Trabajos en laboratorio	Generación de vapores y gases tóxicos	Intoxicación por inhalación	2	3	6	25	150	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Ventilación del laboratorio y extracción de gases y/o vapores.
	Manipulación de sustancias corrosivas	Quemaduras	6	3	18	25	450	II	Probabilidad alta con consecuencias graves. Debe utilizarse EPPs, mejorar la ventilación del laboratorio, y la extracción de gases y/o vapores.
		Incendio	6	3	18	25	450	II	

Cuadro N° 9.3 Resumen de Riesgos y Medidas de Control

I. Actividades de operación y maniobra

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE
Operación de calderas	Sistema de bombeo no aterrado adecuadamente	Chispa eléctrica e incendio	Moderado	Inspección periódica del aterramiento y evaluación de los pozos a tierra. Presentar protocolo de pruebas de pozos firmado por ingeniero electricista. Los protocolos tienen vigencia de 8 meses.	Jefe de Mantenimiento Eléctrico o Responsable de mantenimiento eléctrico
		Choque eléctrico	Moderado		
	Falla de bombas (no bombea)	Derrame de combustible	Moderado	Establecer el mantenimiento periódico de bombas dentro de su programa de mantenimiento. Elaborar un protocolo de inspección y de pruebas de operatividad.	Jefe de Mantenimiento Mecánico o Responsable de mantenimiento mecánico
	Mala conexión a tierra de las calderas	Chispa eléctrica e incendio	Bajo	Inspección periódica del aterramiento y evaluación de los pozos a tierra. Presentar protocolo de pruebas de pozos firmado por ingeniero electricista. Los protocolos tienen vigencia de 8 meses.	Jefe de Mantenimiento Eléctrico o Responsable de mantenimiento eléctrico
		Choque eléctrico	Bajo		
	Partes calientes expuestas	Quemaduras	Bajo	Aislamiento de las partes expuestas o superficies calientes, especialmente donde exista mayor tránsito de personal	Jefe de Mantenimiento Mecánico o Responsable de mantenimiento mecánico
	Pérdida de combustible	Incendio (sólo en caso haberse formado mezcla combustible)	Bajo	Revisión de empaquetaduras de la caldera. Cambio de empaquetaduras en mal estado	Jefe de Mantenimiento Mecánico o Responsable de mantenimiento mecánico
	Generación de gases tóxicos	Intoxicación por inhalación	Bajo	Evaluar periódicamente la presencia de gases en las áreas de trabajo (CO, NOx, SO2, hidrocarburos). Frecuencia mínima dos (02) veces al año. La evaluación debe realizarse por profesionales capacitados con equipos calibrados. Se debe presentar un informe con los resultados y recomendaciones.	Jefe de Seguridad
Ruido y/o vibración	Lesiones físicas en el oído	Moderado	Evaluar niveles de ruido en las áreas de trabajo con una frecuencia mínima de dos (02) veces al año. La evaluación debe realizarse por profesionales capacitados con equipos calibrados. Se debe presentar un informe con los resultados y recomendaciones.	Jefe de Seguridad	

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE
Operación de grupo electrógeno	Sistema de bombeo no aterrado adecuadamente	Chispa eléctrica e incendio	Moderado	Inspección periódica del aterramiento y evaluación de los pozos a tierra. Presentar protocolo de pruebas de pozos firmado por ingeniero electricista. Los protocolos tienen vigencia de 8 meses.	Jefe de Mantenimiento Eléctrico o Responsable de mantenimiento eléctrico
		Choque eléctrico	Moderado		
	Falla de bombas (no bombea)	Derrame de combustible	Moderado	Establecer el mantenimiento periódico de bombas dentro de su programa de mantenimiento. Elaborar un protocolo de inspección y de pruebas de operatividad.	Jefe de Mantenimiento Mecánico o Responsable de mantenimiento mecánico
	Mala conexión a tierra del grupo electrógeno	Chispa eléctrica e incendio	Bajo	Inspección periódica del aterramiento y evaluación de los pozos a tierra. Presentar protocolo de pruebas de pozos firmado por ingeniero electricista. Los protocolos tienen vigencia de 8 meses.	Jefe de Mantenimiento Eléctrico o Responsable de mantenimiento eléctrico
		Choque eléctrico	Bajo		
	Partes calientes expuestas	Quemaduras	Bajo	Aislamiento de las partes expuestas o superficies calientes, especialmente donde exista mayor tránsito de personal	Jefe de Mantenimiento Mecánico o Responsable de mantenimiento mecánico
	Pérdida de combustible	Incendio (sólo en caso haberse formado mezcla combustible)	Bajo	Revisión de empaquetaduras de la caldera. Cambio de empaquetaduras en mal estado	Jefe de Mantenimiento Mecánico o Responsable de mantenimiento mecánico
	Generación de gases tóxicos	Intoxicación por inhalación	Bajo	Evaluar periódicamente la presencia de gases en las áreas de trabajo (CO, NOx, SO2, hidrocarburos). Frecuencia mínima dos (02) veces al año. La evaluación debe realizarse por profesionales capacitados con equipos calibrados. Se debe presentar un informe con los resultados y recomendaciones.	Jefe de Seguridad
Ruido y/o vibración	Lesiones físicas en el oído	Moderado	Evaluar niveles de ruido en las áreas de trabajo con una frecuencia mínima de dos (02) veces al año. La evaluación debe realizarse por profesionales capacitados con equipos calibrados. Se debe presentar un informe con los resultados y recomendaciones.	Jefe de Seguridad	

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE
Operación de Turbinas	Equipo energizado por mala conexión de puesta a tierra	Chispa eléctrica e incendio	Bajo	Inspección periódica del aterramiento y evaluación de los pozos a tierra. Presentar protocolo de pruebas de pozos firmado por ingeniero electricista. Los protocolos tienen vigencia de 8 meses.	Jefe de Mantenimiento Eléctrico o Responsable de mantenimiento eléctrico
		Choque eléctrico	Bajo		
	Fuga de vapor, combustible, agua caliente o aceite	Derrame de combustible	Bajo	Establecer el mantenimiento periódico de equipos dentro de su programa de mantenimiento.	Jefe de Mantenimiento Mecánico o Responsable de mantenimiento mecánico
		Quemaduras	Bajo	El personal deberá utilizar sus equipos de protección personal especialmente en los trabajos de mantenimiento. El equipo de protección a utilizar debe ser seleccionado de acuerdo al riesgo.	Personal en general
		Caídas (resbalón), al mismo nivel o a diferente nivel	Bajo	Inspección de las áreas. Evitar condiciones inseguras que puedan generar caídas. Mantenimiento de equipos que puedan generar fugas de aceite o combustible.	Todo el personal de planta
	Falta de mantenimiento	Cortocircuito, en bobinados de generador, excitatriz y tableros	Bajo	Cumplir con el programa de mantenimiento de la planta. El mantenimiento periódico de los equipos debe estar de acuerdo con las recomendaciones de fabricantes y/o proveedores.	Jefes y/o responsables de mantenimiento
		Electrocución	Bajo		
	Dispositivos de control en mal estado	Falla de equipos	Bajo		
	Señalización inadecuada	Lesiones físicas graves	Bajo	Señalización de obligación, emergencia, advertencia y prohibición de acuerdo a norma NTP 399.010-1 Pintado de líneas (tuberías) de acuerdo con NTP 399-012	Jefe de Seguridad
		Daños a la propiedad graves	Moderado		
Operación remota de instalaciones, sistema y equipos	Equipo energizado por mala conexión de puesta a tierra o por contacto eléctrica	Chispa eléctrica e incendio	Moderado	Inspección periódica del aterramiento y evaluación de los pozos a tierra. Presentar protocolo de pruebas de pozos firmado por ingeniero electricista. Los protocolos tienen vigencia de 8 meses.	Jefe de Mantenimiento Eléctrico o Responsable de mantenimiento eléctrico
		Choque eléctrico	Moderado		
	Cableado en mal estado	Corto circuito e incendio	Bajo	Inspección de cableado eléctrico y mantenimiento con una frecuencia establecida en el programa de mantenimiento de la planta.	
		Electrocución	Moderado		
	Tableros con conexiones en mal estado o sin mandil protector	Corto circuito, explosión e incendio	Bajo	Revisión de tableros y colocación de mandil protector en aquellos que falte	
		Electrocución	Bajo		

II. Mantenimiento

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE
Mantenimiento eléctrico	Partes energizadas	Choque eléctrico o electrocución	Moderado	Antes de iniciar el mantenimiento de equipos eléctricos deben ser desenergizados. El personal debe trabajar con el sistema de bloqueo eléctrico y el uso de EPPs adecuados.	Jefes de mantenimiento y Jefe de Seguridad
	Pérdida de aislamiento de equipos o cableado	Chispa eléctrica e incendio	Bajo	Revisión periódica del aislamiento de equipos y cableado. Mantenimiento periódico.	Jefe de mantenimiento y/o responsable de mantenimiento
		Choque eléctrico o electrocución	Bajo		
	Instalación de equipos eléctricos	Chispa eléctrica e incendio	Bajo	Antes de iniciar el mantenimiento de equipos eléctricos deben ser desenergizados. El personal debe trabajar con el sistema de bloqueo eléctrico y el uso de EPPs adecuados.	Jefes de mantenimiento y Jefe de Seguridad
		Choque eléctrico o electrocución	Bajo		
Uso de pinturas o solventes	Incendio (en caso haber fuente de ignición)	Bajo	Realizar los trabajos de pintado en áreas ventiladas, en su defecto evitar que existan fuentes de ignición a menos de 50 m.	Jefe de manteniendo o responsables de mantenimiento, Jefe de seguridad y personal que interviene en el mantenimiento	
Mantenimiento mecánico (maquinaria principal y auxiliar)	Contacto con partes energizadas	Choque eléctrico o electrocución	Moderado	Antes de iniciar el mantenimiento de equipos eléctricos deben ser desenergizados. El personal debe trabajar con el sistema de bloqueo eléctrico y el uso de EPPs adecuados.	Jefes de mantenimiento y Jefe de Seguridad
	Montaje o desmontaje de equipos o maquinarias	Lesiones físicas	Moderado	Uso de EPPs adecuados. Evitar actos y condiciones inseguras	Jefes de mantenimiento y Jefe de Seguridad
		Choque eléctrico o electrocución	Bajo	Antes de iniciar el mantenimiento de equipos eléctricos deben ser desenergizados. El personal debe trabajar con el sistema de bloqueo eléctrico y el uso de EPPs adecuados.	Jefes de mantenimiento y Jefe de Seguridad
	Mantenimiento de partes mecánicas en taller	Lesiones físicas	Bajo	Uso de EPPs adecuados. Evitar actos y condiciones inseguras	Jefes y personal de mantenimiento
	Trabajo en caliente	Incendio (sólo en caso de haber fuente de ignición)	Moderado	Evitar fuentes de ignición cuando se trabaja con solventes o combustibles. Las fuentes de ignición no deben encontrarse a menos de 50 m.	

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE
Obras de mantenimiento civil	Cambio de aislamiento térmico en líneas de vapor, combustible o agua	Lesiones físicas por inhalación de asbesto	Moderado	Reemplazo del asbesto en las líneas de vapor. El reemplazo del asbesto debe hacerse con un adecuado EPP	Jefe de Mantenimiento y Jefe de Seguridad
	Construcción de ambientes	Lesiones físicas por inhalación de asbesto	Moderado		
		Caídas al mismo nivel	Bajo	Inspección de las áreas. Evitar condiciones inseguras que puedan generar caídas o lesiones físicas.	Todo el personal de planta
		Caídas a diferente nivel	Moderado		
		Lesiones físicas en extremidades	Moderado		
	Mantenimiento de columnas, paredes y pisos	Lesiones físicas por inhalación de asbesto	Moderado	Los trabajadores que se encuentren dentro de las áreas de riesgo por inhalación de asbesto deben utilizar obligatoriamente sus EPPs	Jefe de Seguridad
		Caídas al mismo nivel	Moderado	Inspección de las áreas. Evitar condiciones inseguras que puedan generar caídas o lesiones físicas. Uso de EPPs adecuados al riesgo.	Todo el personal de planta
		Caídas a diferente nivel	Moderado		
		Lesiones físicas en extremidades	Moderado		
	Trabajo de pintado	Caídas al mismo nivel	Moderado		
		Caídas a diferente nivel	Bajo		

III. Otras Actividades

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE
Trabajos en oficinas	Pasadizos obstruidos	Caídas al mismo nivel	Moderado	Todas las rutas de circulación de personal y principalmente de evacuación deben estar libres de obstáculos.	Todo el personal de planta
		No puede evacuar	Moderado		
	Equipos electrónicos en mal estado o mal conectados	Choque eléctrico o electrocución	Bajo	Mantenimiento periódico de equipos	Jefe de Mantenimiento
Trabajos en almacenes	Mala iluminación	Lesiones físicas	Bajo	Iluminación adecuada de acuerdo a la actividad a realizar	Jefe de Seguridad
	Productos almacenados inadecuadamente	Caída de materiales almacenados	Bajo	El almacenamiento de productos debe ser el correcto para evitar su caída, especialmente en condiciones de emergencia. Ejem. los estantes deben ser anclados a la pared.	Jefe de Seguridad
Trabajos en laboratorio	Generación de vapores y gases tóxicos	Intoxicación por inhalación	Moderado	Uso de sistema de extracción de gases y vapores (campanas) y de EPPs adecuado	Dirección de la empresa y Jefe de Planta.
	Manipulación de sustancias corrosivas	Quemaduras	Moderado	Uso de EPP adecuado (guantes y mascarilla)	Personal de laboratorio y Jefe de Seguridad
		Incendio	Moderado	No debe existir equipo eléctrico expuesto como tableros sin mandil protector, cables eléctricos desnudos, equipos electrónicos en mal estado, tomacorrientes en mal estado. Debe contarse con extintores de CO2.	

9.2 Evaluación de Riesgo de Incendio de las Áreas de Almacenamiento de Combustible

Para la evaluación del riesgo de incendio se ha tomado como escenario el incendio en el área de almacenamiento de combustible. La probabilidad de generarse un incendio en uno de los tanques subterráneos es baja, sin embargo esta probabilidad es mayor en tanques aéreos como el de Diesel 2, que utiliza la C.T. de San Nicolás.

En tal sentido se evalúa el riesgo de incendio en el tanque de 3 300 galones de Diesel 2.

I. Incendio en Tanque de Diesel 2

Mediante los métodos anteriormente mencionados en el presente estudio se ha calculado el riesgo de exposición por radiación térmica en caso de incendio del tanque de Diesel 2 de 3 300 galones de capacidad, sin BLEVE.

Datos:

- Tipo : Horizontal
- Volumen del tanque : Aproximadamente 13 m³ (3 300 galones)
- Diámetro : 2 m.
- Largo : 4,15 m.
- Producto químico almacenado : Diesel 2

De acuerdo a los cálculos matemáticos realizados en relación a la metodología empleada tenemos:

a. Altura de llama (aproximada):

En caso de incendio en el tanque la llama alcanzará una altura de 13 m. aproximadamente

b. Población afectada por irradiación:

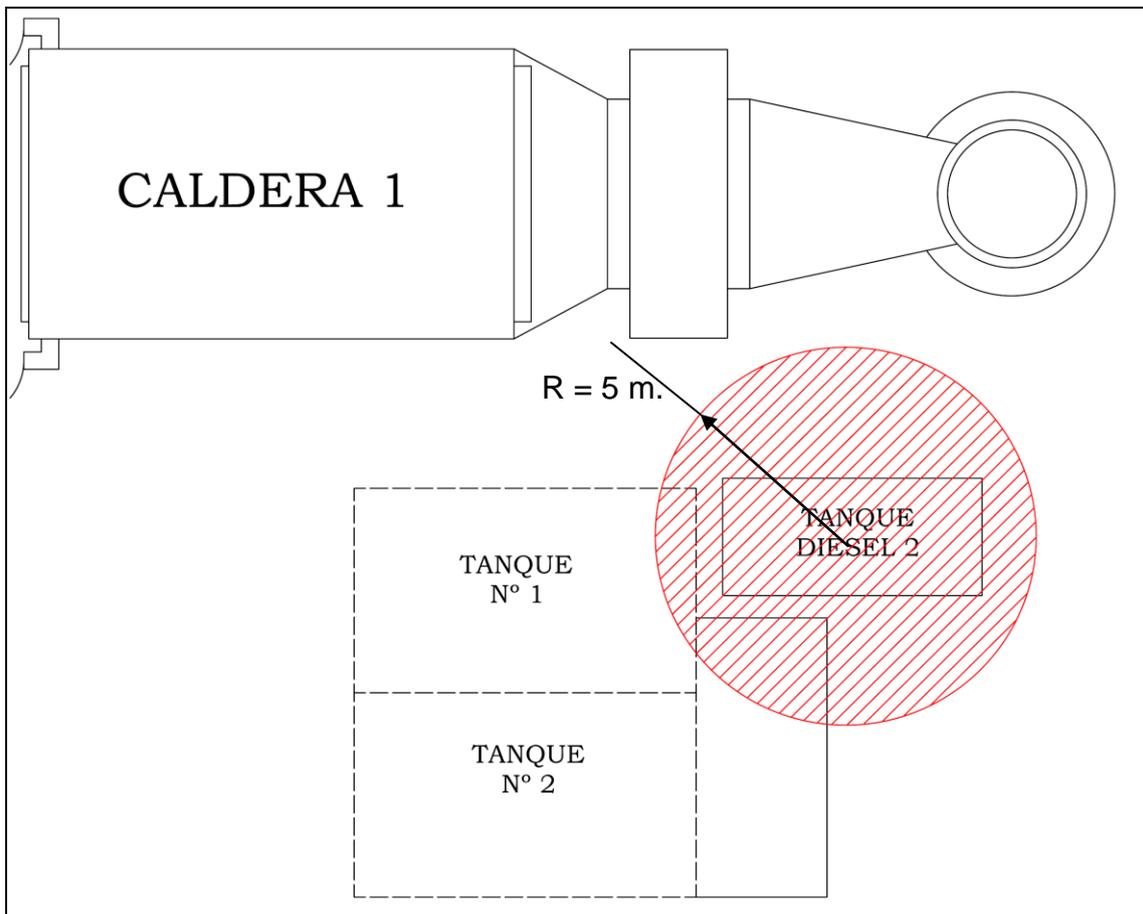
De acuerdo con los resultados de los cálculos realizados, un incendio en el área del tanque en el cual no se produzca BLEVE, no generaría daños personales o materiales por irradiación más allá de los 5 m. de distancia. El siguiente cuadro presenta los resultados obtenidos teniendo en cuenta que una persona puede resistir hasta 6,5 kW/m² durante veinte (20) segundos sin sufrir quemaduras.

Cuadro N° 9.4
Radiación Térmica Recibida a Diferente Distancia Horizontal

Distancia Horizontal (m)	Radiación Térmica Recibida - Real (kW/m ²)	Daños ocasionados
5	2,61	No hay población afectada ni daños materiales por irradiación térmica.
10	2,44	

En la siguiente figura se aprecia el área de riesgo en caso de incendio.

Figura N° 9.1
Áreas de Riesgo en caso de Incendio en el Tanque de Diesel 2



Área de alto riesgo para la vida

Los cálculos en esta área han considerado lo siguiente:

- a. No habrá Bleve.
- b. No habrá Boilover en el tanque.
- c. No habrá explosión del tanque.
- d. Sólo considera la radiación térmica por el incendio en el tanque.

c. Dispersión de contaminantes:

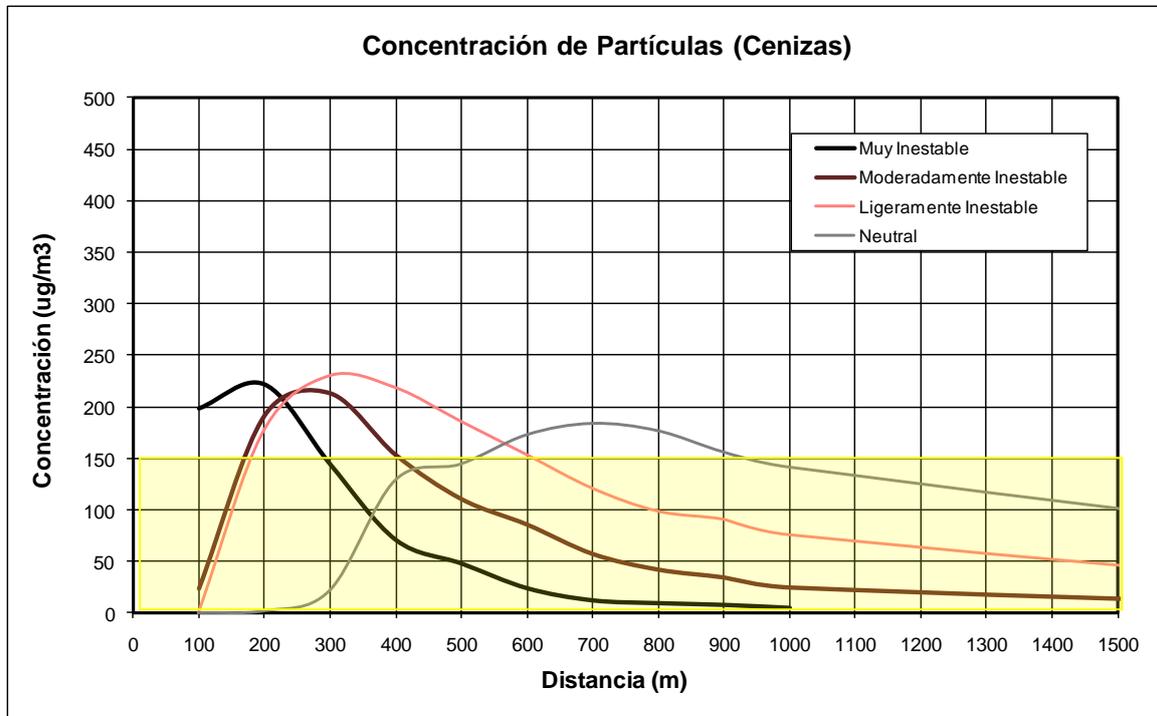
El principal contaminante por la quema del combustible es la ceniza y monóxido de carbono, sin embargo el monóxido de carbono no puede recorrer grandes distancias al aire libre porque se oxida rápidamente y se transforma en dióxido de carbono; por tanto el principal riesgo es el nivel de concentración de ceniza en el ambiente.

De acuerdo a cálculos basados en fórmulas de la literatura, el caudal de evaporación del combustible Diesel 2 sería de 2,45 kg/s. El Diesel 2 tiene aproximadamente un 86% de carbón en su composición, que asumiendo se transforme todo en ceniza nos daría una cantidad de 2,1 kg/s. Asimismo la velocidad considerada en los cálculos es de 4 km/h como velocidad promedio de los vientos. Si se considera velocidades mayores la dispersión también aumenta llegando a diluirse rápidamente y ser dañino para una menor extensión de terreno.

Utilizando estos datos en la fórmula de Sutton obtenemos los resultados de la Figura N° 9.2. En la cual se observa que la zona más afectada para los diferentes tipos de estabilidad atmosférica se encuentra dentro de los 920 m. de radio; a una distancia mayor la concentración de partículas estaría por debajo de límite permisible.

El límite permisible que se ha tomado en cuenta es el establecido por el estándar ambiental de calidad de aire para partículas igual a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura N° 9.2



Zona segura por debajo de la cual la concentración de partículas es aceptable

Se debe tener en cuenta que aunque las cenizas pueden resultar incómodas para la población no generan un riesgo de intoxicación.

Las emisiones se ven también afectadas por el relieve. Las elevaciones (cerros) evitan su dispersión hacia otros puntos más lejanos.

La siguiente figura presenta la zona que sería afectada en caso de un incendio en la zona de almacenamiento de combustibles de la C.T. San Nicolás (920 m. a la redonda). Como puede apreciarse las emisiones de la combustión no llegarían a las poblaciones cercanas.

Figura Nº 9.3

Área de Dispersión de Contaminantes Producto de un
Posible Incendio en la Zona de Tanques



9.3 Evaluación de Boil Over en el área de almacenamiento de combustible

Para que se produzca boíl over es necesario que se produzcan tres condiciones:

- a) Presencia de agua en el recipiente.
- b) Generación de una ola de calor, es decir, la existencia de una amplia gama de volatilidades en los componentes presentes en el depósito.
- c) Que el volumen del hidrocarburo sea suficientemente elevado para dificultar el paso del vapor de agua.
- d) Asimismo existe un factor conocido como PBO (Propensity to Boil Over) se utiliza para determinar si un combustible puede generar un boíl over. Esto sucede cuando el PBO es mayor de 0,6.

Para el caso del petróleo Diesel 2, el PBO es 1,20 aproximadamente y por tanto al cumplir estas condiciones se demuestra que existe el riesgo de producirse un **BOILOVER** durante un incendio en el tanque de Diesel 2.

Debido a que puede producirse un boil over, éste a su vez puede generar una “bola de fuego” (fireball) que genera la emisión de radiación térmica elevada.

9.4 Evaluación de BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)

Debido al bajo punto de inflamación del diesel, en comparación con los solventes, es difícil que se produzca un BLEVE. Para ello, primeramente necesitaría haberse formado la mezcla explosiva (relación aire - combustible). Sin embargo la cantidad de aire que se necesita para formar dicha mezcla es grande en comparación con los solventes y necesitaría que el tanque prácticamente se encontrara vacío, sometido a alta temperatura y presurizado. Por tanto el riesgo de BLEVE es muy bajo.

9.5 Cálculo del índice de fuego y explosión (IFE)

El IFE ha sido calculado empleando el método de DOW. Se ha calculado para el tanque de Diesel 2.

Tanque de Diesel 2

El tanque atmosférico tiene una capacidad de almacenamiento de 3 300 galones y con una densidad relativa de 0,87. Los sistemas de seguridad con los que cuenta son:

Red de agua contra incendio con BIE (gabinetes contra incendio o bocas de incendio equipadas).

Factor material (FM): Para el caso de petróleo es de 16.

Factor general del riesgo (F1):

Factor base	1,00
Dificultad en el acceso	+ 0,20
Cubeto sin drenaje	+ 0,50
F1	1,70

Factor especial del riesgo (F2):

Factor base	1,00
Pérdidas menores por fugas	+ 0,10
Sustancia tóxica	+ 0,20
Corrosión con riesgo de picadura	+ 0,10
F2	1,40

Factor del riesgo (F3):

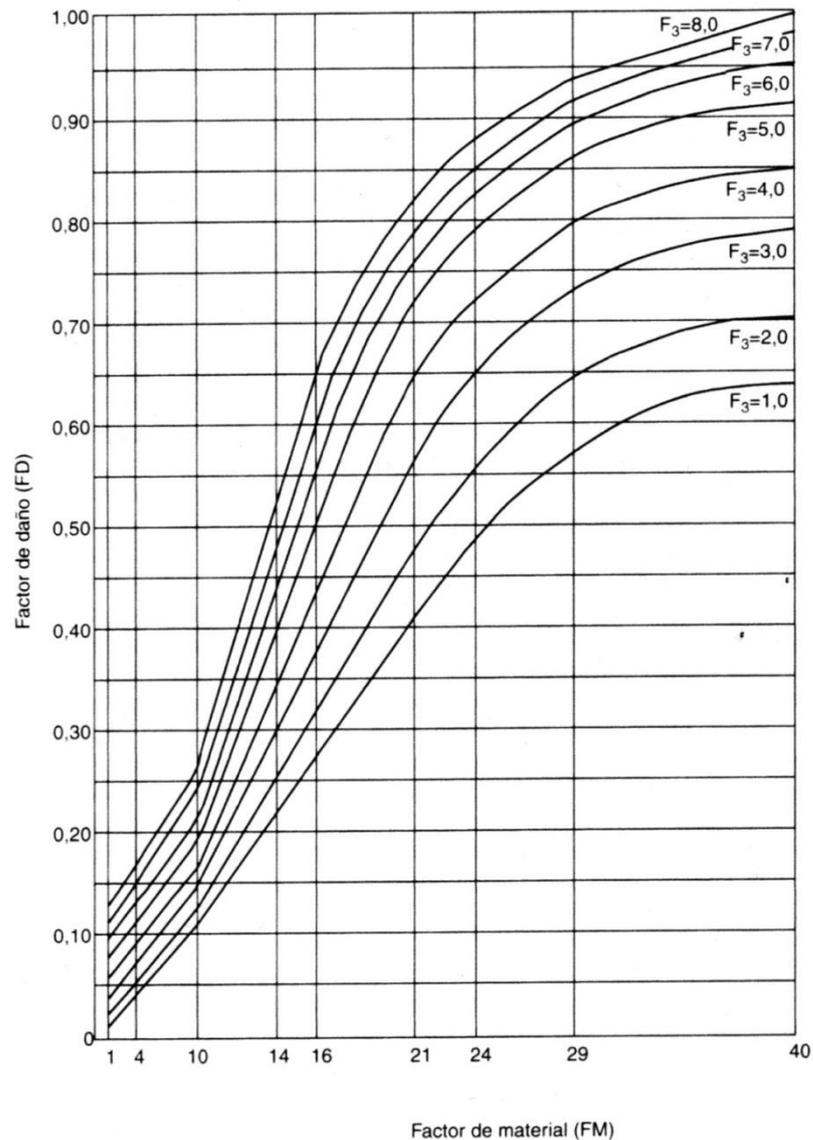
$$F3 = F1 \times F2$$

$$F_3 = 1,70 \times 1,40$$

$$F_3 = 2,38$$

Factor de daño (FD):

Con el resultado del Factor de Riesgo (F_3), se obtiene el Factor de Daño (FD) de la siguiente figura.

Figura N° 9.4

De la Figura N° 9.4 se obtiene el valor de **FD = 0,33**.

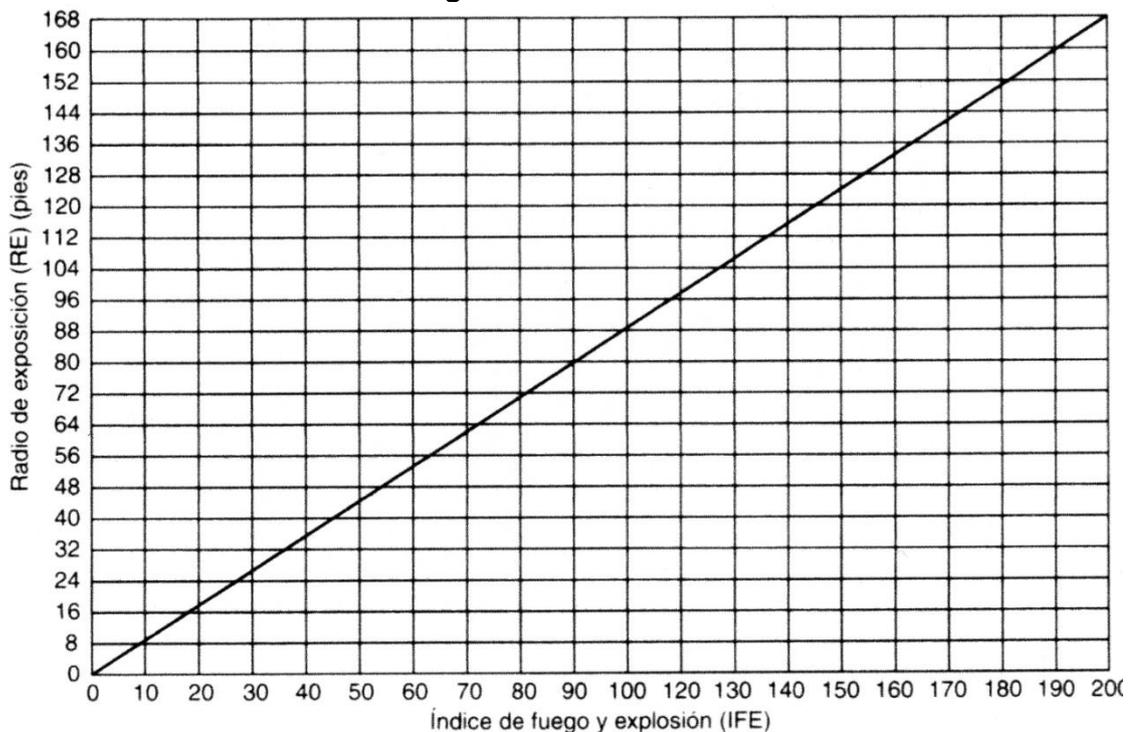
Índice de Fuego y Exposición (IFE)

$$\text{IFE} = \text{FM} \times \text{F3}$$

$$\text{IFE} = 16 \times 2,38$$

IFE = 38,1

Figura N° 9.5



De acuerdo con el valor IFE y de la Figura N° 9.5, se obtiene el radio de exposición igual a 32 pies ó 9,8 m., con un área de exposición de 302 m² aproximadamente.

Este método considera las pérdidas del tipo material que podrían ocurrir dentro del radio de exposición, a diferencia de los métodos anteriormente mencionados no considera la vulnerabilidad de la población.

9.6 RIESGO DE EXPLOSIÓN EN TRANSFORMADORES

Generalmente la explosión e incendio de un transformador son el resultado de una falla en el tanque. Esta puede ser causada por sobrecargas, corto circuitos o fallas en algún equipo vinculado al transformador como los Cambiadores de Derivación Bajo Carga o las Cajas de Cable de Aceite.

Se crea un enorme volumen de gas explosivo para un arco eléctrico durante el primer milisegundo, $2,3\text{m}^3$ para el primer Mega Joule. Esta enorme producción de gas crea un pico de presión dinámica y el tanque del transformador se ve violentamente sacudido por una aceleración que alcanza los 400 g. Esta onda de choque viaja dentro del tanque a la velocidad del sonido en el aceite, 1200 m/s. El primer pico de presión de la onda resultante, el cual posee una amplitud inicial de hasta 14 bares, activa el Conjunto de Despresurización del Transformador y de los Cambiadores de Derivación Bajo Carga antes que la presión estática se incremente dentro del tanque y provoque su explosión.

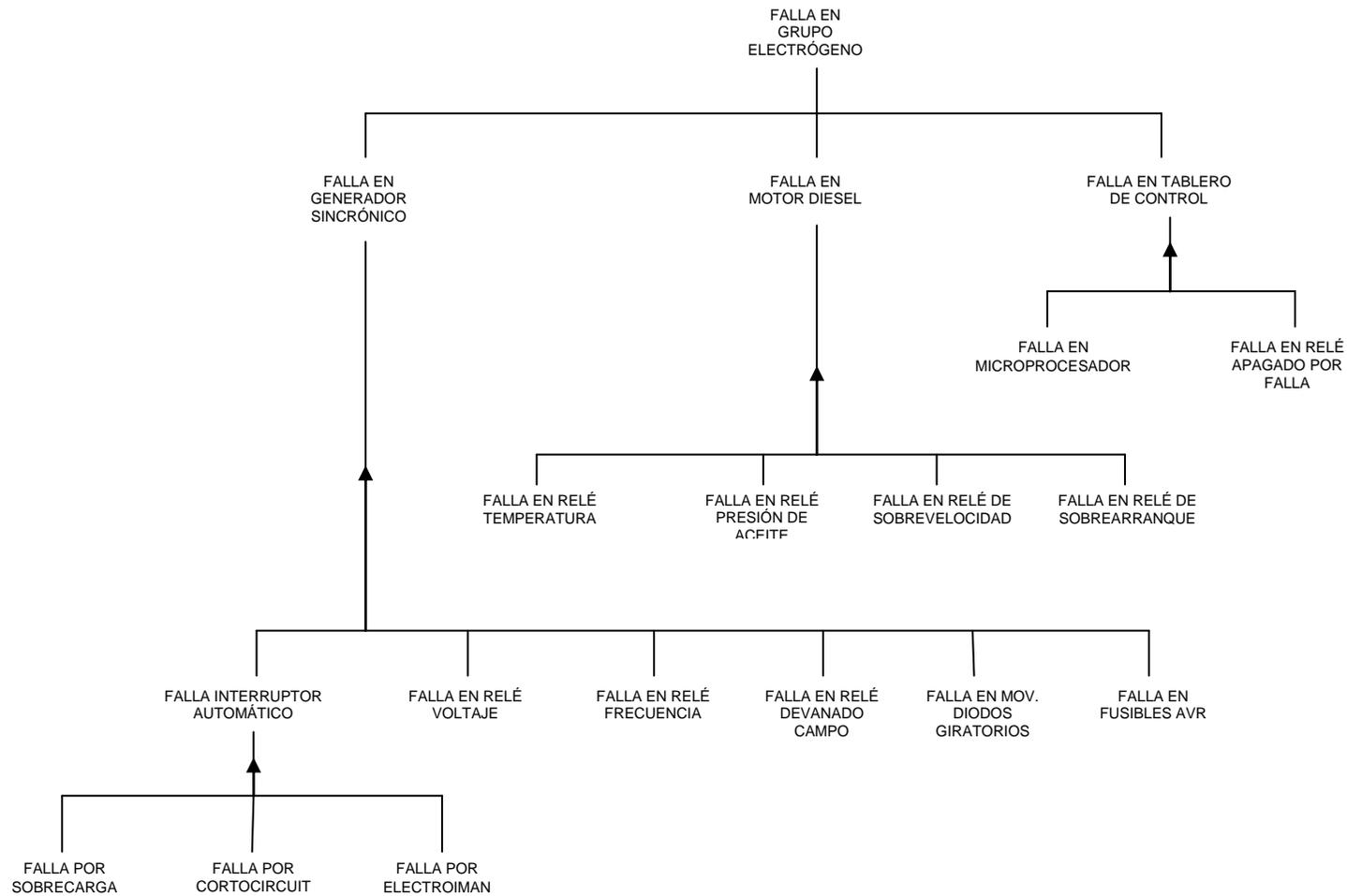
Los transformadores explotan porque no están protegidos contra el rápido incremento de la presión estática. Aunque todo tanque del transformador está equipado con una Válvula de Alivio de Presión, esta no resulta efectiva durante un corto circuito. El gradiente de presión posterior a un corto circuito es demasiado rápido como para permitir el funcionamiento de la Válvula de Alivio de Presión. Esto se debe a:

- La inercia del resorte de la Válvula de Alivio de Presión es de 5 milisegundos para gradientes de presión altos;
- Una evacuación muy reducida al inicio de la abertura, 15% de la sección hasta 50% de la abertura de la válvula, que a su vez conlleva a un retraso adicional de 5 milisegundos en la operación;
- La vía de evacuación del aceite obliga a dar una vuelta en U, la cual obstruye el flujo de la evacuación.

9.7 RIESGOS DE FALLAS EN GRUPOS ELECTRÓGENOS

Para determinar los riesgos de fallas en el grupo electrógeno ONAN/CUMMINS se ha utilizado el método de árbol de fallas, mediante el cual se han identificado las causas que pueden generar una falla en el equipo y que a continuación se presentan.

Fig. Nº 9.6: Árbol de Fallas de los Grupos Electrónicos



De acuerdo a los resultados del árbol de fallas aplicado, se indica que para existir una falla general en alguno de estos equipos, es necesario que se produzcan una serie de fallas anteriores en diversos dispositivos de los mismos que se debería a un **mantenimiento deficiente o inadecuado**.

Por tal motivo es necesario seguir el programa y procedimientos de mantenimiento de manera concienzuda.

9.8 RIESGO EN LAS INSTALACIONES DE MEDIA Y ALTA TENSIÓN

El Código Nacional de Electricidad, menciona que todo recinto que albergue instalaciones de media y alta tensión debe estar protegido con cercos de malla metálica o similar, con una altura mínima de 2,20 m desde el suelo y provista de señales de peligro referidos a la tensión y al riesgo eléctrico existente, a fin de evitar el acceso de personas ajenas al servicio.



Foto 9.1: Falta el Cerco de Protección a las Celdas



Foto 9.2: Falta el Cerco de Protección al Transformador

Se debe alejar las partes activas de las instalaciones como transformadores, celdas de media tensión y equipos eléctricos a las distancias mínimas de seguridad indicadas en el Código Nacional de Electricidad a circuitos expuestos y evitar un contacto fortuito o la manipulación de objetos conductores que puedan ser utilizados cerca de la instalación.

En el Cuadro N° 9.5 se indica los límites de aproximación a partes energizadas para protección contra choque eléctrico para personal calificado:

Cuadro N° 9.5 Límites de Aproximación a Partes Energizadas

Tensión Nominal del Sistema	Límite de Aproximación [m]		Límite de Aproximación Restringida (Incluye movimiento involuntario) [m]	Límite de Aproximación Prohibida [m]
	Conductor expuesto móvil	Parte del circuito fijo expuesto		
Hasta 50 V	No especificado	No especificado	No especificado	No especificado
51 a 300 V	3	1	Evitar el contacto	Evitar el contacto
301 a 750 V	3	1	0.3	0.03
751 V a 15 kV	3	1.6	1	0.3
15.1 kV a 36 kV	3	2	1.1	0.3

Fuente: CNE

9.9 RIESGO DE DESASTRES NATURALES Y CLIMATOLÓGICOS

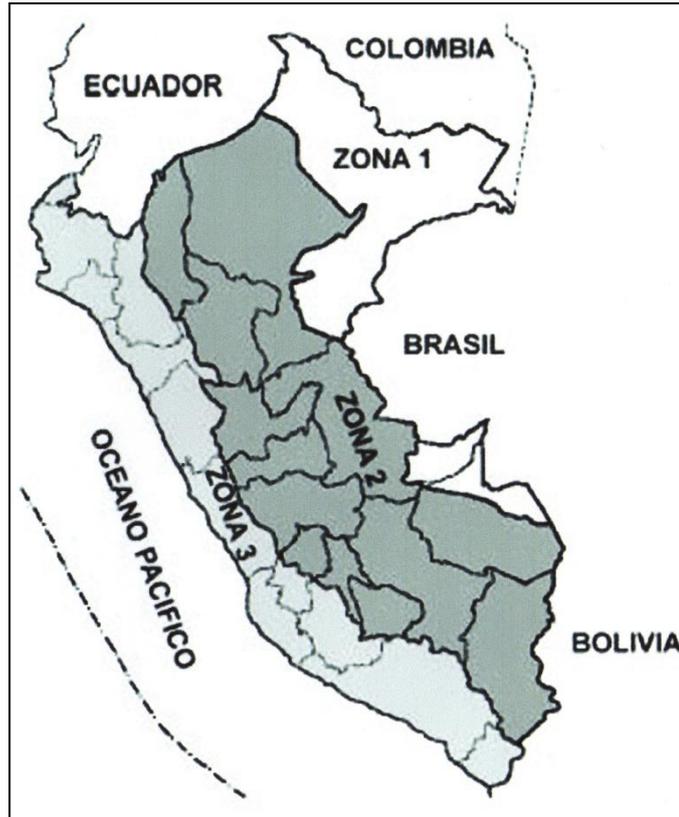
Debido a la ubicación geográfica de la central térmica, existen riesgos naturales a los que se encuentra expuesta tales como:

- a. **Riesgos de sismos:** Debido a su ubicación en el Perú, la central térmica se encuentra en la Zona 3 de Clasificación Sísmica, con un factor de aceleración máxima de terreno de 0,4, siendo el máximo factor en el territorio peruano. Por tanto la empresa debe tomar las medidas preventivas y/o correctivas para mitigar los daños que pueda producir un terremoto de gran magnitud. El plan de contingencias debe considerar un procedimiento adecuado para atender una emergencia de este tipo.
- b. **Riesgo de maremoto:** Debido a la ubicación de la planta con respecto al mar (55 m. de distancia) y a la altura a la que se encuentra (21 msnm), es probable que sea directamente afectada en caso de un maremoto, por tanto el Plan de Contingencias ha de considerar este riesgo en caso no haberlo hecho.
- c. **Riesgo de fuertes vientos:** La C.T. San Nicolás se encuentra ubicada en un área de vientos que pueden alcanzar velocidades de 75 Km/h y que por tanto pueden llegar a producir daños a la propiedad y a las personas. Los objetos que son levantados por los vientos caen y provocan estragos por lo cual el

Plan de Contingencias de la C.T. debe considerar este riesgo en caso no haberlo hecho.

Figura N° 8.10

**Zonas de Sismicidad de Acuerdo con el
Reglamento Nacional de Edificaciones**



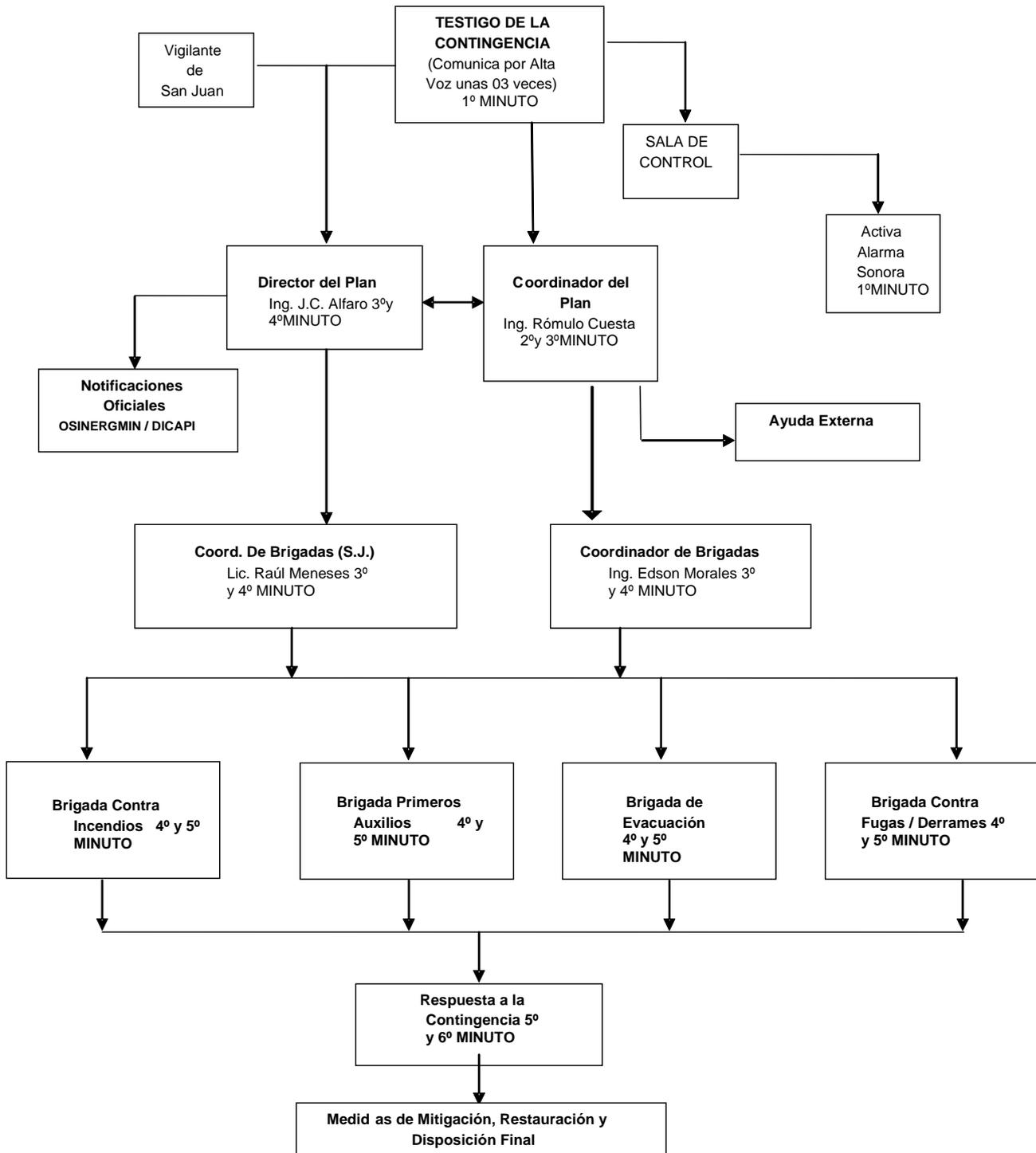
- d. **Riesgo de lluvias intensas:** La ciudad de Marcona no cuenta con precipitaciones abundantes, por lo general, las precipitaciones son escasas a lo largo del año, por lo cual el riesgo de lluvias intensas es bajo y más bien se ubica en “precipitaciones débiles”.

Cuadro N° 9.6
Clasificación de la Precipitación Según la Intensidad

Clase	Intensidad Media en una Hora (mm/h)
Débiles	≤ 2
Moderadas	$> 2 \text{ y } \leq 15$
Fuertes	$> 15 \text{ y } \leq 30$
Muy Fuertes	$>30 \text{ y } \leq 60$
Torrenciales	>60

10.0 CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS INSTALACIONES

I. Capacidad de Respuesta de la C.T. San Nicolás



Teléfonos de funcionarios a ser comunicados en caso de emergencias:

- Ing. Juan Carlos Alfaro, Sub Gerente de Operaciones (Director del Plan de Contingencias).
Teléfonos: 2438 / 956-766880 / RES-2450 (domicilio D-22)
- Ing. Rómulo Cuesta, Superintendente de Central Térmica (Coordinador del Plan de Contingencias).
Teléfonos: 3407 / 956-747531 / RES-2493 (domicilio C-3)
- Ing. Edson Morales, Jefe Operación (Coordinador de Brigadas)
Teléfonos: 3405 / 956-747535 / RES-2648 (domicilio D-4)
- Ing. Fernando Cuesta, Supervisor Mecánico (Sub Coordinador de Brigadas)
Teléfonos: 3405 / RES-2377 (domicilio G-36)
- Lic. Raúl Meneses, Administrador (Coordinador de Brigadas San Juan)
Teléfonos: 2657 / 956-725325 / RES-2548 (domicilio G-31)
- Ing. L. Lapa Ing Seguridad y Medio Ambiente
Teléfonos: 3311 / 956-280372 / (domicilio San Juan Bautista J-2)
- Abog. Javier Cárdenas, Asesor Jurídico
Teléfonos: 2166 / 956-725644 / RES-2643 (domicilio C-14)
- Dr. Daniel Vargas Acevedo, Asesor Médico
Teléfonos: 2276 / 956-721594 / RES -2451 (domicilio D-1)

II. Capacidad de Respuesta Externa

La C.T. se encuentra ubicada a 20 minutos de la ciudad de San Juan de Marcona. De acuerdo a información suministrada por SHOUGESA, los tiempos de respuesta de apoyo externo de los diferentes organismos son los siguientes:

- | | |
|---|------------|
| • Shougang Hierro Perú S.A.A. | 12 minutos |
| • Hospital María Reiche (Dirección) | 30 minutos |
| • Centro de Salud José Paseta Bar (Dirección) | 30 minutos |
| • Compañía de Bomberos Marcona N° 152(Jefat.) | 30 minutos |
| • Servicio Contra Incendios (Jefatura) | 30 minutos |
| • Estación PNP San Juan (Comandancia) | 30 minutos |
| • Base Naval San Juan (Comandancia) | 30 minutos |

Asimismo los organismos que servirían de apoyo externo son las siguientes:

- | | |
|---|-----------------|
| • Shougang Hierro Perú S.A.A. | 3222/3144 |
| • Hospital María Reiche (Dirección) | 525082 - 525064 |
| • Centro de Salud José Paseta Bar (Dirección) | 525048 |
| • Compañía de Bomberos Marcona N° 152(Jefat.) | 525800 |

- | | |
|--|---------------|
| • Servicio Contra Incendios (Jefatura) | 525072-525136 |
| • Estación PNP San Juan (Comandancia) | 525566 |
| • Base Naval San Juan (Comandancia) | 525089 |

III. Equipamiento de Organismos de Apoyo

1. Shougang Hierro Perú S.A.A., con personal, maquinaria liviana y pesada, materiales y herramientas.
2. Hospital María Reiche (Dirección) apoya con ambulancia y en la atención paramédica y médica a los accidentados
3. Centro de Salud José Pasetta Bar (Dirección) apoya también en la atención paramédica y médica a los accidentados.
4. Compañía de Bomberos Marcona N° 152(Jefat.) apoya con el Camión Bomba, personal de rescate y traslado de accidentados y atención paramédica.
5. Servicio Contra Incendios (Jefatura) apoya con el Camión Contra Incendios y su personal de lucha contra incendios.
6. Estación PNP San Juan (Comandancia) apoya en las coordinaciones de seguridad, control y levantamiento de actas de las denuncias, investigaciones y otras labores que le competen.
7. Base Naval San Juan (Comandancia) apoya con personal, material logístico y puede, si es necesario, activar el Plan de Contingencia Local del Servicio de Capitanías, Guardacostas Marítima de San Juan.

IV. Equipamiento para el Control de Emergencias

Con el fin de hacer frente al riesgo de incendio en sus áreas de almacenamiento de combustible, la C.T. cuenta con una red de agua contra incendio.

La red de agua contra incendio debe considerar el uso de espuma mecánica, la cual debe aplicarse a través de mangueras contra incendio.

La cantidad de agua que debe almacenarse de acuerdo con el Art. 87° del D.S. 052-93-EM, Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos es de cuatro (04) horas, cuando el suministro de agua de la red pública no es suficiente. En este caso la C.T. no cuenta con suministro de agua contra incendio de la red pública puesto que está ubicada fuera de la ciudad y por tanto su abastecimiento será autónomo.

La cantidad de agua mínima se calcula considerando el mayor riesgo de incendio, que en este caso se produce cuando el tanque de Diesel 2 de 3 300 galones, llega a incendiarse.

Si bien es cierto que los tanques de petróleo tiene una mayor capacidad, su riesgo de incendio es menor debido a que se encuentran enterrados. Sin embargo es necesario protegerlos en caso que el tanque de Diesel 2 llegase a incendiarse. La protección debe efectuarse con el uso de espuma mecánica.

El régimen de aplicación de la solución de espuma es de 6,5 lpm/m² de acuerdo al artículo 90° del D.S. 052-93-EM y NFPA 11.

Tanque de Diesel 2

Capacidad	: 3 300 galones
Diámetro	: 1.83 m
Altura	: 4,27 m
Área total	: 30 m ²

El área del tanque es de 30 m², luego la cantidad de solución de espuma necesaria para un mínimo de 4 horas (240 minutos) es:

$30 \text{ m}^2 \times 6,5 \text{ lpm/m}^2 \times 240 \text{ min} = 46\,800$ litros de solución de espuma (agua + concentrado) es decir 46,8 m³ de solución.

En la solución de agua y concentrado, éste último se halla en un 3% con lo cual se necesitaría:

- Agua : $46,8 \text{ m}^3 \times 0,97 = 45,4 \text{ m}^3$
- Concentrado de espuma : $46,8 \text{ m}^3 \times 0,03 = 1,4 \text{ m}^3$

Bomba contra incendio

Los mínimos requerimientos son:

- Caudal: 60 GPM
- Tipo de bomba: Centrífuga listada UL/FM
- Presión: 140 psig
- Voltaje: 220 VAC.

Bomba Sostenedora de Presión - JOCKEY

La bomba jockey está destinada a mantener la red contra incendios presurizada, ante pequeñas caídas de presión y/o fugas que se puedan producir en el sistema. Las características mínimas de acuerdo a los cálculos realizados será de:

- Caudal de la Bomba: 5 GPM
- Presión de la Bomba: 150 psig
- Voltaje de Operación: 220 VAC

Además debe contar con 02 gabinetes o bocas contra incendio, para la zona de almacenamiento de combustible.

Actualmente la planta no cuenta con una bomba, ni reserva almacenada de agua contra incendio exclusiva para la red de agua contra incendio tal como lo exige el D.S. 052-93-EM

11.0 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Los principales riesgos se encuentran relacionados con las actividades de operación y maniobra de la Central Termoeléctrica San Nicolás.
2. Los principales riesgos son:

Chispa eléctrica e incendio: Generada por el corto circuito o descarga estática de equipos que podrían estar mal aterrados o en malas condiciones de mantenimiento. La descarga eléctrica por sí sola no produciría un incendio es necesario tener el combustible que mantenga el fuego. La siguiente foto es un ejemplo de este riesgo:



Foto 11.1: Bombas de Tanques de Petróleo

Otros ejemplos similares los podemos encontrar en otras áreas como por ejemplo en el área del Grupo CUMMINS.



Foto 11.2: Tablero Eléctrico y Cilindros de Combustible

Derrame de combustible: Que se produciría por ejemplo en la descarga del cisterna a los tanques de almacenamiento de combustible. Sin embargo estos tanques cuentan con áreas estancas que evitan la salida de combustible que pueda derramarse. En el caso de las bombas de los tanques de petróleo R500, se encuentran dentro de una zona clasificada como peligrosa por la posibilidad de generarse mezclas inflamables debido al derrame ocasional de combustible. Por tanto los motores de estos equipos deben ser a prueba de explosión así como toda instalación eléctrica dentro de esta área (Ver foto 11.1).

Quemaduras: Debido a la manipulación de partes calientes sin los equipos de protección adecuados o al contacto con partes calientes expuestas sin aislamiento adecuado.

Lesiones de oído por ruido: Los niveles de ruido dentro de las instalaciones de la planta pueden causar hipoacusia en el personal que labora y está constantemente expuesto, es necesaria una adecuada protección personal y la posibilidad de aislamiento de áreas que pueden estar siendo afectadas como por ejemplo el Laboratorio. También es necesario que la empresa lleve un control médico de su personal mediante la realización de pruebas auditivas.



Foto 11.3: Generador Eléctrico Produce Altos Niveles de Ruido

Electrocución: Este riesgo se puede generar al tocar partes energizadas o no bien aisladas de equipos, tableros, cables, celdas, transformadores y otros. Los equipos de media y alta tensión deben estar aislados convenientemente con cerco o malla perimetral de acuerdo con el Código Nacional de Electricidad para evitar un contacto directo y descarga eléctrica (Ver fotos 9.1 y 9.2). Otra fuente importante son los tableros eléctricos que no cuentan con mandil protector (Ver Fotos 11.5 A y 11.5 B) y por tanto generan la posibilidad de descarga eléctrica en el personal que manipula estos equipos.



Foto 11.4: Transformador si Malla Protectora



Foto 11.5 A: Tablero Eléctrico sin Protección

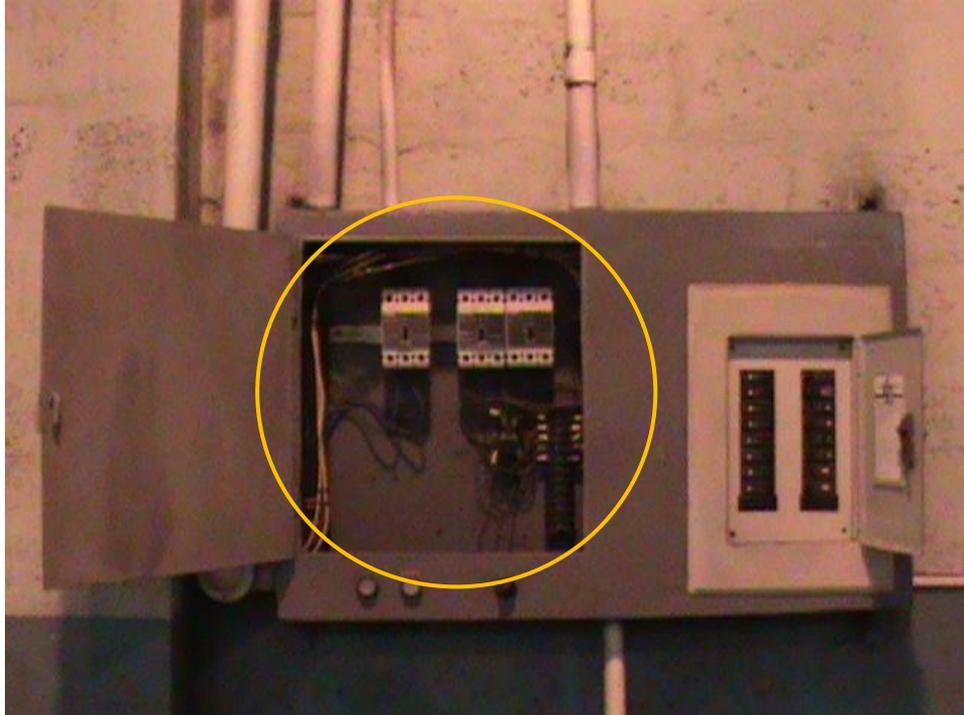


Foto 11.5 B: Tablero Eléctrico sin Protección

Lesiones Físicas Diversas: Además de las mencionadas se encuentran principalmente lesiones por caídas al mismo nivel o a otro nivel. Existen escaleras y pisos en estado de corrosión que pueden generar este tipo de lesiones (Fotos 11.6, 11.7), también estructuras calientes que pueden generar quemaduras debido a que no se encuentran aisladas (Foto 11.9).

Lugares de almacenamiento de materiales que pueden caer por una mala disposición u ordenamiento generando otros tipos de riesgo entre ellos derrames y fuego (Foto 11.8). Ventanas que no son de vidrio templado o laminado que evite caer cortando al personal que se encuentre cerca, estas ventanas pueden romperse en pedazos afilados y caer produciendo cortes (Foto 10).

Asimismo en la inspección se observó que a pesar que el laboratorio utiliza sustancias corrosivas o que emiten pavores tóxicos no hay una suficiente ventilación y extracción de vapores o gases tóxicos que puedan producirse por la manipulación de estas sustancias colocando en riesgo la salud de la persona que trabaja en esta área (Foto 11.11). Asimismo el laboratorio

debe contar con materiales para casos de derrames como por ejemplo cilindros de arena con cal.

Otro factor importante es que aún existe una cantidad de tuberías y equipos que se encuentran aislados con asbesto y en algunos casos este material (asbesto) está expuesto pudiendo generar daño a la salud del personal (Foto 11.12).

Se ha encontrado también cilindros de gas propano utilizados para el encendido de las calderas, que no se encuentran dentro de una jaula de seguridad y están expuestos a sufrir daño por choque de los vehículos que se estacionan a lado de ellos pudiéndose generar una posible fuga, incendio y explosión (Foto 11.13).

El tanque diario de petróleo Diesel 2 que se utiliza para el Grupo CUMMINS se encuentra instalado dentro de un ambiente junto con el grupo en el primer piso y su sistema de venteo que se realiza a través de un cuello de ganso genera vapores dentro de este ambiente transformándolo en un área clasificada como peligrosa en la cual no puede utilizarse instalación eléctrica que no sea a prueba de explosión. Es recomendable que este venteo salga del recinto o que se reinstale todo el tanque fuera de este ambiente (Foto 11.14).

En varios puntos se ha encontrado que los tomacorrientes no tiene el sistema de puesta a tierra como lo exige el Reglamento Nacional de Electricidad (RNE), asimismo se ha encontrado llaves de cuchilla que está fuera de norma y deben ser reemplazadas por llaves termo magnéticas (Fotos 11.15, 11.16).



Foto 11.6: Escalera sin Jaula de Protección



Foto 11.7: Pisos corroídos



Foto 11.8: Desorden en el Almacenamiento de Materiales



Foto 11.9: Tubería Caliente Expuesta



Foto 11.10: Ventanas sin Laminar



Foto 11.11: Productos Químicos en Laboratorio



Foto 11.12: Aislamiento de Asbesto Expuesto



Foto 11.13: Cilindros de gas propano sin Jaula Protectora

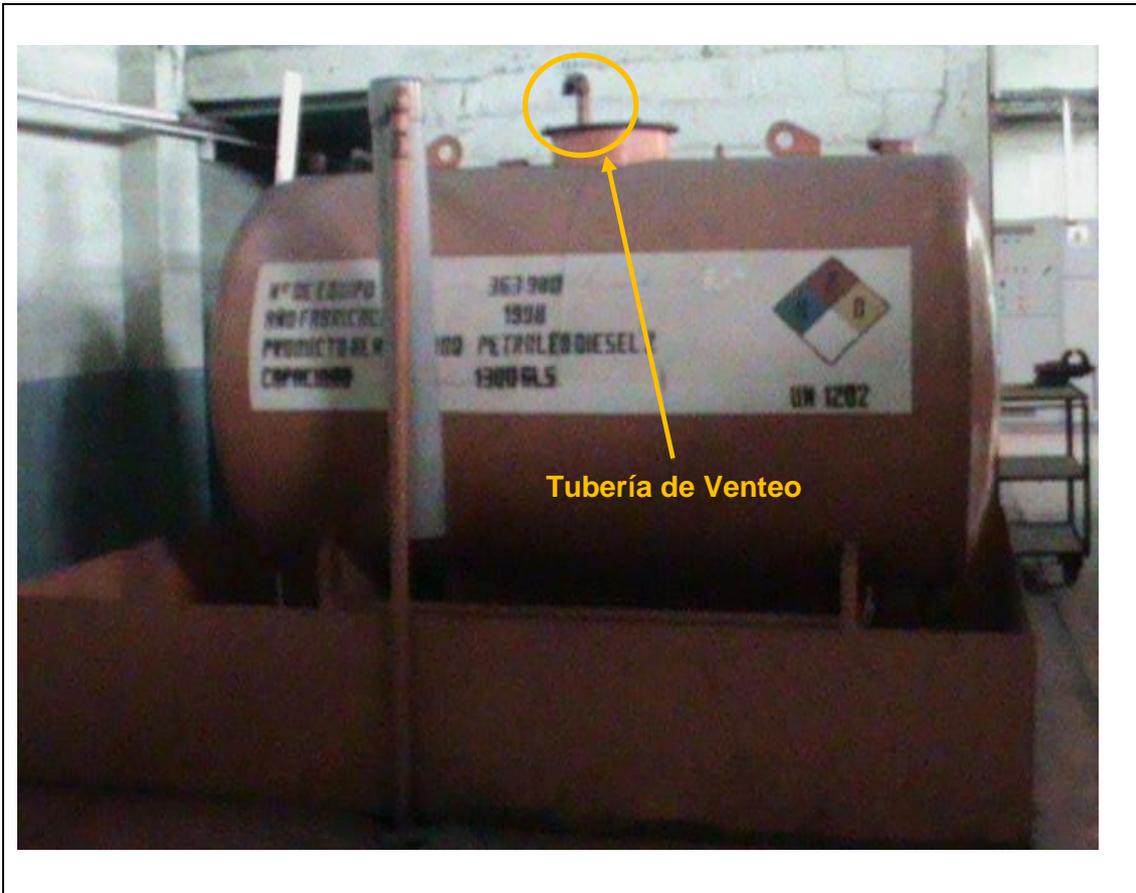


Foto 11.14: Tanque Diario Diesel con punto de Venteo Dentro de un Ambiente



Foto 11.15: Toma Corriente no cumple con Especificaciones del RNE



Foto 11.16: Llave Cuchilla fuera de Normas del Código Nacional de Electricidad

3. Debido a que los transformadores se encuentran dentro del edificio de la C.T. es necesario seguir una o más de las siguientes sugerencias:
- Continuar con su plan de mantenimiento. Debe contarse con un procedimiento para el mantenimiento de transformadores o en su defecto debe encargarse dicho mantenimiento a un proveedor, el cual ha de demostrar su experiencia y su conocimiento de las medidas de seguridad que contempla su trabajo. En este caso la empresa presentará su plan de mantenimiento anual en transformadores especificando las actividades a realizar con el fin de controlar el riesgo.
 - Establecer un sistema de protección pasiva. La NFPA 850: Practica Recomendada para la Protección Contra incendio de Plantas de Generación Eléctrica y Estaciones Convertidoras de Corriente Directa de Alto Voltaje, recomienda establecer un sistema mecánico pasivo para despresurizar el transformador a unos milisegundos después de ocurrida la falla eléctrica con el fin de evitar su explosión. En este caso será necesario establecer si es posible aplicar esta medida en transformadores de esta potencia por el costo que genera para la empresa.
 - Esta norma también sugiere el uso de detectores termovelocimétricos, sistemas automáticos de agua pulverizada y muros de RF 120 (Resistencia al fuego 120 minutos) que se deben instalar alrededor del transformador.

Otra medida que puede aplicarse es reinstalar los transformadores fuera del edificio de la C.T. en un lugar aislado.

4. La C.T. no cuenta con procedimientos establecidos de trabajo seguro para cada una de las actividades que realiza, por tanto el personal no manejan estándares de seguridad que debe cumplir en la realización de su tarea, sólo tienen como base el Reglamento de Seguridad Interno. Es recomendable que se elaboren los Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) para cada una de sus tareas, especialmente para los casos de mantenimiento en planta tales como trabajos en caliente, en altura, en espacios confinados etc. Estos procedimientos deben contar, en caso ser necesario, con el procedimiento de bloqueo estándar.
5. Se ha observado que las estructuras metálicas, equipos eléctricos y equipos mecánicos se encuentra aterrados adecuadamente.

6. El diagrama unifilar alcanzado ha sido revisado y se encuentra adecuadamente dimensionado para los equipos usuarios.
7. Los cableados se realizaron a través de tubos, ductos y bandejas correctamente, aunque es preciso aclarar que existen algunos circuitos donde los cables no se encuentran bien ordenados, los cuales no son seguros ni permiten la inmediata identificación de los mismos. Se debe realizar la identificación con el fin de evitar la existencia de cables sueltos que puedan causar accidentes o incendios por corto circuito
8. En el desarrollo de sus actividades dentro de las instalaciones de la central, el personal no electricista como pintores, albañiles, personal de limpieza, y otros debe seguir los siguientes pasos:
 - Tener la orden o permiso escrito para trabajar, en la que se delimite el área de labores, los EPPs a utilizar, los riesgos a los que se expone el personal y las medidas de control.
 - Utilizar sus implementos de seguridad personal y los adecuados al área donde realizan sus labores.
 - Tener sus equipos de trabajo en perfecto estado.
 - Ser supervisados permanentemente por personal del área de seguridad de la C.T. con conocimiento en la evaluación de riesgos.
 - Para el caso de obras dentro de la planta el contratista debe tener su propio asesor de seguridad (prevencionista) que esté permanentemente revisando las condiciones de seguridad de su trabajo y reportando cualquier incidente o accidente al área de seguridad de la C.T.
9. El riesgo de incendio en el área de almacenamiento de combustible es mayor en caso de producirse en el Tanque de Diesel de 3 300 galones de capacidad. Si esto sucede el área afectada sería una de radio de 920 m. por tanto estaría dentro de las instalaciones de la empresa, siendo el área de riesgo para la vida una de 5 m. de radio alrededor del tanque incendiado, considerando que no haya explosión o BLEVE ni BOILOVER.
10. La posibilidad de BOILOVER en los tanques de almacenamiento de combustible es probable por lo cual en caso de incendio deben mantenerse enfriados con agua y espuma mecánica.
11. De acuerdo a la evaluación de mayor riesgo de incendio, es necesario tener como mínimo:

Almacenamiento de agua: 50 m³
Espuma: 2 m³

Bomba contra incendio

Los mínimos requerimientos son:

- Caudal: 60 GPM
- Tipo de bomba: Centrífuga listada UL/FM
- Presión: 140 psig
- Voltaje: 220 VAC.

Bomba Sostenedora de Presión - JOCKEY

La bomba jockey está destinada a mantener la red contra incendios presurizada, ante pequeñas caídas de presión y/o fugas que se puedan producir en el sistema. Las características mínimas de acuerdo a los cálculos realizados será de:

- Caudal de la Bomba: 5 GPM
- Presión de la Bomba: 150 psig
- Voltaje de Operación: 220 VAC

Además debe contar con 02 gabinetes o bocas contra incendio, para la zona de almacenamiento de combustible.

12. La planta debe contar con su protocolo de pruebas de pozos a tierra actualizado. El protocolo tiene una vigencia de 8 meses y consiste en certificar la medición de la resistividad por un ingeniero electricista o mecánico electricista, la cual debe ser menor o igual a 25 ohmios.
13. La planta debe contar con un sistema de alarma para los casos de emergencias y evacuación del personal, que puede complementarse con un sistema de perifoneo. El primero servirá para alertar al personal y el segundo para dar las indicaciones necesarias.
14. Con respecto a las instalaciones eléctricas:
 - Se debe verificar periódicamente los sistemas de control y protección de presión, temperatura y caudal. Realizar mantenimiento, contrastación y pruebas de los instrumentos de medida, dispositivos de control y protección, tanto eléctricos como mecánicos, neumáticos por lo menos una vez al año.
 - Se debe realizar el mantenimiento y medición periódica del aislamiento de los tableros de control y protección, de los cables, motores,

generadores, transformadores y todo equipo eléctrico que trabaje a una tensión superior a 150 voltios, por lo menos una vez al año.

- Proteger las instalaciones de media tensión (transformadores de potencia y celdas de media tensión) con cercos o enmallados a una altura mínima de 2,20 m desde el suelo y provista de señales de peligro referidos a la tensión y al riesgo eléctrico existente, a fin de evitar el acceso de personas no capacitadas.
- SHOUGESA deberá establecer la nómina del personal autorizado, entrenado y calificado que pueden efectuar labores en los circuitos o equipos energizados de los centros de transformación y celdas de media tensión, siendo estos los únicos, cuyos procedimientos se deben implementar para el buen desarrollo de las actividades. Además de ello deben contar con el equipo de protección personal adecuado y en buenas condiciones.
- Todos los sistemas eléctricos deben presentar en forma visible los diagramas unifilares que señalen claramente todos los circuitos, redes y líneas debidamente codificadas a fin de identificarlas con toda facilidad. Estos diagramas deben estar ubicados en lugar visible dentro del área de operaciones de cada uno de los centros de transformación, celdas, MCC y tableros de distribución.
- Adecuar los motores, tableros y equipos de iluminación, a prueba de explosión según el Código Nacional de Electricidad en las zonas Clasificadas como Áreas peligrosas Clase I y Clase II de acuerdo con la NFPA 497 y el Reglamento Nacional de Electricidad (Sección 110 – Lugares Peligrosos).

15. De manera general, se deben señalar (en los lugares que faltan):

- a. Vías de evacuación, indicando las rutas de salida
- b. Lugares donde se encuentren los extintores
- c. Lugares donde se encuentren materiales peligrosos
- d. Riesgos específicos como el eléctrico (tableros y sub estaciones)
- e. Sistemas de protección como pozos a tierra
- f. Uso de equipos de seguridad de acuerdo con el riesgo de la central
- g. Señales de prohibición como “NO FUMAR”, “NO HACER FUEGO” etc. En los lugares donde se almacenen combustibles.

16. Las rutas de evacuación deben encontrarse siempre iluminadas ya sea por luz natural o artificial.

17. Se debe considerar en el pintado de tuberías, la norma NTP 399.012:

- Rojo : Contra incendio
- Verde : Agua
- Gris : Vapor de agua
- Aluminio : Petróleo y derivados
- Marrón: Aceites vegetales y animales
- Amarillo ocre : Gases, tanto en estado gaseoso como licuados
- Violeta : Ácidos y álcalis
- Azul claro : Aire

18. Debido a la ubicación geográfica de la planta, ésta se encuentra bajo el riesgo de sismos que pueden llegar a ser intensos (terremotos), así como de vientos huracanados. El plan de contingencias deberá considerar estos riesgos naturales.

19. Los niveles de riesgo encontrados en la planta son:

- a. Riesgos físicos (lesiones): Bajo a moderado, especialmente por la generación de ruido en las zonas de trabajo y la manipulación de equipos eléctricos o mecánicos.
- b. Riesgos de incendio: Moderado, principalmente por el almacenamiento de combustible.
- c. Riesgos de explosión: Bajo
- d. Riesgos a desastres naturales (sismos): Moderado, debido a la ubicación geográfica de la planta.

12.0 CONCLUSIONES

1. Los principales riesgos se encuentran relacionados con las actividades de operación y maniobra de la Central Termoeléctrica San Nicolás. Estos son:
 - Chispa eléctrica e incendio
 - Derrame de combustible
 - Quemaduras
 - Lesiones de oído por ruido
 - Electrocutación
 - Lesiones físicas (diversas)
2. La C.T. no cuenta con procedimientos establecidos de trabajo seguro para cada una de las actividades que realiza, por tanto el personal no manejan estándares de seguridad que debe cumplir en la realización de su tarea, sólo tienen como base el Reglamento de Seguridad Interno.
3. Se ha observado que las estructuras metálicas, equipos eléctricos y equipos mecánicos se encuentra aterrados adecuadamente.
4. El diagrama unifilar alcanzado ha sido revisado y se encuentra adecuadamente dimensionado para los equipos usuarios.
5. Los cableados se realizaron a través de tubos, ductos y bandejas correctamente.
6. El riesgo de incendio en el área de almacenamiento de combustible es mayor en caso de producirse en el Tanque de Diesel de 3 300 galones de capacidad.
7. La posibilidad de BOILOVER en los tanques de almacenamiento de combustible es probable.
8. La C.T. no cuenta con una adecuada señalización de líneas (tuberías) de acuerdo con la NTP 399.012
9. Debido a la ubicación geográfica de la planta, ésta se encuentra bajo el riesgo de sismos que pueden llegar a ser intensos (terremotos), así como de vientos huracanados.

10. Los niveles de riesgo encontrados en la planta son:

- a. Riesgos físicos (lesiones): Bajo a moderado, especialmente por la generación de ruido en las zonas de trabajo y la manipulación de equipos eléctricos o mecánicos.
- b. Riesgos de incendio: Moderado, principalmente por el almacenamiento de combustible.
- c. Riesgos de explosión: Bajo
- d. Riesgos a desastres naturales (sismos): Moderado, debido a la ubicación geográfica de la planta.

13.0 RECOMENDACIONES

1. Emplear equipos para evitar derrames de lubricantes. Un ejemplo es el siguiente:



2. En el desarrollo de sus actividades dentro de las instalaciones de la central, el personal no electricista como pintores, albañiles, personal de limpieza, y otros debe seguir los siguientes pasos:
 - Tener la orden o permiso escrito para trabajar, en la que se delimite el área de labores, los EPPs a utilizar, los riesgos a los que se expone el personal y las medidas de control.
 - Utilizar sus implementos de seguridad personal y los adecuados al área donde realizan sus labores.
 - Tener sus equipos de trabajo en perfecto estado.
 - Ser supervisados permanentemente por personal del área de seguridad de la C.T. con conocimiento en la evaluación de riesgos.
3. Para el caso de obras dentro de la planta el contratista debe tener su propio asesor de seguridad (prevencionista) que esté permanentemente revisando las condiciones de seguridad de su trabajo y reportando cualquier incidente o accidente al área de seguridad de la C.T. Es recomendable que se elaboren los Procedimientos Escritos de Trabajo

Seguro (PETS) para cada una de sus tareas, especialmente para los casos de mantenimiento en planta tales como trabajos en caliente, en altura, en espacios confinados etc. Estos procedimientos deben contar, en caso ser necesario, con el procedimiento de bloqueo estándar.

4. De manera general, se deben señalar (en los lugares que faltan):
 - a. Vías de evacuación, indicando las rutas de salida
 - b. Lugares donde se encuentren los extintores
 - c. Lugares donde se encuentren materiales peligrosos
 - d. Riesgos específicos como el eléctrico (tableros y sub estaciones)
 - e. Sistemas de protección como pozos a tierra
 - f. Uso de equipos de seguridad de acuerdo con el riesgo de la central
 - g. Señales de prohibición como “NO FUMAR”, “NO HACER FUEGO” etc. En los lugares donde se almacenen combustibles.
5. De acuerdo a la evaluación de mayor riesgo de incendio, es necesario tener como mínimo:

Almacenamiento de agua: 50 m³
Espuma: 2 m³

Bomba contra incendio

Los mínimos requerimientos son:

- Caudal: 60 GPM
- Tipo de bomba: Centrífuga listada UL/FM
- Presión: 140 psig
- Voltaje: 220 VAC.

Bomba Sostenedora de Presión - JOCKEY

La bomba jockey está destinada a mantener la red contra incendios presurizada, ante pequeñas caídas de presión y/o fugas que se puedan producir en el sistema. Las características mínimas de acuerdo a los cálculos realizados será de:

- Caudal de la Bomba: 5 GPM
- Presión de la Bomba: 150 psig
- Voltaje de Operación: 220 VAC

Además debe contar con 02 gabinetes o bocas contra incendio, para la zona de almacenamiento de combustible.

6. Se debe considerar en el pintado de tuberías, la norma NTP 399.012:
- Rojo : Contra incendio
 - Verde : Agua
 - Gris : Vapor de agua
 - Aluminio : Petróleo y derivados
 - Marrón: Aceites vegetales y animales
 - Amarillo ocre : Gases, tanto en estado gaseoso como licuados
 - Violeta : Ácidos y álcalis
 - Azul claro : Aire
4. Debido a que los transformadores se encuentran dentro del edificio de la C.T. es necesario seguir una o más de las siguientes sugerencias:
- Continuar con su plan de mantenimiento. Debe contarse con un procedimiento para el mantenimiento de transformadores o en su defecto debe encargarse dicho mantenimiento a un proveedor, el cual ha de demostrar su experiencia y su conocimiento de las medidas de seguridad que contempla su trabajo. En este caso la empresa presentará su plan de mantenimiento anual en transformadores especificando las actividades a realizar con el fin de controlar el riesgo.
 - Establecer un sistema de protección pasiva. La NFPA 850: Practica Recomendada para la Protección Contra incendio de Plantas de Generación Eléctrica y Estaciones Convertidoras de Corriente Directa de Alto Voltaje, recomienda establecer un sistema mecánico pasivo para despresurizar el transformador a unos milisegundos después de ocurrida la falla eléctrica con el fin de evitar su explosión. En este caso será necesario establecer si es posible aplicar esta medida en transformadores de esta potencia por el costo que genera para la empresa.
 - Esta norma también sugiere el uso de detectores termovelocimétricos, sistemas automáticos de agua pulverizada y muros de RF 120 (Resistencia al fuego 120 minutos) que se deben instalar alrededor del transformador.

Otra medida que puede aplicarse es reinstalar los transformadores fuera del edificio de la C.T. en un lugar aislado.

ANEXOS

ANEXO N° 1
GLOSARIO DE TÉRMINOS

a. **Accidente:** Suceso eventual e inesperado que causa lesiones, daños a la salud o muerte de una o más personas, daños materiales, ambientales y/o pérdidas de producción.

b. **Accidente de trabajo:** Lesión ocurrida durante el desempeño de las labores encomendadas a un trabajador. El accidente de trabajo puede ser:

Leve: Suceso cuya lesión no requiere descanso médico mayor a una jornada de trabajo.

Grave: Suceso cuya lesión requiere descanso médico mayor a una jornada de trabajo o la lesión cause una inhabilitación del trabajador de modo tal que no le permita regresar a su trabajo habitual sino hasta después de una jornada de trabajo.

Fatal: Suceso cuya lesión haya causado la muerte de inmediato o posteriormente, como consecuencia de dicho evento.

c. **Actividad de hidrocarburos:** Labor que es llevada a cabo por las Empresas Autorizadas con la finalidad de explotar, producir, refinar, procesar, almacenar, transportar, distribuir y/o comercializar Hidrocarburos y otros productos derivados de los hidrocarburos.

d. **Agente químico:** Cualquier elemento o compuesto químico, solo o mezclado con otro, tal como se presenta en estado natural o producido por cualquier actividad laboral, sea producido intencionalmente o no, y haya sido o no puesto en el mercado.

e. **Análisis de Riesgos,** es la identificación y evaluación sistemática de objetos de riesgo y peligros. La Evaluación del Riesgo, es el conjunto de acciones y procedimientos que se realizan "in situ", a fin de levantar la información sobre la identificación de los peligros, el análisis de las condiciones de vulnerabilidad y cálculo del riesgo (probabilidad de daños: pérdidas de vidas e infraestructura); con la finalidad de recomendar las medidas de prevención.

f. **Desastre:** Es un suceso localizado en el tiempo y espacio, natural o causado por el hombre, de tal severidad y magnitud que normalmente resulta en muertes, lesiones o daños graves a la propiedad.

g. **Emergencia:** Estado de daño sobre la vida, el patrimonio y el medio ambiente ocasionado por la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico que altera el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada.

h. **Estudio de riesgos:** Aquel que cubre aspectos de seguridad en las Instalaciones de Hidrocarburos y en su área de influencia, con el propósito de determinar las condiciones existentes en el medio así como prever los efectos y las consecuencias de la instalación y su operación, indicando los procedimiento, medidas y controles que deberán aplicarse con el objeto de eliminar condiciones y actos inseguros que podrían suscitarse.

También se puede definir como aquel que permite la identificación, descripción, análisis, evaluación y minimización de los riesgos a la producción, a la propiedad, al personal, al público en general y al medio ambiente, inherentes a la actividad de la empresa para mejorar la productividad y rentabilidad.

- i. **Especies:** Las diferentes formas en que puede presentarse un agente químico, estando caracterizada cada forma mediante su composición química y/o sus características químicas detalladas.
- j. **Objeto de Riesgo (Risk Objects):** Son las industrias, almacenes, vías de comunicación, etc., que contienen peligros (Hazards).
- k. **Peligro:** El peligro es una propiedad o aptitud intrínseca de alguna cosa para ocasionar daños a las personas, medio ambiente o propiedad. Ejemplo “peligro de electrocución” debida a contacto eléctrico.
- l. **Plan de contingencias:** Aquel plan elaborado para contrarrestar las emergencias tales como incendios, accidentes, desastres naturales, etc.
- m. **Plan de Evacuación:** Plan cuyo objetivo es permitir la evacuación de las personas que se encuentran en determinado lugar de una manera segura y rápida (involucra personas).
- n. **Protección Pasiva:** Comprende el tipo de edificación, diseño de áreas, vías de evacuación, materiales de construcción, barreras, distancias, diques, acabados, puertas, propagación de humos y gases, accesos, distribución de áreas.
- o. **Protección Activa:** Comprende la detección, extintores portátiles, automáticos, manuales, redes hidráulicas, bombas, tanques de agua, rociadores, sistemas de espuma, gas carbónico, polvo químico seco. Asimismo, procedimientos de emergencias, brigadas, señalización, iluminación, comunicación.
- p. **Riesgo:** Indica la probabilidad de que, la capacidad de ocasionar daños de un determinado peligro, desencadene en una pérdida, expresada en función de la probabilidad del suceso y la magnitud de las consecuencias.
- q. **Seguridad:** Grado de aceptación de los riesgos.
- r. **Señalización de seguridad y salud en el trabajo:** una señalización que, referida a un objeto, actividad o situación determinadas, proporcione una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual, según proceda.

s. Líquido inflamable

De acuerdo con Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos

Los hidrocarburos líquidos con punto de inflamación menor de 37,8 °C y una presión de vapor que no exceda los 2,812 Kg/cm² (40 psia) a 37,8 °C se denominarán como Clase I, y se subdividen en:

Clase IA, cuando su punto de inflamación es menor de 22,8 °C y su punto de ebullición es menor de 37,8 °C.

Clase IB, cuando su punto de inflamación es menor de 22,8 °C y tienen punto de ebullición igual o mayor de 37,8 °C.

Clase IC, incluye a aquellos líquidos con punto de inflamación mayor a 22,8 °C pero menor de 37,8 °C.

Otra definición: Es un líquido con un punto de inflamación inferior a 55 °C.

- t. **Vulnerabilidad:** Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser física, social, económica, cultural, institucional y otros.

ANEXO N° 2
PLANOS DE LA PLANTA

ANEXO N° 3
HOJAS DE SEGURIDAD (MSDS)