



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

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

ESTUDIO DE RIESGOS

CENTRAL TÉRMICA SAN NICOLÁS

San Borja, Octubre del 2013

CONTENIDO

1.0 INTRODUCCIÓN	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivos	4
1.3 Ubicación de las oficinas de la Central Termoeléctrica San Nicolás ..	5
1.4 Ubicación de la Central Termoeléctrica San Nicolás	5
2.0 NORMATIVIDAD APLICADA	8
3.0 METODOLOGÍA	9
4.0 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	10
5.0 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE	19
6.0 EQUIPOS AUXILIARES	21
7.0 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	22
8.0 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	25
9.0 EVALUACIÓN DE RIESGOS	43
9.1 Evaluación de los Riesgos y su Clasificación	43
9.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS GENERALES MEDIANTE USO DE LISTAS DE VERIFICACIÓN	60
9.3 Cálculo del Tiempo de Evacuación del Personal	71
9.4 Evaluación de Riesgo de Incendio de las Áreas de Almacenamiento de Combustible	72
9.5 Evaluación de Boil Over en el área de almacenamiento de combustible ..	76
9.6 Evaluación de BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)	77
9.7 Cálculo del índice de fuego y explosión (IFE)	77
9.8 RIESGO DE EXPLOSIÓN EN TRANSFORMADORES	80
9.9 RIESGOS DE FALLAS EN GRUPOS ELECTRÓGENOS	81
10.0 CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS INSTALACIONES	87
11.0 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	92
12.0 CONCLUSIONES	106
13.0 RECOMENDACIONES	108

1.0 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El 27 de Marzo del 2013 fue publicado en el Diario Oficial El Peruano, el nuevo Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad “R.M. N° 111-2013-MEM/DM”, en cuyo texto se establece la obligatoriedad de elaborar un Estudio de Riesgos (Artículo 19° de la mencionada Resolución Ministerial).

El mencionado reglamento deja sin efecto la anterior R.M. N° 161-2007-EM/VME “Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas” publicada en el Peruano el 18 de Abril del 2007.

Tomando en cuenta los antecedentes mencionados, la Empresa Shougang Generación Eléctrica S.A.A., ha solicitado a CENERGIA la revisión y actualización del Estudio de Riesgos la Central Térmica San Nicolás 2013, elaborado en el año 2011, el cual servirá de base para la elaboración del Programa Anual de Seguridad y Salud en el Trabajo, y además proporcionará información valiosa para la actualización del Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo y del Plan de Contingencias (de acuerdo a los Artículos 23° y 24° del reglamento).

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° 20 del “Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad”.

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 objetivo principal del estudio de riesgos es determinar los niveles de riesgos tanto a la infraestructura (material y procesos) como al personal que trabaja en la Central Térmica San Nicolás y en sus oficinas, así como posibles daños a terceros dentro de su área de influencia. Estos riesgos pueden ser de origen tecnológico (asociados a la actividad humana) como natural (sismos, inundaciones, lluvias torrenciales, etc); asimismo forma parte de estudio la elaboración del programa de mitigación y control de estos riesgos.

Objetivos específicos

De acuerdo al artículo 20 del “Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad”, emitido mediante la RM N° 111-2013-MEM/DM; 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. Identificar los peligros y evaluar los riesgos físicos de las oficinas de la Central Termoeléctrica San Nicolás ubicadas en San Juan de Marcona.
3. Efectuar una evaluación de los trabajadores, sus herramientas y ambientes de trabajo.
4. Determinar los posibles daños a terceros y/o propiedad como consecuencia de las actividades que se desarrollan en la central.
5. Evaluar otros riesgos posibles tales como manipuleo de sustancias peligrosas, exposición de agentes químicos, exposición de ruidos, entre otros.

1.3 Ubicación de las oficinas de la Central Termoeléctrica San Nicolás

Las oficinas de la central termoeléctrica se encuentran ubicadas en Zona M - 14 N° 56 , ciudad de San Juan de Marcona, distrito de Marcona, provincia de Nazca.

Teléfono - Fax: 056 - 525678 / 056 - 525891

1.4 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, 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 central térmica se encuentra cerca de la ciudad de Marcona. El distrito de Marcona según el censo de julio de 1993 cuenta con 12 919 habitantes, es parte de la concesión minera que explota la empresa Shougang Hierro Perú S.A; 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



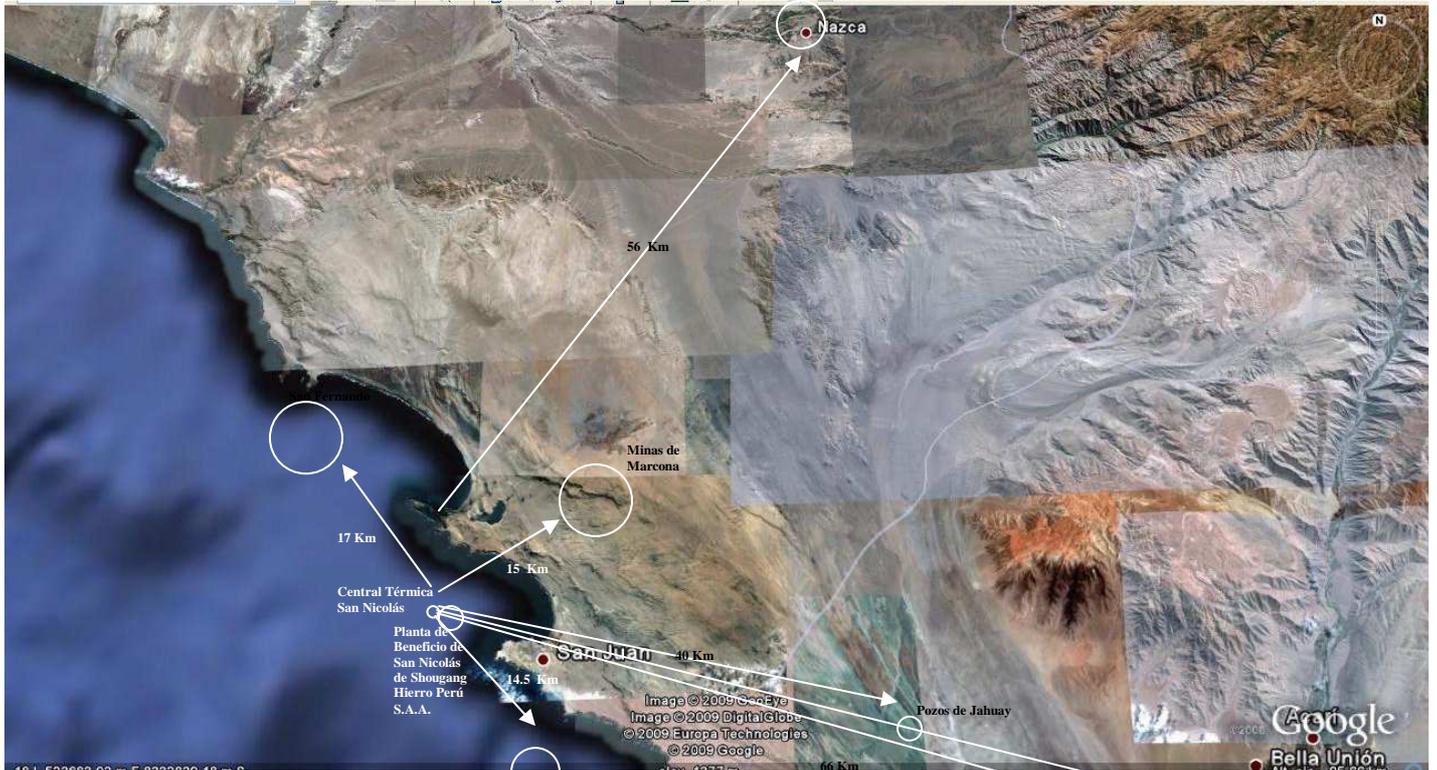
Coordenadas geográficas:

- 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 central térmica
- 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



70 Km

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:

- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ley N° 29783.
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, D.S. N° 005-2012-TR.
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad, R.M. N° 111-2013-MEM/DM.
- Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos, D.S. N° 052-93-EM.
- Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos, D.S. N° 043-2007-EM.
- 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.
- Fundación Mapfre: Método simplificado de evaluación de riesgo de incendio (Meseri)
- 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 y sus oficinas, que están ubicadas en Punta San Nicolás y en la ciudad de San Juan de Marcona respectivamente, al Sur de Lima.

4.1 Oficinas

Las oficinas de la C.T. San Nicolás se encuentran ubicadas en San Juan de Marcona Zona M - 14 N° 56, Nazca. Están conformadas por columnas de material, paredes y techo de material noble con armazón de material terminado de cielo raso y puertas de madera. Las instalaciones comprenden:

a. Oficina de traducción	: 01 persona
b. Oficina de Sub Gerente General y Gerente de Operaciones	: 01 persona
c. Sala de reuniones	
d. Oficina de administración	: 01 persona
e. Secretaría	: 01 persona
f. Planillas	: 01 persona
g. Recepción	
h. Oficina de subgerencia de operaciones	: 01 persona
i. Oficina de Contador General	: 01 persona
j. Oficina de Asistente de Contador	: 01 persona
k. Oficina Asistente de Contabilidad	: 01 persona
l. Oficina de Gerente de finanzas	: 01 persona
m. Caja tesorería	: 01 persona

Días de trabajo y horario de trabajo: Lunes a Sábado, de 08:00 a.m. a 5:00 p.m.

4.1 Central Térmica

La Central Térmica San Nicolás, políticamente se encuentra ubicada en el distrito de San Juan de Marcona, Provincia de Nazca, departamento de Ica, Región Libertadores Wari, en la Costa Peruana a 530 Km al sur este de Lima. Ocupa 6,76 Ha de los terrenos que corresponden a los denuncios de Shougang Hierro Perú S.A.A.

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 3,8 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 a 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.

Las instalaciones de la central comprenden los siguientes sistemas:

A. Sistema de Vapor

La central térmica genera su energía a partir del uso de vapor, que es producido por tres calderas, que consumen petróleo industrial R-500.

Los datos técnicos de las calderas son los siguientes:

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	Septiembre-95	1972

El combustible utilizado por las calderas (Petróleo Industrial 500) se almacena en tres tanques de concreto, subterráneos, 2 de 50 000 galones de capacidad y uno de 73 500 galones.

Para iniciar la combustión en las calderas se hace uso de Petróleo Diesel B5, el mismo que est  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 de almacenamiento de combustible son los siguientes:

Cuadro Nº 4.2
Datos Técnicos de Los Tanques de Petr6leo

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	Petr6leo residual 500	Petr6leo residual 500	Petr6leo residual 500	Petr6leo diesel
Capacidad (galones)	50 000	50 000	73 500	3 300
C6digo 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.

B. Sistema de Enfriamiento Agua de Enfriamiento

Para el enfriamiento se utiliza el agua de mar que ingresa a un condensador 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.

C. Sistema de 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 que operan termodinámicamente cumpliendo un ciclo RANKINE regenerativo con sobrecalentamiento para lo cual dispone como equipos básicos: calderas de fuego directo acuotubulares que utilizan petróleo residual 500 (PIAV-500) como combustible, turbinas a vapor del tipo condensación con extracciones, condensadores enfriados por agua de mar y toda una red de vapor y condensados que conforman el circuito principal además de los otros circuitos como el de combustible, agua de enfriamiento; etc.

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 18 710 KW, 17080 KW y 25 920 KW respectivamente.

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 reubican transformadores de 13.8/4.16 KV y potencias nominales que van desde 1.5 hasta 10 MVA; a las 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.

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 Térmica de San Nicolás.

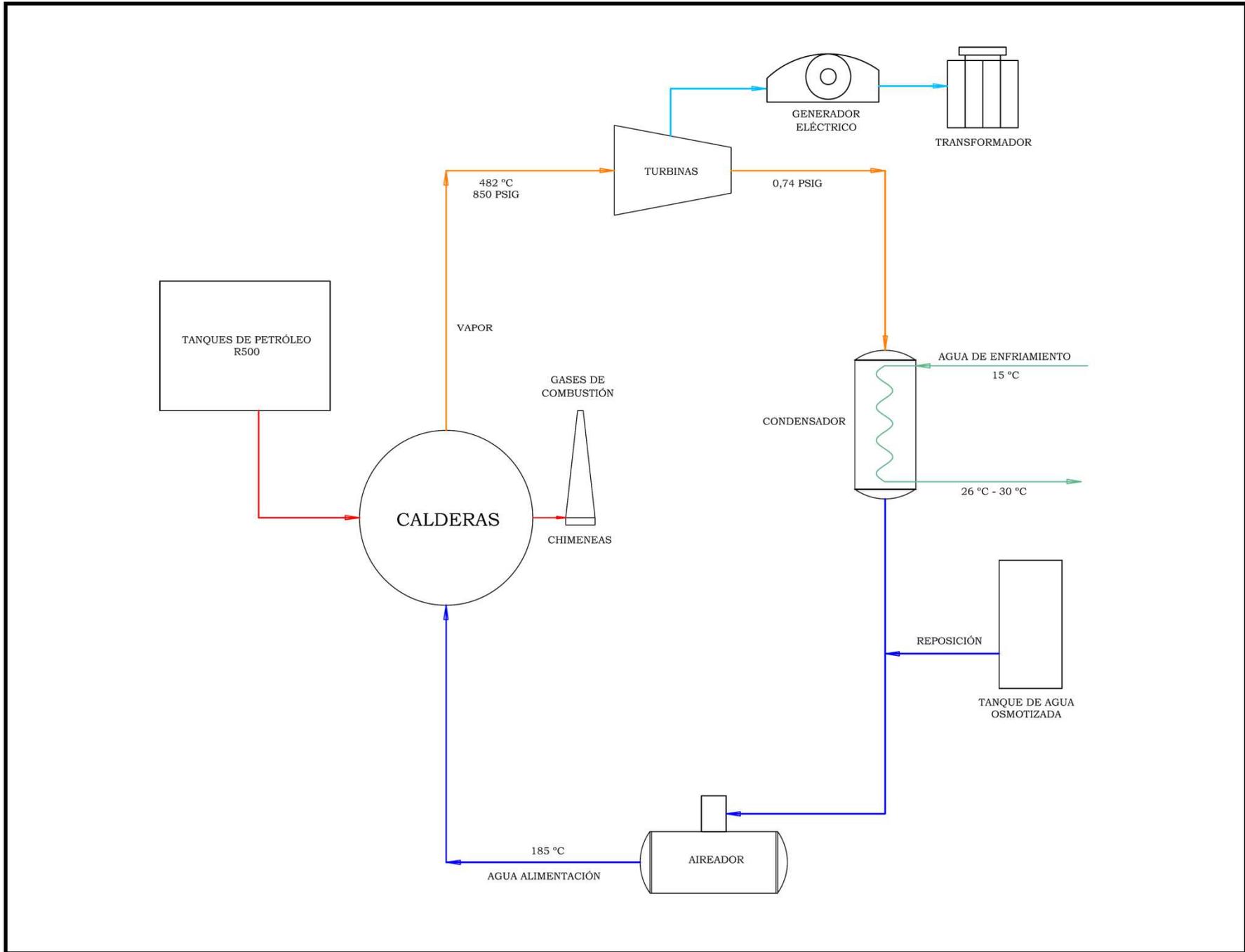
Dentro de las instalaciones de la Central Térmica San Nicolás se encuentra instalado un grupo electrógeno Diesel que también ha sido declarada ante el COES, cuyas características son las siguientes:

Cuadro Nº 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 B5
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 diagrama de flujo del proceso de generación eléctrica es el siguiente:

Diagrama de Flujo Nº 4.1



5.0 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

En las instalaciones de la C.T. San Nicolás se encuentran 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			
Tanque petróleo diesel	Diesel B5	3 300	13	6,15	4,34	0,76
Tanque 4 (Alimentación al G.E.)	Diesel B5	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 B5	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 B5	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 aterradas.

Foto N° 5.1
Área de Almacenamiento de Combustibles

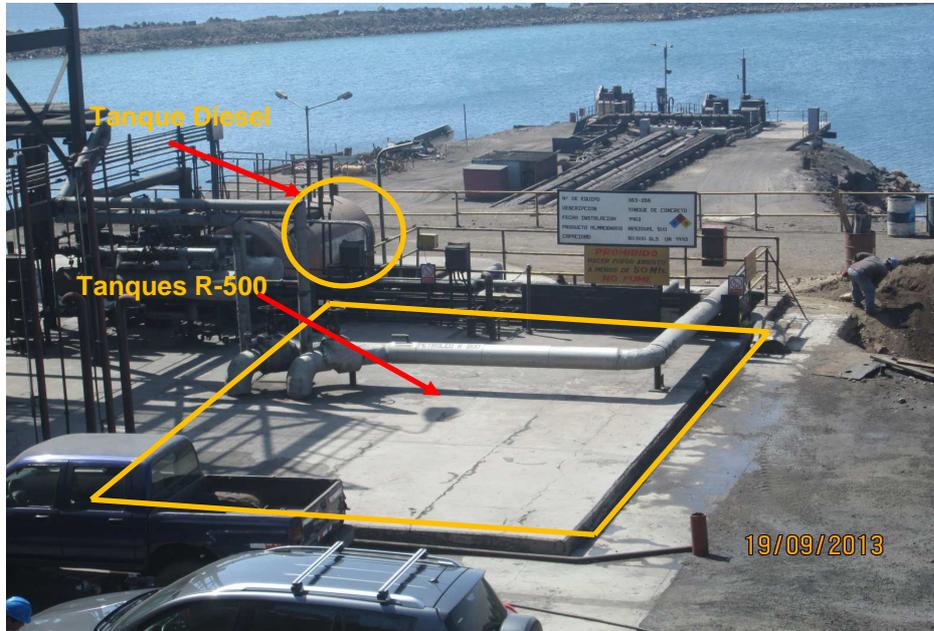


Foto N° 5.2
Cilindros de GLP Cerca al Área de Almacenamiento de Combustibles



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	99709471 17/100/2	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	99709471 17/100/1	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

Las tareas comúnmente desarrolladas se han agrupado en siete grupos que las engloban. 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. Listas de Verificación de Riesgos (Check list)

Las listas de verificación sirven para determinar de manera rápida el grado de cumplimiento de las normas y directrices, en materia de seguridad y salud en el trabajo. Son utilizadas comúnmente para mantener la vigilancia de seguridad de un sistema implantado (sistema de seguridad y salud en el trabajo). Existen muchos tipos de listas de verificación, pero las que se utilizarán en el presente estudio servirán para determinar los riesgos físicos en las áreas de trabajo que se encuentren relacionados con las estructuras, instalaciones y su distribución.

C. Norma Técnica de Prevención -NTP 436: Cálculo Estimativo de Vías y Tiempos de Evacuación

Mediante esta técnica se puede conocer el tiempo de evacuación de cada una de las áreas de la planta considerando las distancias hacia los puntos de evacuación señalados, con el fin de determinar la existencia de un riesgo de quedar atrapado por una eventual emergencia.

Tiempos de evacuación

En el desalojo por incendio o emergencia en un local o edificio se pueden considerar cuatro tiempos diferenciados de la evacuación, el tiempo de detección t_D , el de alarma t_A , el de retardo t_R y el tiempo propio de evacuación o salida t_{PE} , según se indica en la Figura 4.1.

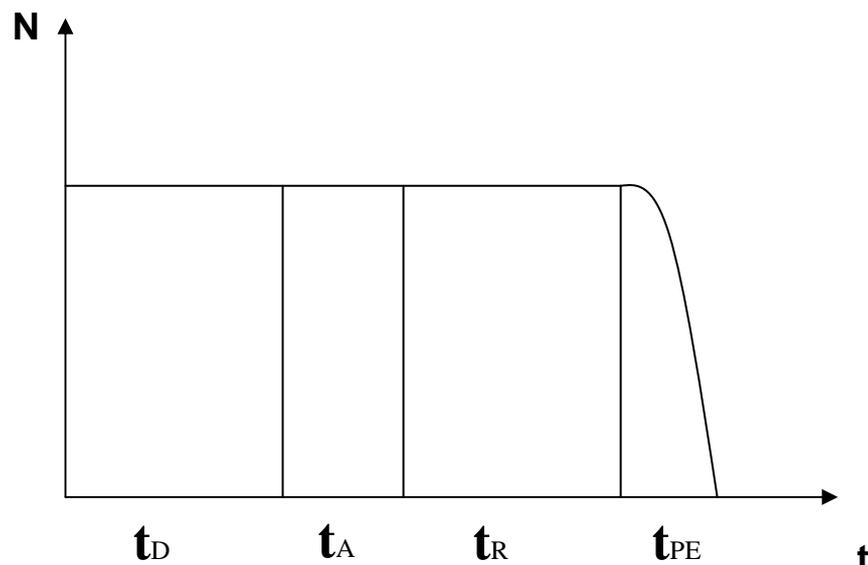


Fig. 4.1: Relación entre el Número de personas Evacuadas y el Tiempo de Evacuación

La suma de todos estos tiempos da como resultado el tiempo de evacuación real.

$$t_E = t_D + t_A + t_B + t_{PE}$$

Para la optimización del tiempo total de evacuación se puede considerar la forma de hacer mínimos cada uno de los tiempos sumandos. El tiempo de detección comprende desde el inicio del fuego u otra contingencia hasta que la persona responsable inicia la alarma. Si se desglosa a su vez t_D se puede apreciar el tiempo de detección automática o humana, el de comprobación de la emergencia y el de aviso para iniciar la alarma.

En el caso de detección automática, la central de alarma puede estar programada para activar la alarma correspondiente, iniciando la evacuación. En el caso de detección por una persona transcurrirá un tiempo hasta que se verifique la gravedad del suceso y se notifique la necesidad de activar la alarma correspondiente.

El tiempo de alarma es el propio de emisión de (los mensajes correspondientes) por los medios de megafonía, luces o sonidos codificados. Este tiempo depende de la bondad técnica y de comunicación colectiva de los mencionados mensajes.

El tiempo de retardo es el asignado para que el colectivo de personas a evacuar asimile los mensajes de alarma e inicien el movimiento hacia los itinerarios correspondientes de salida. Influye de una manera importante en la disminución de t_R la eficacia de comunicación de los mensajes y la buena organización del personal de ayuda para la evacuación.

El tiempo propio de evacuación se inicia en el momento que las primeras personas usan las vías de evacuación con intención de salir al lugar seguro preindicado. Se puede contar aproximadamente desde la salida del primer evacuado.

Este tiempo total de evacuación depende del número de salidas del edificio o recinto a evacuar. Se considera que los ocupantes asignados a una salida deben poder traspasarla en un tiempo máximo de **2,5 minutos**.

D. 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 $F_{m\acute{a}x}$.

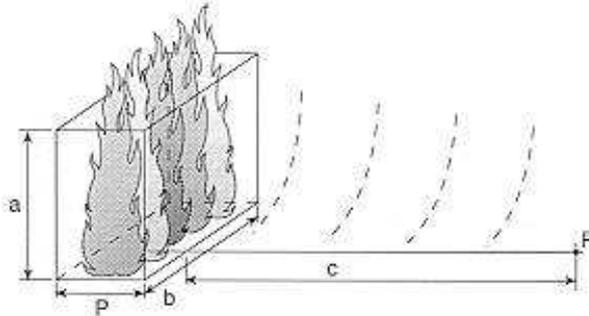


Figura Nº 8.1: Forma de Incendio con frente rectangular

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).

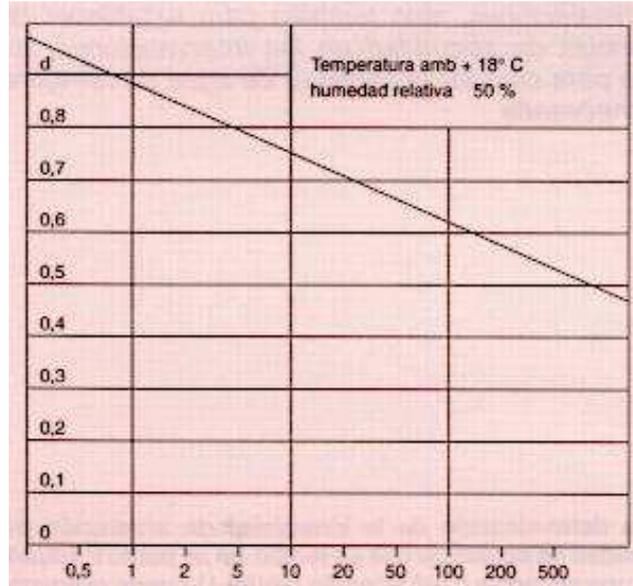


Figura N° 8.2: Coeficiente de Transmisión (d) en Función de la Distancia (c)

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	0,1	0,0732	0,1380	0,1705	0,1998	0,2126	0,2217	0,2279	0,2305
0,2	0,2	0,0263	0,0728	0,1105	0,1549	0,1774	0,1944	0,2063	0,2113
0,3	0,3	0,0127	0,0414	0,0720	0,1182	0,1459	0,1687	0,1855	0,1928
0,4	0,4	0,0073	0,0257	0,0485	0,0899	0,1190	0,1452	0,1660	0,1752
0,5	0,5	0,0047	0,0171	0,0339	0,0687	0,0966	0,1243	0,1478	0,1588
0,6	0,6	0,0032	0,0120	0,0245	0,0530	0,0784	0,1059	0,1312	0,1436
0,7	0,7	0,0023	0,0087	0,0182	0,0414	0,0638	0,0903	0,1162	0,1296
0,8	0,8	0,0017	0,0065	0,0139	0,0327	0,0522	0,0767	0,1028	0,1169
0,9	0,9	0,0013	0,0050	0,0108	0,0261	0,0429	0,0653	0,0908	0,1054
1,0	1,0	0,0010	0,0040	0,0086	0,0211	0,0355	0,0557	0,0803	0,0951
1,2	1,2	0,0007	0,0026	0,0056	0,0142	0,0249	0,0409	0,0629	0,0774
1,5	1,5	0,0004	0,0015	0,0032	0,0084	0,0152	0,0265	0,0440	0,0572
2	2	0,0002	0,0007	0,0015	0,0041	0,0076	0,0139	0,0253	0,0355
3	3	0,0001	0,0002	0,0005	0,0013	0,0026	0,0050	0,0100	0,0154
4	4	—	0,0001	0,0002	0,0006	0,0011	0,0023	0,0047	0,0077
5	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	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	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	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	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	1	0,1767	0,1760	0,1734	0,1674	0,1386	0,1193	0,0902	0,0494	0,0400	0,0203	0,0102	0,0041
0,75	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	0,50	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	0,25	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	0,20	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	0,10	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	0,05	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	0,002	0,0050	0,0050	0,0049	0,0048	0,0041	0,0036	0,0027	0,0015	0,0012	0,0006	0,0003	0,0001

$$F_{\max} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$$

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° 8.10, 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/m² (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.

E. 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	5,95	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

F. 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

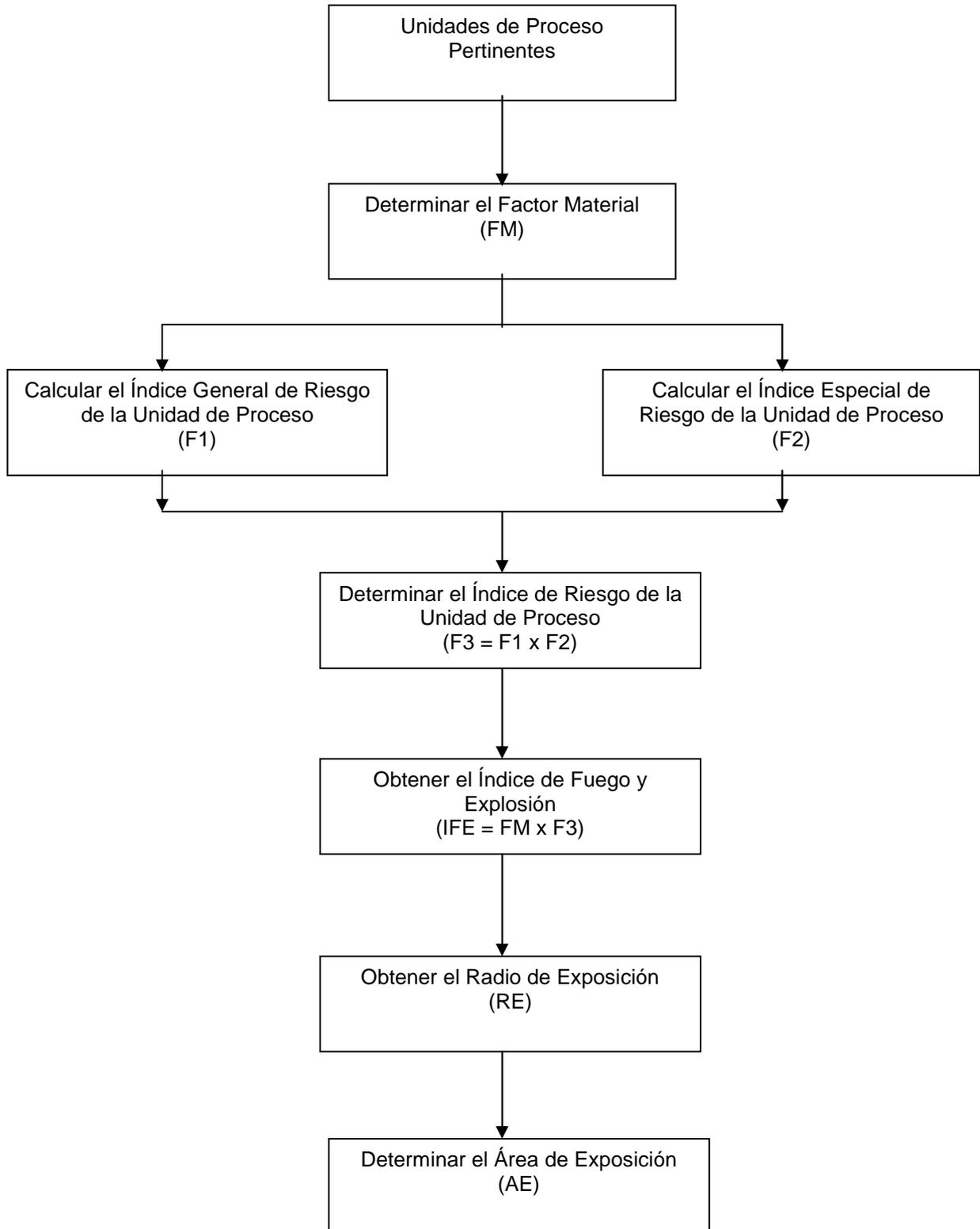
Método desarrollado y perfeccionado por The Dow Chemical Co. Para evaluar el riesgo de forma semicuantitativa para proyectos y para plantas existentes, comparar unidades y plantas entre sí, comprobar procesos antes y después de modificaciones y servir como referencia para promover la seguridad inherente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

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

G. 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 oficinas y de cada etapa del proceso de acuerdo con el siguiente cuadro de interpretación de resultados.

Cuadro N° 9.1
Interpretación de Resultados

Nivel de Deficiencia (ND)	Nivel de Exposición (NE)	Nivel de Probabilidad (NP)	Nivel de Consecuencia o Severidad (NC)	Nivel de Riesgo (NR)	Nivel de Intervención (NI)
> 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 20 a 10: Alta 8 a 6: Moderada 2 a 4: Baja	> 60 a 100: Mortal o catastrófico > 25 a 60: Muy grave >10 a 25: Grave >0 a 10: Leve	600 a 4000: Alto 150-500: Moderado 40 a 120: Bajo 20: Insignificante	I: Urgente II: Planificado III: Debe justificarse IV: No necesario

9.1 Evaluación de los Riesgos y su Clasificación

Instalaciones de oficinas administrativas: Que comprende las siguientes áreas:

- a. Oficina de traducción
- b. Oficina de Sub Gerente General y Gerente de Operaciones
- c. Sala de reuniones
- d. Oficina de administración
- e. Secretaría
- f. Planillas
- g. Recepción
- h. Oficina de subgerencia de operaciones
- i. Oficina de Contador General
- j. Oficina de Asistente de Contador
- k. Oficina Asistente de Contabilidad
- l. Oficina de Gerente de finanzas
- m. Caja tesorería

Proceso de generación eléctrica: El cual 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 N° 9.2 Evaluación de Riesgos

I. Actividades Realizadas en las Oficinas Administrativas

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)	RESULTADOS
Trabajo de administración en oficinas	Estantes sin anclaje	Caía y obstrucción	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado
	Desniveles de piso sin señalización	Caída a diferente nivel	2	3	6	25	150	Moderado	II	
	Tableros eléctricos sin diferencial	Electrocución	2	1	2	25	50	Bajo	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo bajo
	Ventanas de vidrio simple sin laminación	Ruptura de ventana y cortes	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
	Fluorescentes sin precinto de seguridad o pantalla	Caída de fluorescentes y lesiones físicas	2	3	6	25	150	Moderado	III	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo bajo
	Puertas de evacuación cerradas	Evita la correcta evacuación del personal	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
	Tomacorrientes sin conexión a tierra	Corto circuito	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
	Insuficiente señalización de seguridad (evacuación y equipamiento)	Evita la correcta evacuación del personal	6	3	18	25	450	Moderado	II	Probabilidad alta con consecuencias graves. Riesgo moderado.

II. 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)	RESULTADOS
Operación de calderas	Sistema de bombeo no aterrado adecuadamente	Chispa eléctrica e incendio	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
		Choque eléctrico	2	3	6	25	150	Moderado	II	
	Falla de bombas (no bombea)	Derrame de combustible	4	2	8	25	200	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
	Mala conexión a tierra de las calderas	Chispa eléctrica e incendio	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
		Choque eléctrico	2	1	2	25	50	Bajo	III	
	Partes calientes expuestas	Quemaduras	2	3	6	10	60	Bajo	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Riesgo bajo.
	Pérdida de combustible	Incendio (sólo en caso haberse formado mezcla combustible)	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo bajo
	Generación de gases tóxicos	Intoxicación por inhalación	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
Ruido y/o vibración	Lesiones físicas en el oído	6	3	18	25	450	Moderado	II	Probabilidad alta con consecuencias graves. Riesgo moderado.	

Continuación Cuadro N° 9.2

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)	RESULTADOS
Operación de grupo electrógeno	Sistema de bombeo no aterrado adecuadamente	Chispa eléctrica e incendio	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
		Choque eléctrico	2	3	6	25	150	Moderado	II	
	Falla de bombas (no bombea)	Derrame de combustible	4	2	8	25	200	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
	Mala conexión a tierra del grupo electrógeno	Chispa eléctrica e incendio	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
		Choque eléctrico	2	1	2	25	50	Bajo	III	
	Partes calientes expuestas	Quemaduras	2	3	6	10	60	Bajo	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Riesgo bajo.
	Pérdida de combustible	Incendio (sólo en caso haberse formado mezcla combustible)	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo bajo.
	Generación de gases tóxicos	Intoxicación por inhalación	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
Ruido y/o vibración	Lesiones físicas en el oído	6	3	18	25	450	Moderado	II	Probabilidad alta con consecuencias graves. Riesgo moderado.	

Continuación Cuadro N° 9.2

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)	RESULTADOS
Operación de Turbinas	Equipo energizado por mala conexión de puesta a tierra	Chispa eléctrica e incendio	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo
		Choque eléctrico	2	2	4	25	100	Bajo	III	
	Fuga de vapor, combustible, agua caliente o aceite	Derrame de combustible	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo
		Quemaduras	2	3	6	10	60	Bajo	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Riesgo bajo
		Caídas (resbalón), al mismo nivel o a diferente nivel	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo
	Falta de mantenimiento	Cortocircuito, en bobinados de generador, excitatriz y tableros	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo
		Electrocución	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Riesgo bajo.
	Dispositivos de control en mal estado	Falla de equipos	2	3	6	10	60	Bajo	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Riesgo bajo

Continuación Cuadro N° 9.2

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)	RESULTADOS
Operación de Turbinas	Señalización inadecuada	Lesiones físicas graves	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Riesgo bajo
		Daños a la propiedad graves	4	2	8	25	200	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo 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	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado
		Choque eléctrico	2	3	6	25	150	Moderado	II	
	Cableado en mal estado	Corto circuito e incendio	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Riesgo bajo
		Electrocución	4	2	8	25	200	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado
	Tableros con conexiones en mal estado o sin mandil protector	Corto circuito, explosión e incendio	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Riesgo bajo.
		Electrocución	2	1	2	25	50	Bajo	III	

III. Actividades de 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)	RESULTADOS
Mantenimiento eléctrico	Partes energizadas	Choque eléctrico o electrocución	2	4	8	60	480	Moderado	II	Probabilidad alta con consecuencias muy graves. Riesgo moderado.
	Pérdida de aislamiento de equipos o cableado	Chispa eléctrica e incendio	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Revisar bajo.
		Choque eléctrico o electrocución	2	1	2	60	120	Moderado	II	Probabilidad baja con consecuencias muy graves. Riesgo moderado.
	Instalación de equipos eléctricos	Chispa eléctrica e incendio	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
		Choque eléctrico o electrocución	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
	Uso de pinturas o solventes	Incendio (en caso haber fuente de ignición)	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo.
Mantenimiento mecánico (maquinaria principal y auxiliar)	Contacto con partes energizadas	Choque eléctrico o electrocución	2	3	6	60	360	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias muy graves. Riesgo moderado.
	Montaje o desmontaje de equipos o maquinarias	Lesiones físicas	2	3	6	60	360	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias muy graves. Riesgo moderado.
		Choque eléctrico o electrocución	2	1	2	60	120	Moderado	III	Probabilidad baja con consecuencias muy graves. Riesgo moderado.
	Mantenimiento de partes mecánicas en taller	Lesiones físicas	2	3	6	10	60	Bajo	III	Probabilidad moderada con consecuencias leves. Riesgo bajo.
Trabajo en caliente	Incendio (sólo en caso de haber fuente de ignición)	2	1	2	60	120	Moderado	II	Probabilidad baja con consecuencias muy graves. Riesgo moderado.	

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)	RESULTADOS
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	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias muy graves. Riesgo moderado.
	Construcción de ambientes	Lesiones físicas por inhalación de asbesto	2	3	6	60	360	Moderado	II	
		Caídas al mismo nivel	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
		Caídas a diferente nivel	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
		Lesiones físicas en extremidades	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
	Mantenimiento de columnas, paredes y pisos	Lesiones físicas por inhalación de asbesto	2	4	8	25	200	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
		Caídas al mismo nivel	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
		Caídas a diferente nivel	2	3	6	60	360	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias muy graves. Riesgo moderado.
		Lesiones físicas en extremidades	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Revisar bajo.
	Trabajo de pintado	Caídas al mismo nivel	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.
		Caídas a diferente nivel	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado.

IV. 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)	RESULTADOS
Trabajos en oficinas de la C.T.	Pasadizos obstruidos	Caídas al mismo nivel	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves. Riesgo moderado
		No puede evacuar	2	3	6	25	150	Moderado	II	
	Equipos electrónicos en mal estado o mal conectados	Choque eléctrico o electrocución	2	2	4	25	100	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo moderado
Trabajos en almacenes	Mala iluminación	Lesiones físicas	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves en caso producirse. Riesgo bajo
		Caída a mismo nivel	2	1	2	25	50	Bajo	III	
	Productos almacenados inadecuadamente	Caída de materiales almacenados	2	1	2	25	50	Bajo	III	Probabilidad baja con consecuencias graves. Riesgo bajo
	Derrame de combustible	Incendio	6	3	18	100	1800	Alto	I	Probabilidad alta con consecuencias catastróficas. Riesgo alto
Trabajos en laboratorio	Generación de vapores y gases tóxicos	Intoxicación por inhalación	2	3	6	25	150	Moderado	II	Probabilidad moderada con consecuencias graves.. Riesgo moderado
	Manipulación de sustancias corrosivas	Quemaduras	6	3	18	25	450	Moderado	II	Probabilidad alta con consecuencias graves. Riesgo moderado
		Incendio	6	3	18	25	450	Moderado	II	

Cuadro N° 9.3 Resumen de Riesgos y Medidas de Control

III. I. Actividades Realizadas en las Oficinas Administrativas

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE	
					Implementación	Vigilancia
Trabajo de administración en oficinas	Estantes sin anclaje	Caía y obstrucción	Moderado	Anclarse los estantes a la pared con el fin de evitar su caída	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
	Desniveles de piso sin señalización	Caída a diferente nivel	Moderado	Pintar el borde del desnivel de color amarillo con una franja de 10 cm.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
	Tableros eléctricos sin diferencial	Electrocución	Bajo	Colocar el interruptor diferencial o realizar el cambio de tablero a uno con interruptor diferencial	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
	Ventanas de vidrio simple sin laminación	Ruptura de ventana y cortes	Bajo	Laminar las ventanas o cambiarlas a las del tipo de vidrio templado	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
	Fluorescentes sin precinto de seguridad o pantalla	Caída de fluorescentes y lesiones físicas	Moderado	Colocar las pantallas a los fluorescentes o el precinto de seguridad a cada uno de ellos	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
	Puertas de evacuación cerradas	Evita la correcta evacuación del personal	Bajo	Las puertas de evacuación deben permanecer sin llave o en su defecto utilizar barra antipánico para que el personal pueda salir fácilmente pero evitar que otras personas ingresen al local	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
	Tomacorrientes sin conexión a tierra	Corto circuito	Bajo	Todas las tomas de corriente deben estar conectadas a pozo a tierra. El pozo a tierra debe encontrarse en condiciones óptimas de operación.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
	Insuficiente señalización de seguridad (evacuación y equipamiento)	Evita la correcta evacuación del personal	Moderado	Colocar las señales de salida del personal que indique la forma de evacuar, colocar en las puertas que no son de evacuación "NO ES SALIDA DE EVACUACIÓN", colocar en las puertas que se abran hacia dentro "ESTA PUERTA PERMANECERÁ ABIERTA DURANTE LAS HORAS DE TRABAJO", colocar el letrero de "NO FUMAR", señalar el punto de reunión o zona de seguridad, colocar los planos de evacuación y señalización en lugares visibles dentro de las instalaciones (área de recepción, sala de reuniones y pasadizos)	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad

II. Actividades de Operación y Maniobra

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE	
					Implementación	Vigilancia
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	Jefe de seguridad
		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	Jefe de seguridad
	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	Jefe de seguridad
		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	Jefe de seguridad
	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	Jefe de seguridad
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.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	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.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad	

Continuación Cuadro N° 9.2

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE	
					Implementación	Vigilancia
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	Jefe de seguridad
		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	Jefe de seguridad
	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	Jefe de seguridad
		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	Jefe de seguridad
	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	Jefe de seguridad
	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.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	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.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad	

Continuación Cuadro N° 9.2

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE	
					Implementación	Vigilancia
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	Jefe de seguridad
		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	Jefe de seguridad
		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.	Jefes de mantenimiento, responsables de mantenimiento, Jefe de Seguridad y personal en general	Jefe de seguridad
		Caídas (resbalón), al mismo nivel o a diferente nivel	Bajo	Inspección de las áreas. Evitar condiciones subestándar que puedan generar caídas. Mantenimiento de equipos que puedan generar fugas de aceite o combustible.	Todo el personal de planta	Jefe de seguridad
	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	Jefe de seguridad
		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	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
		Daños a la propiedad graves	Moderado			

Continuación Cuadro Nº 9.2

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE	
					Implementación	Vigilancia
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	Jefe de seguridad
		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			

III. Actividades de Mantenimiento

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE	
					Implementación	Vigilancia
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	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	Jefe de seguridad
		Choque eléctrico o electrocución	Moderado			
	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	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 y personal que interviene en el mantenimiento	Jefe de seguridad	
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.	Jefe de mantenimiento eléctrico	Jefe de seguridad
	Montaje o desmontaje de equipos o maquinarias	Lesiones físicas	Moderado	Uso de EPPs adecuados. Evitar actos y condiciones sub estándar	Jefe de mantenimiento y/o responsable de mantenimiento	Jefe de seguridad
		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.	Jefe de mantenimiento eléctrico y/o responsable de mantenimiento	Jefe de seguridad
	Mantenimiento de partes mecánicas en taller	Lesiones físicas	Bajo	Uso de EPPs adecuados. Evitar actos y condiciones sub estándar	Jefe de mantenimiento y/o responsable de mantenimiento	Jefe de seguridad
	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 no menos de 50 m.	Jefe de mantenimiento y/o responsable de mantenimiento	Jefe de seguridad

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE	
					Implementación	Vigilancia
Obras de mantenimiento civil	Cambio de aislamiento térmico en líneas de vapor, combustible o agua	Lesiones físicas por inhalación de asbesto	Moderado	Remoción y/o reemplazo de asbesto de techos, líneas de vapor y otros equipos. El trabajo debe realizarse por personal especializado.	Gerencia de Shougesa y Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo	Gerencia de Shougesa y Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo
		Lesiones físicas por inhalación de asbesto	Moderado			
	Construcción de ambientes	Caídas al mismo nivel	Moderado	Inspección de áreas. Evitar condiciones subestándares que puedan generar lesiones y caídas.	Todo el personal de la central	Jefe de seguridad
		Caídas a diferente nivel	Moderado	Uso de permisos para trabajos en altura (trabajo por encima de 1,8 m.). Evitar condiciones subestándares que puedan generar lesiones y caídas.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
		Lesiones físicas en extremidades	Moderado			Jefe de seguridad
			Lesiones físicas por inhalación de asbesto	Moderado	Colocar señalización para el uso obligatorio de mascarillas en las zonas donde exista la presencia de asbesto. Exigir el uso de este EPP al personal que ingresa a estas áreas.	Comité de seguridad y salud en el trabajo
	Mantenimiento de columnas, paredes y pisos	Caídas al mismo nivel	Moderado	Inspección de áreas. Evitar condiciones subestándares que puedan generar lesiones y caídas.	Todo el personal de la central	Jefe de seguridad
		Caídas a diferente nivel	Moderado	Uso de permisos para trabajos en altura (trabajo por encima de 1,8 m.). Evitar condiciones subestándares que puedan generar lesiones y caídas.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
		Lesiones físicas en extremidades	Bajo			Jefe de seguridad
			Caídas al mismo nivel	Moderado	Inspección de áreas. Evitar condiciones subestándares que puedan generar lesiones y caídas.	Todo el personal de la central
	Trabajo de pintado	Caídas a diferente nivel	Moderado	Uso de permisos para trabajos en altura (trabajo por encima de 1,8 m.). Evitar condiciones subestándares que puedan generar lesiones y caídas.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad

IV. Otras Actividades

ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO (NR)	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE	
					Implementación	Implementación
Trabajos en oficinas de la C.T.	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 la Central Térmica	Jefe de seguridad
		No puede evacuar	Moderado			
	Equipos electrónicos en mal estado o mal conectados	Choque eléctrico o electrocución	Bajo	Todos los equipos electrónicos deben encontrarse en buen estado, los cables de conexión deben contar con el aislamiento adecuado, los tomacorrientes deben encontrarse en buen estado y conectados a tierra	Personal de mantenimiento de la C.T.	Jefe de seguridad
Trabajos en almacenes	Mala iluminación	Lesiones físicas	Bajo	Iluminación adecuada de acuerdo a la actividad a realizar	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
		Caída a mismo nivel	Bajo	Se debe instalar suficiente iluminación en pasadizos y escaleras ubicadas en lugares que no cuentan con iluminación natural. Es importante también tener en cuenta la iluminación de emergencia		
	Productos almacenados inadecuadamente	Caída de materiales almacenados	Bajo	Almacenamiento de productos de manera correcta evitando el mal apilamiento y anclando estantes que al caer podrían producir lesiones u obstrucciones	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
	Derrame de combustible	Incendio	Alto	Evitar el derrame de combustible principalmente de cilindros utilizando el equipamiento adecuado. Mantener en la zona extintor de espuma para los casos de amagos de incendio.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	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). Uso de mascarillas con filtro para gases y vapores. Mejorar la ventilación del área.	Comité de seguridad y salud en el trabajo	Jefe de seguridad
	Manipulación de sustancias corrosivas	Quemaduras	Moderado	Uso de EPP adecuado (guantes, anteojos y mascarilla)	Personal de laboratorio	Jefe de seguridad
		Incendio	Moderado	Todas las instalaciones eléctricas deben encontrarse en buen estado, no debe haber cables expuestos, tableros en mal estado, interruptores sin puesta a tierra. El área deben contar con un extintor de 6 a 10 Lb. de CO ₂	Comité de seguridad y salud en el trabajo	

9.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS GENERALES MEDIANTE USO DE LISTAS DE VERIFICACIÓN

En el presente capítulo se ha desarrollado la evaluación de riesgos generales de las instalaciones de oficinas administrativas (San Juan) y de la Central Térmica de San Nicolás, mediante el uso de listas de verificación.

9.2.1 Oficinas Administrativas de San Juan

A. Techos:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Presentan rajaduras o daño estructural		X	100
Se puede observar la malla estructural		X	100
Son de material combustible y tienen retardante de fuego		X	100

B. Puertas:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Las puertas de vidrio transparente se encuentran laminadas o son de vidrio templado		X	0
Las perillas de las puertas se encuentran en buen estado	X		100
Las puertas no presentan rajaduras, fisuras, salientes u otros elementos que indiquen deterioro y que pueda causar daño	X		100

C. Ventanas:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Las ventanas que se encuentran en la ruta de evacuación o dan hacia lugares de trabajo, cuya ruptura puede provocar daño físico a las personas, son de vidrio templado o se encuentran laminadas		X	0
Permiten el paso de luz suficiente	X		100
El vidrio se encuentra debidamente sujeto a la ventana	X		100
Presentan rajaduras, fisuras o ruptura de cualquier tipo		X	100
Se encuentran obstruidas por elementos que pueden provocar su ruptura por ejemplo en caso de un sismo		X	100

D. Pisos:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Presentan desniveles, grietas o fisuras		X	100
Son resbaladizos o existe elemento que pueda generar resbalones (ejm. Mancha de aceite)		X	100
Se encuentran limpios y secos	X		100
Son de material combustible (ejm. Madera)		X	100

E. Paredes:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Se encuentran debidamente construidas	X		50% (Se ha observado daños en algunas paredes que podría ser estructural)

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Presentan rajaduras, fisuras o deterioro que puede provocar su ruptura o colapso		X	50% (Se ha observado daños en algunas paredes que podría ser estructural)
Presentan salientes o elementos que puedan generar daño		X	100

F. Columnas:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Son identificadas claramente	X		100
Presentan rajaduras, fisuras o deterioro que puede provocar su ruptura o colapso		X	100
Presentan salientes o elementos que puedan generar daño		X	100

G. Elementos (muebles, equipos electrónicos, fluorescentes):

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Los estantes se encuentran fijados a la pared		X	0
Los fluorescentes poseen pantalla o precintos de seguridad		X	0
Los artefactos eléctricos se encuentran debidamente fijados al piso o pared o la instalación realizada no permiten que caigan		X	70
Existen elementos sobre estantes que podrían caer y ocasionar lesiones	X		50

H. Extintores:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Se encuentran identificados y presentan la señalización correspondiente	X		100
Corresponden al tipo de fuego en su área de uso	X		100
Se halla vencido		X	100
Presenta dificultad para acceder a su uso (se encuentra obstaculizado o mal ubicado)		X	100
El manómetro indica que mantiene la presión correcta	X		100
Se encuentra ubicado a una altura adecuada (normalmente 1.2 m. contados desde la base del suelo a la parte superior del extintor)	X		100
Presenta corrosión o deterioro en el cuerpo o manguera		X	100

I. Tableros eléctricos:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Sus llaves son termo magnéticas	X		100
Poseen diferencial		X	0
Poseen mandil protector	X		100
Se encuentra pintados y señalizados correctamente			100
Se encuentran a más de 2 m. de cualquier fuente de agua que pueda producir salpicaduras	X		100

J. Pozos a tierra:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Se encuentran sulfatados o corroídos		X	100
Tienen protocolo de pruebas menor a 8 meses de antigüedad		X	100

K. Señalización:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Existe la señalización correcta de evacuación en las instalaciones.		X	0
Existe la señalización de prohibición en los lugares de trabajo de acuerdo con los riesgos identificados (pictogramas y/o carteles). Ejem. Prohibido hacer fuego, prohibido fumar etc		X	0
Existe la señalización de equipos de seguridad como extintores, mangueras contra incendio, zonas seguras, puntos de reunión, etc		X	0
El personal puede observar las señales claramente		X	0
Las señales cumplen con las condiciones exigidas por la NTP 399.010-1 en cuanto a tamaño, color, y pictograma.		X	0
Las planos de señalización de seguridad se encuentran publicados dentro de las instalaciones en puntos estratégicos		X	0

L. Rutas de evacuación:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Las rutas de evacuación del personal se encuentran libres de obstáculos	X		100
Las rutas de evacuación presentan salientes, grietas u otro desnivel que podrían hacer perder el equilibrio al personal que evacua	X		90
Todas la puertas que corresponden a la evacuación de personal se abren hacia fuera		X	15
Las puertas que corresponden a la evacuación de personal que no se abren hacia fuera están señalizadas con el cartel "ESTA PUERTA PERMANECERÁ ABIERTA DURANTE LAS HORAS DE TRABAJO"		X	0

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Las puertas de los servicios higiénicos y otras que permanecen cerradas sin llave se pueden abrir fácilmente	X		100
El brazo mecánico de las puertas en la ruta de evacuación permite la fácil apertura	X		100
Los pasadizos y puertas que no corresponden a la ruta de evacuación son señalados con carteles como "NO ES VIA DE EVACUACIÓN" u otro similar		X	0
Las planos de rutas de evacuación se encuentran publicadas dentro de las instalaciones en puntos estratégicos		X	0

Los resultados señalan que las oficinas administrativas cumplen con un 71% de todas las medidas de seguridad que deben vigilarse. Las principales deficiencias se observan en el tema de señalización.

9.2.2 Central Térmica

A. Techos:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Presentan rajaduras o daño estructural	X		50
Se puede observar la malla estructural	X		50
Son de material combustible y tienen retardante de fuego	X		0
Son de estructura metálica y presentan corrosión	X		40

Nota: Algunas partes de los techos presentan desprendimientos de concreto, por lo cual se han colocado planchas de triplay para su contención, el triplay es considerado material combustible lo cual incrementa el nivel de riesgo de incendio de la central térmica. En tal sentido, se sugiere que las planchas de triplay serán recubiertas con retardante de fuego como lo exige el RNE.

B. Puertas:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Las puertas de vidrio transparente se encuentran laminadas o son de vidrio templado		X	0
Las perillas de las puertas se encuentran en buen estado	X		100
Las puertas no presentan rajaduras, fisuras, salientes u otros elementos que indiquen deterioro y que pueda causar daño	X		100

C. Escaleras fijas:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Los peldaños de las escaleras permiten el descanso total del pie	X		100
Presentan peldaños dañados		X	100
Las escaleras mayores a 90 cm. de ancho presentan barandas a ambos lados	X		100
Poseen elementos que evitan resbalar	X		100
Se encuentran libres de obstáculos	X		100
Poseen descansos antes de girar	X		100
Existe suficiente iluminación	X		80

D. Ventanas:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Las ventanas que se encuentran en la ruta de evacuación o dan hacia lugares de trabajo, cuya ruptura puede provocar daño físico a las personas, son de vidrio templado o se encuentran laminadas		X	0
Permiten el paso de luz suficiente	X		100

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Las ventanas que se encuentran en la ruta de evacuación o dan hacia lugares de trabajo, cuya ruptura puede provocar daño físico a las personas, son de vidrio templado o se encuentran laminadas		X	0
Permiten el paso de luz suficiente	X		100

E. Pisos:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Presentan desniveles, grietas o fisuras		X	80
Son resbaladizos o existe elemento que pueda generar resbalones (ejm. Mancha de aceite)		X	100
Se encuentran limpios y secos	X		100
Son de material combustible (ejem. Madera)		X	100

F. Paredes:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Se encuentran debidamente construidas	X		100
Presentan rajaduras, fisuras o deterioro que puede provocar su ruptura o colapso		X	100
Presentan salientes o elementos que puedan generar daño		X	100

G. Columnas:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Son identificadas claramente	X		100
Presentan rajaduras, fisuras o deterioro que puede provocar su ruptura o colapso		X	100
Presentan salientes o elementos que puedan generar daño		X	100

H. Elementos (muebles, equipos electrónicos, fluorescentes):

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Los estantes se encuentran fijados a la pared		X	0
Los fluorescentes poseen pantalla o precintos de seguridad		X	0
Los artefactos eléctricos se encuentran debidamente fijados al piso o pared o la instalación realizada no permiten que caigan		X	90
Existen elementos sobre estantes que podrían caer y ocasionar lesiones	X		50

I. Extintores:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Se encuentran identificados y presentan la señalización correspondiente	X		100
Corresponden al tipo de fuego en su área de uso	X		100
Se halla vencido		X	100
Presenta dificultad para acceder a su uso (se encuentra obstaculizado o mal ubicado)		X	100
El manómetro indica que mantiene la presión correcta	X		100
Se encuentra ubicado a una altura adecuada (normalmente 1.2 m. contados desde la base del suelo a la parte superior del extintor)	X		100
Presenta corrosión o deterioro en el cuerpo o manguera		X	100

J. Red Contra Incendio:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
El tanque de agua o cisterna contra incendio es exclusivo para la red de agua contra incendio		X	0
El sistema de bombeo es adecuado (se encuentra listado, probado y operativo)		X	0
Poseen gabinetes contra incendio debidamente identificados y señalizados		X	30
Poseen espuma contra incendio para el tipo de combustible que utilizan		X	0
La red de agua contra incendio presenta deterioro o daño estructural		X	30
La red de agua contra incendio se encuentra aterrada (bombas, tuberías, tanque o cisterna)		X	0
Poseen los protocolos de pruebas del sistema		X	0

K. Tableros eléctricos:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Sus llaves son termo magnéticas	X		100
Poseen diferencial	X		100
Poseen mandil protector	X		100
Se encuentra pintados y señalizados correctamente	X		100
Se encuentran a más de 2 m. de cualquier fuente de agua que pueda producir salpicaduras	X		100

L. Puesta a tierra:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Se encuentra sulfatada o corroídos	X		50
Tienen protocolo de pruebas menor a 8 meses de antigüedad	X		50 (Los protocolos de puesta a tierra no se encuentran firmados y sellados por ingeniero electricista colegiado y habilitado)

M. Señalización:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Existe la señalización correcta de evacuación en las instalaciones.	X		100
Existe la señalización de prohibición en los lugares de trabajo de acuerdo con los riesgos identificados (pictogramas y/o carteles). Ejem. Prohibido hacer fuego, prohibido fumar etc	X		100
Existe la señalización de equipos de seguridad como extintores, mangueras contra incendio, zonas seguras, puntos de reunión, etc	X		100
El personal puede observar las señales claramente	X		100
Las señales cumplen con las condiciones exigidas por la NTP 399.010-1 en cuanto a tamaño, color, y pictograma.	X		100
Las planos de señalización de seguridad se encuentran publicados dentro de las instalaciones en puntos estratégicos		X	0

N. Rutas de evacuación:

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Las rutas de evacuación del personal se encuentran libres de obstáculos	X		100
Las rutas de evacuación presentan salientes, grietas u otro desnivel que podrían hacer perder el equilibrio al personal que evacua	X		90
Todas la puertas que corresponden a la evacuación de personal se abren hacia fuera		X	50
Las puertas que corresponden a la evacuación de personal que no se abren hacia fuera están señalizadas con el cartel "ESTA PUERTA PERMANECERÁ ABIERTA DURANTE LAS HORAS DE TRABAJO"		X	0

Observación	SI	NO	Cumple con cierta deficiencia (señalar porcentaje de cumplimiento)
Las puertas de los servicios higiénicos y otras que permanecen cerradas sin llave se pueden abrir fácilmente	X		100
El brazo mecánico de las puertas en la ruta de evacuación permite la fácil apertura	X		100
Los pasadizos y puertas que no corresponden a la ruta de evacuación son señalados con carteles como "NO ES VIA DE EVACUACIÓN" u otro similar		X	0
Las planos de rutas de evacuación se encuentran publicadas dentro de las instalaciones en puntos estratégicos		X	0

Los resultados señalan que las oficinas administrativas cumplen con un 64% de todas las medidas de seguridad que deben vigilarse. Las principales deficiencias se observan en el tema de señalización.

9.3 Cálculo del Tiempo de Evacuación del Personal

A. Oficinas Administrativas de San Juan

No se ha contado con los planos de evacuación de estas instalaciones pero se ha medido un tiempo de evacuación hacia el área de reunión o zona de seguridad de 0,8 minutos teniendo en cuenta el punto más alejado, siempre y cuando las vías y puertas de evacuación se encuentren libres y sin llave.

B. Instalaciones de la Central Térmica San Nicolás

No se ha contado con los planos de evacuación de estas instalaciones pero se ha medido el tiempo de evacuación hacia el área de reunión o zona de seguridad desde los puntos más alejados de la central obteniéndose los siguientes resultados

- Ruta 1- Desde el taller mecánico hacia la zona de reunión: 1 minuto y 40 seg.
- Ruta 2- Desde el techo de calderas hacia la zona de reunión: 1 minuto y 30 seg.
- Ruta 3- Desde REP hacia la zona de reunión: 1 minuto y 25 seg.

- Ruta 4- Desde la sala de reunión hacia la zona de reunión: 1 minuto y 20 seg.

Estos tiempos son teniendo en cuenta que las vías y puertas de evacuación se encuentren libres y sin llave.

9.4 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 B5, 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 B5.

I. Incendio en Tanque de Diesel

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 B5 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:

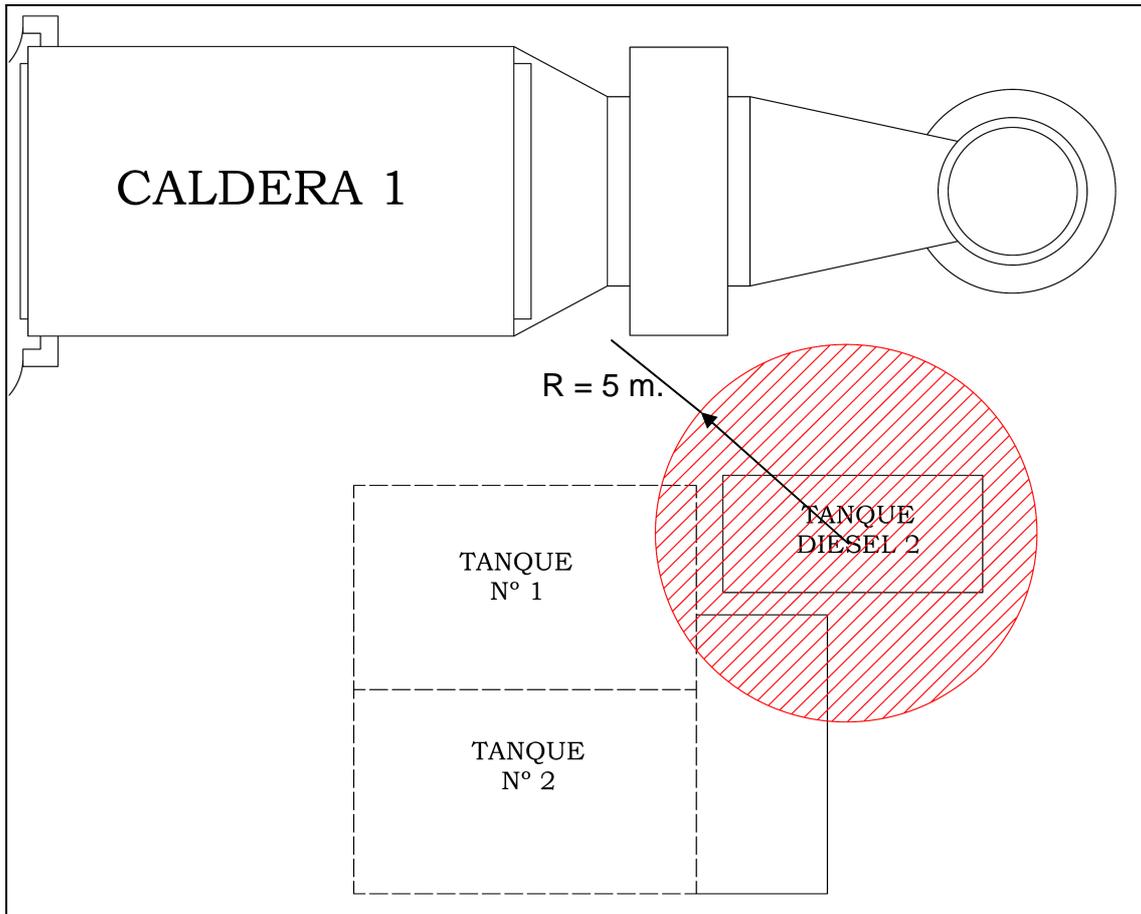
De acuerdo con los resultados de los cálculos realizados, un incendio en el área del tanque en el cual no se produzca BLEVE, no generaría daños personales o materiales por irradiación más allá de los 5 m. de distancia. El siguiente cuadro presenta los resultados obtenidos teniendo en cuenta que una persona puede resistir hasta $6,5 \text{ kW/m}^2$ 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:

- No habrá Blevé.
- No habrá Boilover en el tanque.
- No habrá explosión del tanque.
- 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.

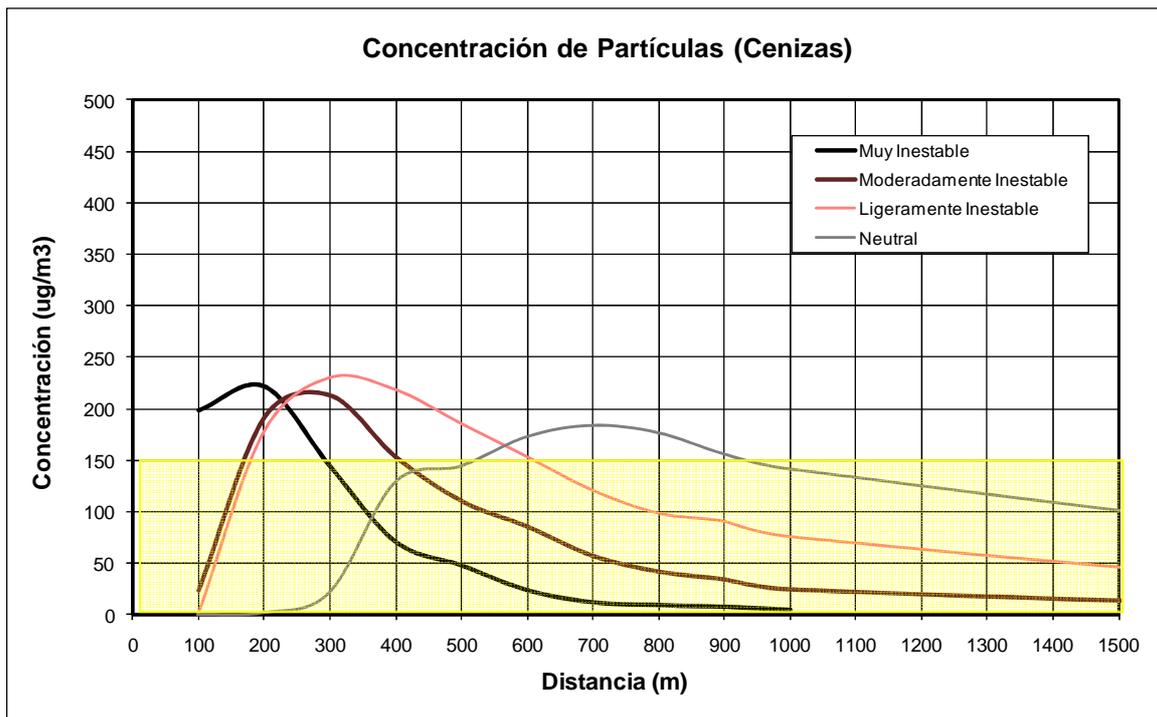
De acuerdo a cálculos basados en fórmulas de la literatura, el caudal de evaporación del combustible Diesel B5 sería de 2,45 kg/s. El Diesel B5 tiene

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 con altas concentraciones de contaminantes que puedan significar un daño a su salud.

Figura N° 9.3

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



9.5 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 boil over. Esto sucede cuando el PBO es mayor de 0,6.

Para el caso del petróleo Diesel B5, 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.

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.

9.6 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.

9.7 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 B5.

Tanque de Diesel B5

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	<u>1,70</u>

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	<u>1,40</u>

Factor del riesgo (F3):

$$F3 = F1 \times F2$$

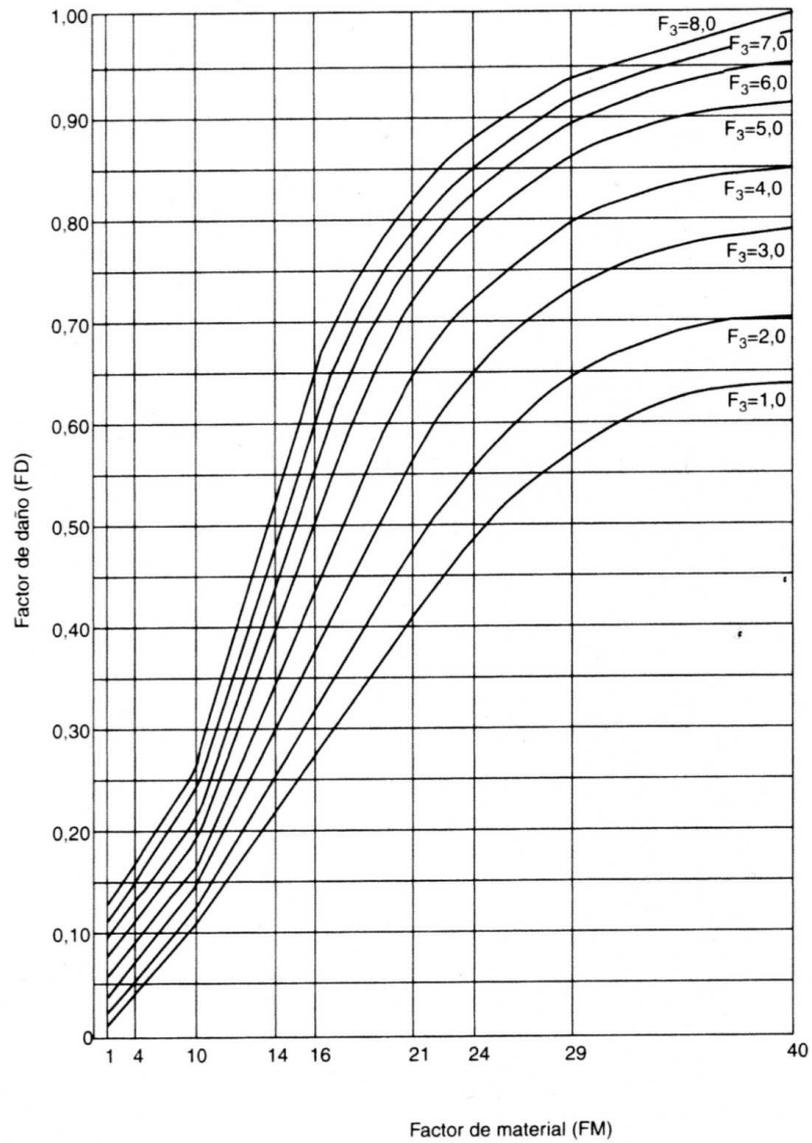
$$F3 = 1,70 \times 1,40$$

F3 = 2,38

Factor de daño (FD):

Con el resultado del Factor de Riesgo (F3), 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**.

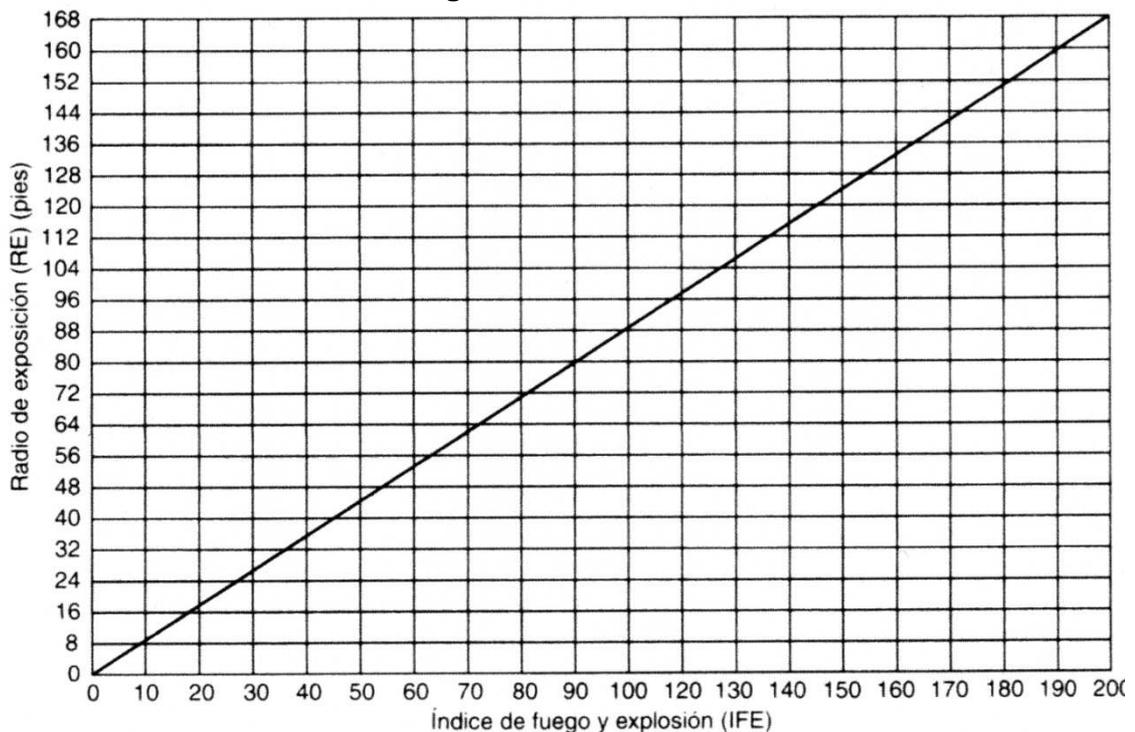
Índice de Fuego y Exposición (IFE)

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

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

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.

9.8 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.

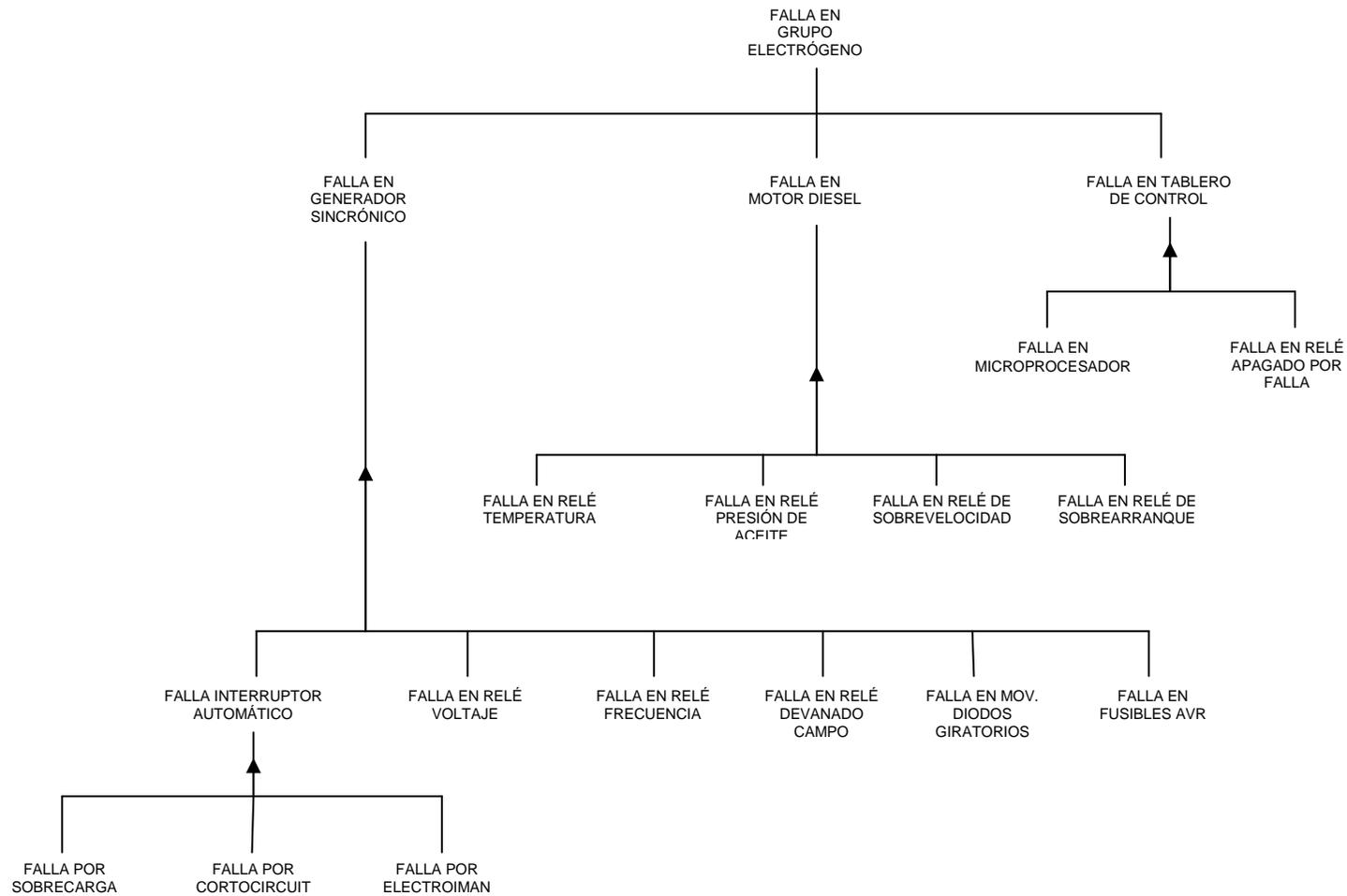
Los transformadores explotan porque no están protegidos contra el rápido incremento de la presión estática. Aunque todo tanque del transformador está equipado con una Válvula de Alivio de Presión, esta no resulta efectiva durante un corto circuito. El gradiente de presión posterior a un corto circuito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

9.9 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. N° 9.6: Árbol de Fallas de los Grupos Electrógénos



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.

9.10 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

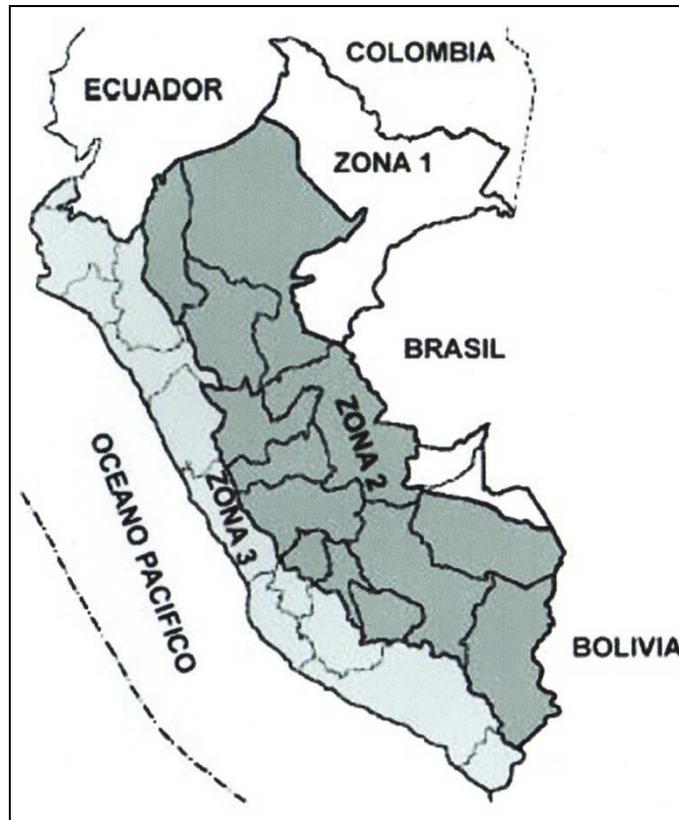
9.11 RIESGO DE DESASTRES NATURALES Y CLIMATOLÓGICOS

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

- a. **Riesgos de sismos:** Tanto las oficinas de San Juan de Marcona como la Central Térmica de San Nicolás se encuentra en la Zona 3 de Clasificación Sísmica en el Perú; 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 y la realización de simulacros de evacuación.
- b. **Riesgo de maremoto:** Debido a la ubicación de la C.T. 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 deberá establecerse un plan de simulacros de emergencia de evacuación en caso de maremotos (como mínimo 02 veces al año).
- 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 deberá establecerse un plan de simulacros de emergencia para este tipo de eventos (como mínimo 02 veces al año).

Figura N° 9.10

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”.

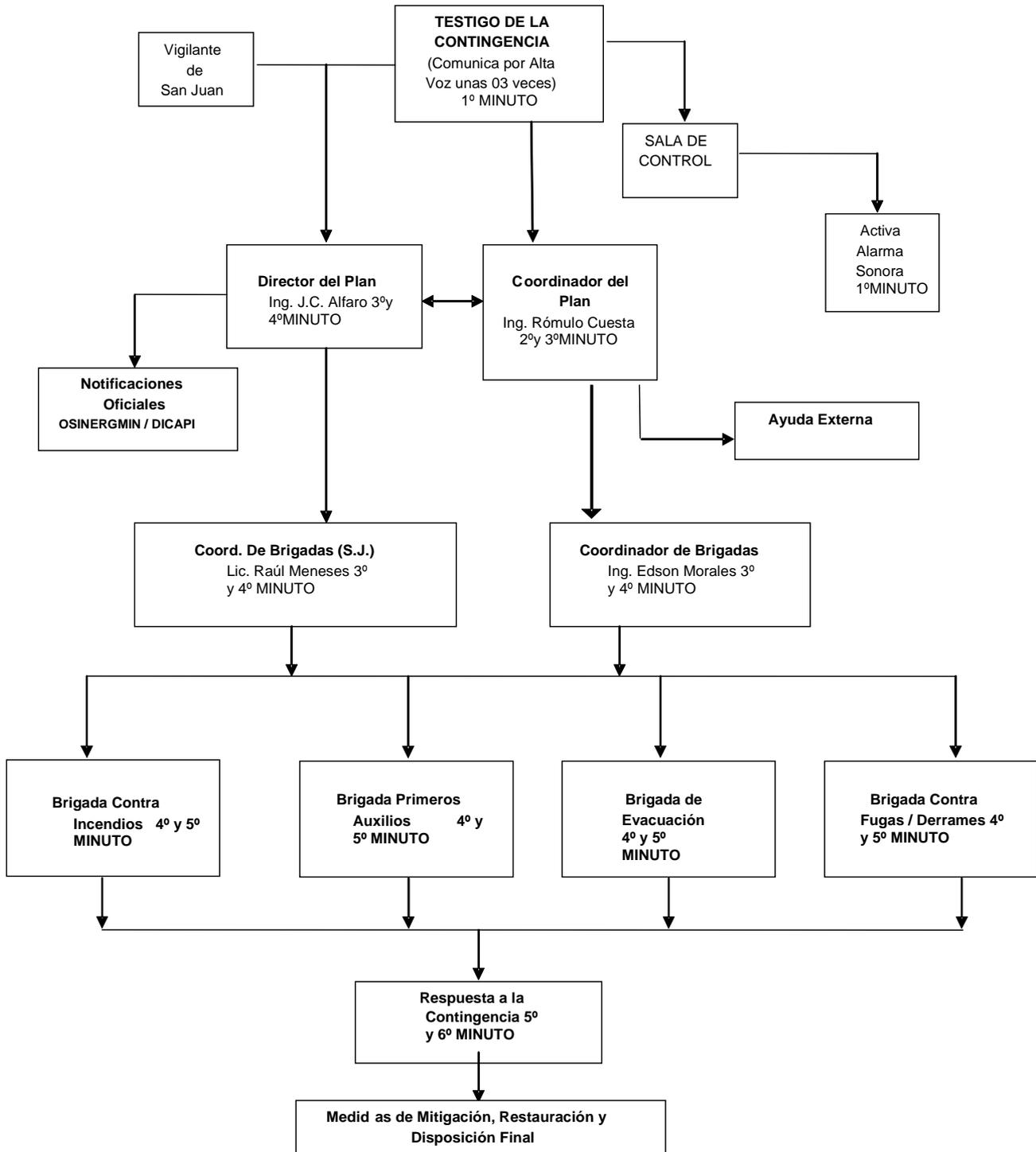
Cuadro N° 9.6

Clasificación de la Precipitación Según la Intensidad

Clase	Intensidad Media en una Hora (mm/h)
Débiles	≤ 2
Moderadas	> 2 y ≤ 15
Fuertes	> 15 y ≤ 30
Muy Fuertes	>30 y ≤ 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. Fernando Cuesta, Jefe de Operación (Coordinador de Brigadas)
Teléfonos: 3405 / RES-2377 (domicilio G-36), Cel: 965-395384
 - Ing. Mario Gomez, Supervisor Mecánico (Sub Coordinador de Brigadas)
Teléfonos: 3405 / P-215 N°3 Cel.: 956747535
 - Lic. Raúl Meneses, Administrador (Coordinador de Brigadas San Juan)
Teléfonos: 2657 / 956-725325 / RES-2548 (domicilio G-31)
 - Ing. Cristina Licas. Ing Seguridad y Medio Ambiente
Teléfonos: 3311 / 965-395383 / (Hotel de empleados)
 - 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 (Jefatura) 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

La C.T. no cuenta con una red de agua contra incendios de acuerdo con el nivel de riesgo de sus instalaciones ni cumple las normas de diseño (normas NFPA) exigidas en el D.S. N° 052-93-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.

El tanque que utilizan para suministrar agua a tres mangueras en caso de incendio tiene una capacidad de 34 200 galones y no es exclusivo para este tipo de contingencias (9 m³). Este tanque está conectado a una bomba centrífuga de 30 Hp con un flujo nominal de 300 gal/min, la cual no es una bomba sugerida por la NFPA (listada UL/FM)

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 m²

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.

Como se ha descrito anteriormente, 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

En el área del grupo electrógeno, donde los derrames de aceite se producen al piso no se cuenta con material adsorbente para la limpieza del piso. El material que se utilice como adsorbente debe disponerse luego como peligroso por su grado de combustibilidad.



Foto 11.2: Grupo Electrónico

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 sin Malla Protectora

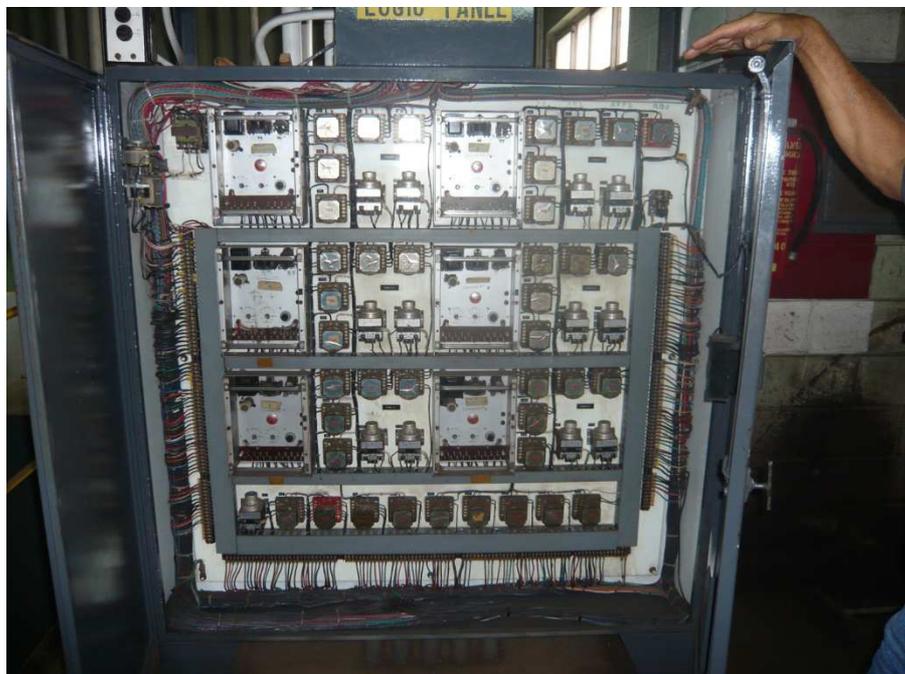


Foto 11.5 A: Tablero Eléctrico sin Protección



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 estructuras corroídas que pueden generar este tipo de lesiones (Fotos 11.6 11.7), también estructuras calientes que han perdido el aislamiento de material de asbesto (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. Asimismo el laboratorio debe contar con materiales para casos de derrames como por ejemplo cilindros de arena con cal.

Durante la inspección se ha observado en muchas áreas que la estructura del techo de concreto, ha colapsado y ha sido reemplazado con planchas de madera incrementando el riesgo de incendio en dichas áreas. Asimismo las planchas de madera no tiene igual comportamiento en estructura y resistencia que un techo de concreto (Foto 11.11).

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 en la zona de estacionamiento de los vehículos, 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 el cable de puesta a tierra del sistema de fuerza se encuentra corroído y sulfatado (Foto 11.15). La tubería de bombeo de agua también presenta corrosión (Foto 11.16).



Foto 11.6: Baranda de protección corroída por el ambiente



Foto 11.7: Escaleras corroídas y deterioradas



Foto 11.8: Desorden en el Almacenamiento de Materiales



Foto 11.9: Tubería Caliente Expuesta



Foto 11.10: Ventanas sin Laminar



Foto 11.11: Planchas de Triplay para evitar el desprendimiento de concreto



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: Cable de puesta a tierra para Sistema de Fuerza (sulfatado y corroído)



Foto 11.16: La tubería de bombeo presenta corrosión

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: Práctica 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. Se ha observado que las estructuras metálicas, equipos eléctricos y equipos mecánicos se encuentra aterrados generalmente de manera adecuada: sin embargo para el caso del cable de puesta a tierra del sistema de fuerza se ha encontrado corroído y sulfatado. Es necesario revisar dicho cable y brindarle el mantenimiento que necesita.
5. El diagrama unifilar alcanzado ha sido revisado y se encuentra adecuadamente dimensionado para los equipos usuarios.
6. 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.
7. 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.
 8. 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.
 9. 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 adecuadamente equipadas, para la zona de almacenamiento de combustible.

10. La planta debe contar con su protocolo de pruebas de pozos a tierra actualizado, firmados por ingeniero electricista colegiado y habilitado. El protocolo tiene una vigencia de 8 meses y consiste en certificar la medición de la resistividad, la cual debe ser menor o igual a 25 ohmios.

11. 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.

12. 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).

13. En el caso de las oficinas administrativas se deben señalar:

- a. Vías de evacuación, indicando las rutas de salida
- b. Zonas seguras o de reunión en caso de evacuación.
- c. Lugares donde se encuentren los extintores
- d. Riesgo eléctrico (tableros)
- e. Pozos a tierra
- f. Señales de prohibición: "NO FUMAR" dentro de las instalaciones de las oficinas.

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

15. Actualmente la empresa no cuenta con planos de arquitectura, evacuación y señalización de acuerdo con lo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

16. 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

17. 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.

18. Los niveles de riesgo encontrados en las oficinas administrativas de la C.T. son:

- a. Riesgos físicos (lesiones): Bajo.
- b. Riesgos de incendio: Bajo.
- c. Riesgos a desastres naturales (sismos): Moderado, debido a la ubicación geográfica de las oficinas

19. Los niveles de riesgo encontrados en la C.T. son:

- a. Riesgos físicos (lesiones): Moderado, especialmente por el desprendimiento de concreto de los techos, la generación de ruido en las zonas de trabajo y la manipulación de equipos eléctricos o mecánicos.
- b. Riesgos de incendio: Moderado a alto, principalmente por el almacenamiento de combustible y la colocación de planchas de triplay en el área de generadores.

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 riesgos más importantes relacionados con las actividades realizadas en las oficinas administrativas de la C.T., ubicadas en San Juan de Marcona son:
 - Lesiones físicas; principalmente por la disposición de materiales (estantes no anclados, fluorescentes sin precinto de seguridad o pantalla, ventanas de vidrio o puertas de vidrio sin laminar y vías de evacuación obstruidas o cerradas).
 - Riesgo eléctrico; relacionado principalmente con electrocución y corto circuito.

2. Los principales riesgos se encuentran relacionados con las actividades de operación y maniobra de la Central Termoeléctrica San Nicolás. Estos son:
 - Riesgo eléctrico; como electrocución y corto circuito
 - Incendio; principalmente producido por chispa eléctrica
 - Derrame de combustible, especialmente en las áreas de manipulación
 - Quemaduras por contacto con superficies calientes
 - Lesiones de oído por ruido; especialmente en el área de generadores, pero también en el taller
 - Lesiones físicas (diversas), principalmente por los trabajos de mantenimiento y por el deterioro de la estructura de las instalaciones.

3. El riesgo de incendio y de lesiones físicas se ha incrementado debido a que actualmente las estructuras de los techos de la central se encuentran desprendiéndose lo cual puede provocar una lesión mayor o fatal en el personal. Para evitar el desprendimiento del concreto del techo se vienen colocando planchas de triplay; sin embargo estas al ser de madera (un material combustible), incrementan el riesgo de incendio dentro de las instalaciones.

4. De acuerdo a los protocolos de pruebas de los pozos a tierra y de lo inspeccionado, se ha observado que las estructuras metálicas, equipos eléctricos y equipos mecánicos se encuentra conectados a tierra adecuadamente.

5. El diagrama unifilar alcanzado ha sido revisado y se encuentra adecuadamente dimensionado para los equipos usuarios.

6. Los cableados se realizaron a través de tubos, ductos y bandejas correctamente.

7. 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.
8. La posibilidad de BOILOVER en los tanques de almacenamiento de combustible es probable.
9. La señalización de tuberías en la C.T. aun no cumple totalmente con lo indicado en la NTP 399.012 referente al color que deben haber sido pintadas.
10. 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.
11. Los niveles de riesgo encontrados en las oficinas administrativas de la C.T. son:
 - a. Riesgos físicos (lesiones): Bajo.
 - b. Riesgos de incendio: Bajo.
 - c. Riesgos a desastres naturales (sismos): Moderado, debido a la ubicación geográfica de las oficinas
12. Los niveles de riesgo encontrados en la C.T. son:
 - a. Riesgos físicos (lesiones): Moderado, especialmente por el desprendimiento de concreto de los techos, la generación de ruido en las zonas de trabajo y la manipulación de equipos eléctricos o mecánicos.
 - b. Riesgos de incendio: Moderado a alto, principalmente por el almacenamiento de combustible y la colocación de planchas de triplay en el área de generadores.
 - c. Riesgos de explosión: Bajo
 - d. Riesgos a desastres naturales (sismos): Moderado, debido a la ubicación geográfica de la planta.

13.0 RECOMENDACIONES

1. Elaborar o actualizar los planos de arquitectura tanto de oficinas como de la central térmica. Los planos deben considerar el amoblado, ubicación de equipos, ubicación de materiales etc., deben ser firmados por arquitecto colegiado y habilitado.
2. Elaborar o actualizar los planos de evacuación y señalización de seguridad tanto de las oficinas como de la central térmica en base a los planos de arquitectura.
3. Los planos de evacuación y señalización de seguridad deben colocarse en lugares visibles dentro y fuera de la central para que el personal conozca la manera de salir hacia las zonas seguras o puntos de reunión en caso de una emergencia.
4. En las oficinas administrativas y de la central térmica deben asegurarse los estantes fijándolos a paredes para evitar sus caídas y lesiones en el personal u obstrucciones de vías de evacuación.
5. En los almacenes de la C.T., los estantes deben fijarse al suelo y/o a las paredes del recinto para evitar sus caídas y obstrucción de las salidas.
6. Emplear equipos para evitar derrames de lubricantes, especialmente en el área del grupo auxiliar. Las siguientes figuras presentan ejemplos de estos equipos:



Asimismo se debe contar con material adsorbente para la limpieza de posibles derrames y contenedores adecuados para su disposición como material peligroso de acuerdo con su plan de manejo de residuos.

7. 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:
 - Contar con orden o permiso escrito de trabajo seguro, 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.
 - Todo el personal debe utilizar su equipo de protección personal adecuado a los riesgos del área donde realizan sus labores y a su actividad.
 - 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.
8. Para el caso de obras dentro de la planta todo contratista debe tener su propio asesor de seguridad (prevencionista) en el área de trabajo.
9. En el caso de las oficinas administrativas se deben señalar:
 - a. Vías de evacuación, indicando las rutas de salida
 - b. Zonas seguras o de reunión en caso de evacuación.
 - c. Lugares donde se encuentren los extintores
 - d. Riesgo eléctrico (tableros)
 - e. Pozos a tierra
 - f. Señales de prohibición: "NO FUMAR" dentro de las instalaciones de las oficinas.
10. 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.

11. 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.

12. 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).

13. 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

14. Cambiar la señalización de combustible Diesel 2 a Diesel B5, que es el utilizado actualmente.

15. 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

ANEXO N° 1

DIGRAMAS DE LA CENTRAL TERMICA

ANEXO N° 2
HOJAS DE SEGURIDAD (MSDS)