

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.

I.1. BASES DE DISEÑO.

Antecedentes del proyecto.

La Estación de Compresión de Gas Cempoala fue diseñada con el objetivo de recomprimir el flujo de gas natural del gasoducto de 48", proveniente del sur (Chinameca) hacia el gasoducto de 48" San Fernando en la zona norte y posteriormente hacia el centro del país, a través del gasoducto de 48" Cempoala-Santa Ana para satisfacer la demanda. Normalmente la estación operara con una unidad comprimiendo y la otra de relevo; en función de la demanda de gas natural, la unidad opera a distintas condiciones de carga.

La Estación de Compresión de Gas Cempoala se encuentra construida en una superficie de 8 hectáreas, totalmente bardeada en su perímetro. En la parte frontal junto al acceso principal cuenta con una caseta vigilancia, además de un edificio para la partida militar del Ejército Mexicano, de acuerdo con la clasificación de una instalación estratégica determinada por el Gobierno Federal. De igual manera cerca al acceso principal de la estación se encuentra un edificio con la subestación eléctrica, que cumple con lo establecido para la NOM-001-SEDE-2012.

La estación cuenta con vialidades para tránsito de vehículos ligeros y pesados, hacia las áreas de tuberías en las trampas de diablos, sistemas de medición de gas, cabezales de succión y descarga de estación. Existe un área destinada para recibir helicópteros en caso de visitas o durante alguna emergencia. Cuenta también con un área con Hasta Bandera, que sirve para ceremonias.

Los equipos principales del proceso o turbocompresores se encuentran dentro de las casas de máquinas, que son edificios totalmente metálicos de acuerdo al diseño original de la empresa Kvaerner.

La estación de compresión perteneció a Pemex Gas y Petroquímica Básica, fue operada y mantenida por el personal manual y técnico de la Superintendencia General de Ductos Sector Veracruz, con oficinas en Paso del Toro, municipio de Medellín en el estado de Veracruz, sin embargo, actualmente esta estación está siendo administrada por CENAGAS.

Objetivo del proyecto:

Construir infraestructura de equipo de proceso y servicios auxiliares para realizar la modernización de los sistemas de medición, sistemas antisurge, compresores centrífugos y sistemas de control de la Estación de Compresión de Gas Cempoala.

El alcance del presente proyecto incluye el desarrollo de la Ingeniería Básica y de Detalle, el Diseño, Suministro, Procura, Construcción, Instalación, pruebas pre operacionales y arranque de los equipos de proceso y sistemas auxiliares requeridos para modernización de la estación, asegurando su operación segura y eficiente.

A continuación, se enlistan los equipos y sistemas de proceso involucrados en la modernización de la estación:

- Compresores de proceso existentes. Se realizará una reconfiguración de los mismos para adaptarlos a las nuevas condiciones de proceso.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

- Sistema antisurge existente. Se realizará el suministro de dos nuevas válvulas antisurge para los compresores existentes.
- Nuevos compresores de proceso. Se realizarán las modificaciones en la instalación existente para su integración en la planta.
- Sistemas de medición. Se realizará la modernización de los sistemas de medición existentes en la planta.
- Sistema de control. Se realizará la modificación del sistema de control de la planta para adaptarlo a las nuevas condiciones de operación de la estación.

Selección del sitio

Para la implementación del proyecto dentro de la Estación de Compresión de Gas Cempoala se tomaron en consideración los siguientes criterios:

Criterios ambientales.

- En el área evaluada donde se ubica el proyecto no se identificaron ecosistemas críticos o frágiles.
- El proyecto no está ubicado en Áreas Naturales Protegidas.
- El proyecto no se ubica dentro de ningún Programa de Ordenamiento Ecológico.

Criterios técnicos.

- Ubicación de la Estación de Compresión de Gas Cempoala.

Criterios socioeconómicos.

- Disponibilidad de terreno dentro de Estación de Compresión de Gas Cempoala para la implementación del proyecto.
- Distancias a centros urbanos y áreas densamente pobladas mayor a 1500 m. A continuación, se describen las distancias:

Tabla I.1.1 Distancia de la Estación de Compresión de Gas a algunas localidades

LOCALIDADES	DISTANCIA (M)	NO. HABITANTES	ORIENTACIÓN
Paso del Cedro	1,510.06	970	SW
Cabo Gallego	2,372.21	14	NW
Alejandro Domínguez León	2,822.29	2	SW
San Isidro	3,481.38	1,588	SW

Fuente: Elaborado en gabinete a partir de visita de campo y Google Earth Pro 2017

Ubicación

La Estación de Compresión de Gas Cempoala se localiza en el municipio de Actopan, en el Estado de Veracruz, a la altura del km 16 de la carretera federal no. 180 Veracruz-Nautla, se encuentra el entronque en dirección este, avanzando aproximadamente 1.34 km.

Las coordenadas geográficas de la instalación son:

Tabla I.1.2 Coordenadas de la Ubicación de la ECG Cempoala

VÉRTICE	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	X	Y	LATITUD N	LONGITUD W
1	COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP			
2				
3				
4				

Fuente: Google Earth Pro 2017.

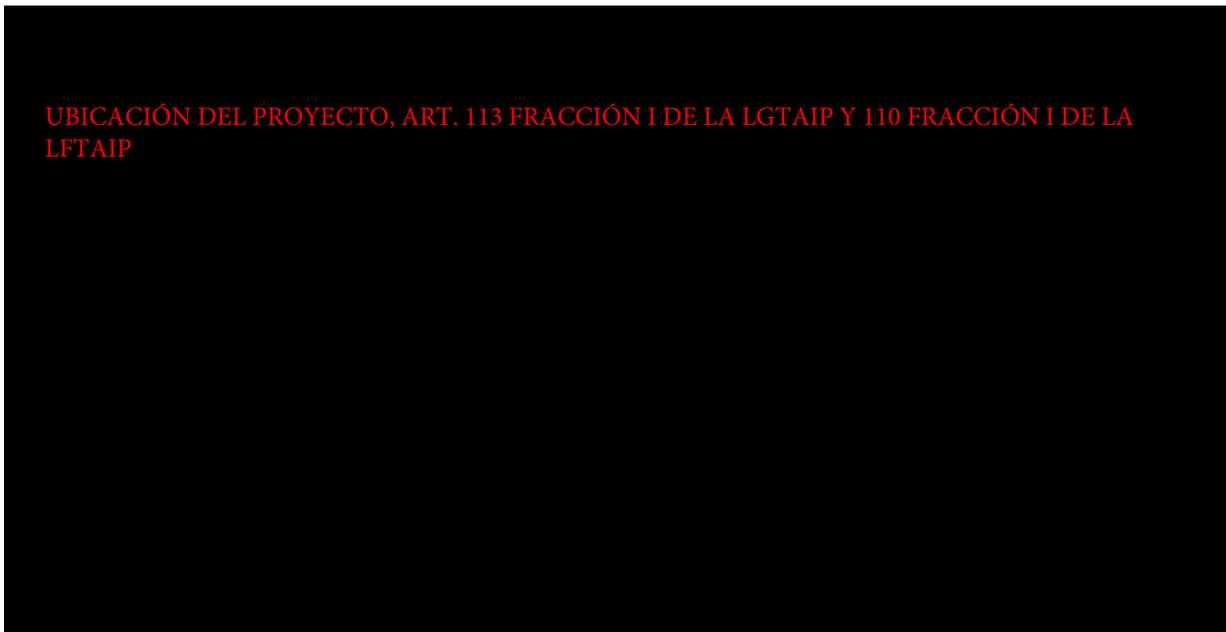


Figura I.1.1 Ubicación del Proyecto

Datos Meteorológicos.

En la siguiente tabla se muestran las condiciones climáticas del sitio de interés.

Tabla I.1.3 Condiciones Climáticas

Concepto	Unidades	Datos
1.- Temperatura		
Máxima extrema	°C	48
Mínima Extrema	°C	6.5
Promedio de Máxima	°C	32
Promedio de Mínima	°C	19.8
Promedio del mes más frío	°C	15.4
Media Anual (Bulbo Seco)	°C	32
2.- Precipitación Pluvial.		
Máxima en 24 hrs.	mm.	330.00

Concepto	Unidades	Datos
Anual Media	mm.	1,210
Días con lluvia apreciable al año	Días	72.3
3.- Vientos		
Vientos Reinantes		Sureste
Dirección Vientos Dominantes		Sureste
Velocidad Media	m/seg.	1.069
Velocidad Máxima Regional	m/seg.	3.855
4.- Altitud		
Estación de Compresión Cempoala	m.s.n.m.	21
5.- Datos del Lugar		
Zona Sísmica	Zona	B
Presión Atmosférica	mm Hg	757.7
Tipo de Atmósfera	Húmedo	Subhúmedo
6.- Humedad		
Relativa Máxima Promedio	%	93.5
Relativa Promedio	%	78.8

Clima

De acuerdo a la clasificación de Köpen modificada por García, el tipo de clima predominante en la región corresponde al tipo Aw1 denominado Cálido subhúmedo, caracterizado por tener una temperatura media anual de 22°C y temperatura del mes más frío mayor a 18°C.

La precipitación del mes más seco es menos a 60 mm, con lluvias en verano con índice P/T entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Topografía

La estación se encuentra asentada sobre la denominada planicie o llanura costera y según el Mapa de Suelos Dominantes para la República Mexicana (SEMARNAP, 1998) se caracteriza por la presencia de suelos tipo Vertisol eutricto (VRe).

Los vertisoles (del griego verteré, voltear), son suelos que literalmente se revuelven o que se voltean. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.

Hidrología

La estación de compresión se ubica a 2.74 km al Oeste del litoral costero del Golfo de México y a 1.42 Km al Noreste del Río Pajaritos que nace cerca de la localidad de Rancho Viejo al norte del municipio de Actopan.

Uso de Suelo

El municipio de Actopan se caracteriza por los siguientes usos de suelo y vegetación:

Uso de Suelo y Vegetación	Agricultura 34%
	Zona Urbana 1%
	Pastizal 38%
	Selva 21%
	Bosque 2%
	Otros 2%
	Manglar 1%

Uso potencial de la tierra

Agrícola	Para la agricultura mecanizada 25%
	Para la agricultura con tracción animal continua 16%
	Para la agricultura con tracción animal estacional 5%
	Para la agricultura manual continua 2%
Pecuario	Para la agricultura manual estacional 28%
	No apta para la agricultura 24%
	Para el establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola 25%
	Para el establecimiento de praderas cultivadas con tracción animal 17%
	Para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal 7%
	Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente al pastizal 31%
	Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino 12%
No apta para uso pecuario 8%	

Sismicidad

La sismicidad en el sitio donde se encuentra ubicada la Estación de Compresión Cempoala tomando como base la Regionalización Sísmica de la República Mexicana publicada en el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, capítulo de Diseño por Sismo (1993), el lugar donde se ubica la estación de servicio se localiza en la zona B, que es una zona de media intensidad. Al ser esta zona de moderada intensidad, las aceleraciones no alcanzan a rebasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

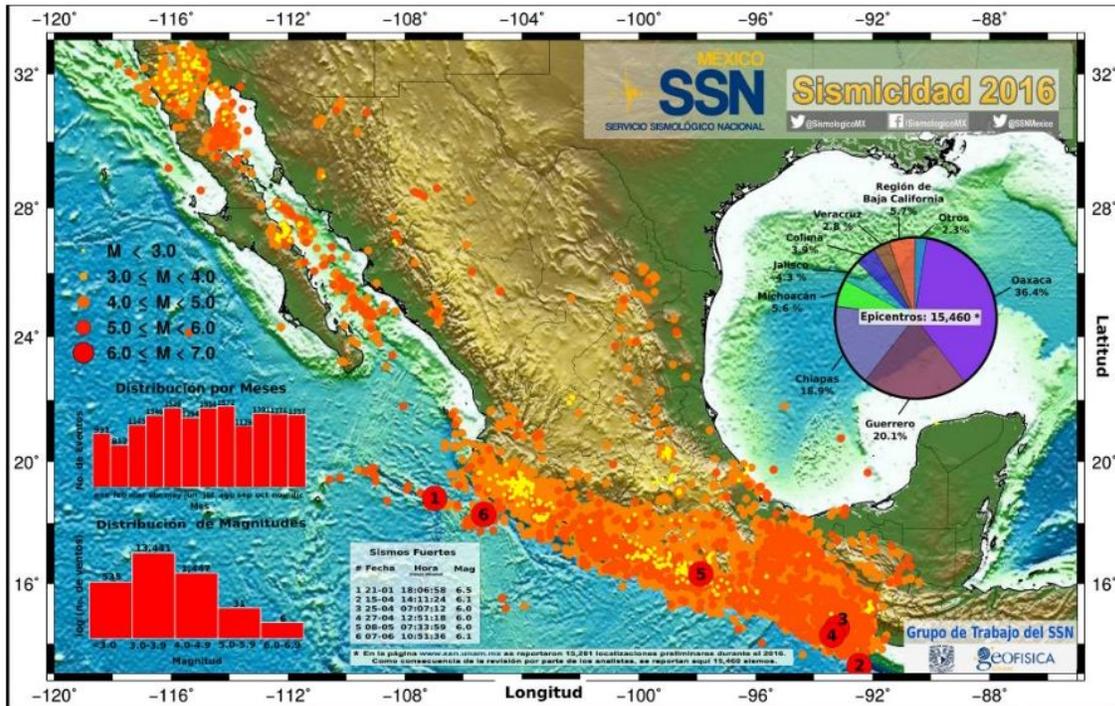


Figura I.1.2 Mapa de Sismicidad

I.1.1. Proyecto Civil.

Preparación del Sitio.

Los cortes son ejecutados a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes o terraplenes existentes y en derrumbes, con el objeto de preparar y formar la sección de la obra. La altura promedio de los cortes serán de máximo 2 m de la capa terrígena de material tipo A, el cual es poco o nada cementado, por lo que puede ser manejado eficientemente sin ayuda de maquinaria. El nivel de suelo no deberá de tener irregularidades ni objetos que generen concentración de esfuerzos, ya que debe permitir un apoyo uniforme sin forzamientos ni dobleces mecánicos de la tubería. (N-CTR-CAR-1-01-003/00).

El corte deberá de ser de por lo menos 50 centímetros de espesor con material suelto, libre de rocas o componentes de aristas agudas o cortantes. Por la propia naturaleza del terreno no se contemplará la realización de actividades de estabilidad de los taludes. Al final se procede al extendido y nivelado de material del sitio con maquinaria, para proseguir con el afinamiento y dar el acabado final del corte con talud de 1:1.75. (N-CTR-CAR-1-01-003/00).

Transporte de maquinaria y equipo de trabajo.

El transporte de materiales, maquinaria y equipo de trabajo se realizará mediante tractocamión con cama baja Low – boy para el traslado de maquinaria como retroexcavadoras, y con Camioneta 350 para el traslado de máquinas de soldar, herramientas, personal y materiales diversos.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

Descripción de Obras y Actividades Provisionales del Proyecto

Para el abastecimiento de servicios sanitarios, la empresa contratista se apoyará en letrinas portátiles y para los servicios de alimentación se tomará apoyo de las localidades más cercanas. No se contempla la instalación de campamentos para el alojamiento de personal.

Etapas de Construcción

La secuencia en que se describen las actividades, no indica necesariamente el orden de las actividades a realizarse durante la fase de construcción, ya que de acuerdo a las condiciones del terreno, tiempo y programas de entrega de materiales, las actividades pueden realizarse en una secuencia diferente, incluso de forma simultánea en uno o más frentes de trabajo.

Elaboración y vaciado de concreto hidráulico

Los cimientos serán construidos a base de zapatas corridas y aisladas, fabricadas con concreto y acero de refuerzo. Los pisos serán de concreto armado directamente sobre la plataforma base. El tipo de cimentación varía en función de los requerimientos específicos de peso y volumen de cada maquinaria, equipo o unidad operativa.

Fabricación y montaje de estructuras metálicas

Se requerirá la fabricación de estructuras metálicas para:

- Patines estructurales de equipos de nuevo suministro.
- Plataformas de operación y mantenimiento.
- Brincalíneas.

I.1.2. Proyecto Mecánico.

Instalación de Tubería, obra eléctrica e instrumentación.

Se requerirá la instalación de toda la obra necesaria de las disciplinas de tubería, eléctrica e instrumentación, para la integración de los nuevos equipos a la instalación existente.

Tuberías:

- Ampliación de cabezales existentes de succión, descarga y recirculación de compresoras.
- Nuevas tuberías de succión, descarga, recirculación y desfogue para nuevas compresoras.
- Nuevas tuberías de servicios auxiliares.
- Aplicación de material de protección anticorrosivo y pintura de acuerdo a normatividad.

Eléctrico:

- Ampliación de equipos en subestación eléctrica y cuarto eléctrico.
- Instalación de nuevas canalizaciones eléctricas subterráneas y aéreas.
- Nuevos cableados eléctricos para nuevos equipos.
- Ampliación de sistemas de tierras y pararrayos.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

Instrumentación:

- Instalación de nuevos instrumentos y modernización de existentes.
- Instalación de nuevas canalizaciones eléctricas subterráneas y aéreas.
- Nuevos cableados de instrumentación para nuevos equipos.
- Actualización de los sistemas de control.

Instalación de Equipos de Compresión

- Los equipos de proceso estarán contruidos sobre patines fabricados en acero estructural tipo "IPR".
- Los patines deben ser instalados sobre una base cimentada para evitar hundimientos.
- Los extremos de todos los cabezales deberán ser bridados tipo RTJ
- Deben contener abrazaderas individuales para los cabezales, con juntas aislantes de cabezal-patín.
- Todos los patines deben de estar interconectados.
- Deben de estar conectados al sistema de tierras.
- Deben considerarse brinca líneas para el cruce de tuberías o patines, para una mejor vialidad.

Los equipos a instalar son los siguientes:

- 2 compresoras de gas
- 2 patines de acondicionamiento de gas
- 2 enfriadores de aceite
- 2 compresores de aire
- 1 sistema de regulación de gas

Pruebas y puesta en marcha.

Se realizará todas las pruebas necesarias para la determinación de la idoneidad de la instalación previa a su puesta en funcionamiento:

- Prueba hidrostática.
- Pruebas de lazos de instrumentación.
- Pruebas de funcionamiento de equipos e instrumentos.

I.1.3. Proyecto Sistema Contra Incendio

Memoria Descriptiva

La estación de Regulación Cempoala dispone un sistema Contra incendio compuesto por:

- Sistema de alimentación de agua compuesto por bomba de pozo profundo GA-02, filtros FG-01A/B. Estos sistemas alimentan los tanques Contra incendio y la red de agua de servicios.
- Tanques Contra incendio FB-05B y FB-05A, capacidad 5000 barriles.
- Sistema de bombas Contra incendio de 1500 GPM compuesto por bomba principal GA-05, bomba de relevo diésel GA-05A y bomba presurizadora Jockey GA-05B de 100 GPM.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

- Red de distribución de agua Contra incendio compuesto por un anillo principal de 10" y derivaciones a los diferentes consumidores.
- Hidrantes monitores manuales para protección de las diferentes áreas de proceso.
- Sistemas automáticos de espesores para compresores para el interior de edificios de compresión existentes, cobertizos de medición y filtros. Este punto fue solicitado durante el análisis de riesgos.

Ampliación Red Contra incendio

Como parte del proyecto de modernización de la Estación de Compresión Cempoala, se van a instalar en el área situada al sur constructivo de las compresoras existentes.

Las nuevas compresoras no se instalarán en un edificio cerrado como el existente, sino que serán del tipo de operación intemperie.

La ampliación de la Red Contra incendio existente consistirá en:

- Instalación de dos nuevos hidrantes monitores HM-17 y HM-18. Según se muestra en el dibujo S-010 (ver Anexo 1), son requeridos para ampliar la cobertura en la nueva área de trabajo.
- Instalación de sistema de diluvio en nuevos compresores GB-03 y GB-04. Cada sistema dispondrá de doble alimentación, una con válvula de diluvio automatizada y otra con válvula e diluvio con actuación manual.

DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI)

A-350

A-351

S-010

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

DTI SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO CASA DE BOMBA

DTI SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO RE DE DISTRIBUCIÓN

PLANO DE ALCANCE DE MONITORES DE LA RED CONTRA INCENDIO

Debido a que los turbocompresores van a ser instalados en un área que no está totalmente cubierta por hidrantes monitor, se hace necesario la ampliación de la Red Contra incendio existente para la instalación adicional de dos unidades.

Por recomendación del análisis de riesgo, adicionalmente se debe instalar un sistema de diluvio para los nuevos compresores.

I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.

La estación de compresión cuenta con dos compresores centrífugos, identificados como GB-03 y GB-04, que se encuentran acoplados cada uno a una turbina de gas natural, identificadas como GT-03 y GT-04. A la combinación de estos equipos se les conoce como paquete turbocompresor, este diseño en particular utiliza un generador de gases (GG), que puede girar, utilizando el gas natural del proceso como gas combustible.

La estación está diseñada para manejar un flujo normal y continuo de gas natural de 1400 MMPCD, de tal manera que siempre puede una de ellas estar en operación normal y el otro como relevo, para garantizar las condiciones del transporte.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

El gas fluye a través de los filtros separadores de la estación, identificados como FA-01-A/D. Para el flujo mayor a 1000 MMpcsd, se requiere tener tres filtros en servicio. Lo anterior se debe realizar para controlar tanto líquido como sólidos que podrían dañar las partes internas de los compresores de gas.

La estación de compresión Cempoala puede operar en tres escenarios:

Escenario 1- La estación de compresión puede recomprimir el flujo de gas natural que proviene de las estaciones de compresión No. 3 de “Chinameca” y No.1 de “Cárdenas”, con descargas a el gasoducto de 48” a San Fernando (hacia el Norte por la costa del Golfo de México) y a el Gasoducto de 48” Cempoala -Santa Ana (hacia el centro del país).

Escenario 2- La Estación de Compresión puede también, recomprimir el flujo de gas natural del gasoducto de 48” proveniente del norte (Reynosa) y el flujo de gas natural del gasoducto de 48” proveniente del sur (Chinameca) hacia el centro del país, a través del gasoducto de 48” Cempoala-Santa Ana.

Escenario 3- La estación de compresión puede funcionar de paso, sin compresión. Lo anterior es recibiendo el flujo de gas natural del gasoducto de 48” proveniente del norte (Reynosa) y el flujo de gas natural del gasoducto de 48” proveniente del sur (Chinameca) hacia el centro del país, a través del gasoducto de 48” Cempoala-Santa Ana.

En la Tabla siguiente se muestra la sustancia manejada en la Estación de Compresión Cempoala.

Tabla I.2.1 Sustancias Manejadas en la Estación de Compresión Cempoala

Sustancia	Flujo o cantidad (MMPCD)	Es altamente riesgosa	Cantidad de reporte (Listado de sustancias altamente riesgosas)
Gas natural	1400 MMPCD	Si	500 kg

I.2.1. Hojas de Seguridad.

La hoja de seguridad del gas natural se encuentra en el **Anexo 2**.

I.2.2. Almacenamiento.

Durante los trabajos para la implementación del proyecto (Instalación de los turbocompresores) se requerirá diésel, gasolina y aceite lubricante para la operación de los equipos y maquinaria, por lo que se suministrarán de la estación de servicio más cercana al área del proyecto. El suministro de combustible lo realizará la compañía a cargo de la construcción del proyecto. No está contemplada la habilitación de áreas temporales para el almacenamiento de combustibles y/o lubricantes.

I.2.3. Equipos de Proceso y Auxiliares.

En las siguientes tablas se muestra el equipo de proceso utilizado en la Estación de Compresión Cempoala.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

Tabla I.2.3.1 Trampas de Envío y Recibo

Equipo	Número / Tag	
Trampa de Recepción/Envío de Diablos	TED-01	48 X 52" 600#
Trampa de Recepción/Envío de Diablos	TRD-02	48 X 52" 600#
Trampa de Recepción/Envío de Diablos	TED-03	48 X 52" 600#

Tabla I.2.3.2 Filtros Separadores

Equipo	Número / Tag	Longitud	Diámetro	Capacidad de Diseño	Presión de Diseño	Temperatura de Diseño	Temperatura de Operación
Filtro Separador Horizontal	FA-01 D	274.3 cm	167.6 cm	620 MMPCSD	84.4 kg/cm ²	79.7 °C	29.8 °C
Filtro Separador Horizontal	FA-01 C	274.3 cm	167.6 cm	621 MMPCSD	84.4 kg/cm ²	79.7 °C	29.8 °C
Filtro Separador Horizontal	FA-01 B	274.3 cm	167.6 cm	622 MMPCSD	84.4 kg/cm ²	79.7 °C	29.8 °C
Filtro Separador Horizontal	FA-01 A	274.3 cm	167.6 cm	623 MMPCSD	84.4 kg/cm ²	79.7 °C	29.8 °C
Filtro Separador	V-105 B	120 cm	27.3 cm	5 MMPCSD	84.4 kg/cm ²	45 °C	
Filtro Separador	V-106 A	132 cm	21.9 cm	5 MMPCSD	84.4 kg/cm ²	65 °C	
Filtro Separador	V-106 B	132 cm	21.9 cm	5 MMPCSD	84.4 kg/cm ²	65 °C	
Filtro de Gas Combustible para Surge	V-101 A	213.4 cm(T-T)	91.4 cm		84.4 kg/cm ²	65 °C	
Filtro Separador de Gas de Emergencia	FA-03	132 cm	40.64 cm		38.5 kg/cm ²		

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

Tabla I.2.3.3 Compresores

Equipo	Número / Tag	Presión Mínima	Presión Máxima	Temperatura	Flujo
Compresor	GT-01A/B	-	-	-	1400 MMPCD Máximo: 1200 MPCD (Después de la reconfiguración)
Compresor	GT-03	Succión: 50 kg/cm ² Descarga: 58 kg/cm ²	Succión: 56 kg/cm ² Descarga: 75 kg/cm ²	Descarga: 60°C	Succión: 800 MMPCD Descarga Mínimo: 400 MMPCD Máximo: 800 MMPCD (con 1 compresor) y 1500 MMPCD (con 2 Compresores)
Compresor	GT-04	Succión: 50 kg/cm ² Descarga: 58 kg/cm ²	Succión: 56 kg/cm ² Descarga: 75 kg/cm ²	Descarga: 60°C	Succión: 800 MMPCD Descarga Mínimo: 400 MMPCD Máximo: 800 MMPCD (con 1 compresor) y 1500 MMPCD (con 2 Compresores)

I.2.4. Pruebas de Verificación.

Pruebas y puesta en marcha.

Se realizará todas las pruebas necesarias para la determinación de la idoneidad de la instalación previa a su puesta en funcionamiento:

- Prueba hidrostática.
- Pruebas de lazos de instrumentación.
- Pruebas de funcionamiento de equipos e instrumentos.

I.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN.

En la Tabla I.3.1 se muestran las condiciones de operación de los compresores de la Estación de Compresión Cempoala.

Tabla I.3.1 Condiciones de Operación

Equipo	Número / Tag	Presión Mínima	Presión Máxima	Temperatura	Flujo
Compresor	GT-03	Succión: 50 kg/cm ² Descarga: 58 kg/cm ²	Succión: 56 kg/cm ² Descarga: 75 kg/cm ²	Descarga: 60°C	Succión: 800 MMPCD Descarga Mínimo: 400 MMPCD Máximo: 800 MMPCD (con 1 compresor) y 1500 MMPCD (con 2 Compresores)
Compresor	GT-04	Succión: 50 kg/cm ² Descarga: 58 kg/cm ²	Succión: 56 kg/cm ² Descarga: 75 kg/cm ²	Descarga: 60°C	Succión: 800 MMPCD Descarga Mínimo: 400 MMPCD Máximo: 800 MMPCD (con 1 compresor) y 1500 MMPCD (con 2 Compresores)

En el **Anexo 3** se encuentran los diagramas de Tubería e Instrumentación y Diagrama de Flujo de Procesos.

I.3.1. Especificación de cuarto de control

En las obras a realizarse no se contempla la construcción del cuarto de control, sin embargo, no se cuenta con un cuarto de control en la instalación.

I.3.2. Sistema de aislamiento

En la Estación de Compresión Cempoala se cuentan con medidas para prevenir y mitigar el incendio, explosión y/o dispersión (ejemplo: monitores de red contra incendio, sistema de agua contra incendio, etc).

Los planos de localización se encuentran en el **Anexo 3**.

I.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

I.4.1. Antecedentes de Accidentes e Incidentes.

No se cuenta con registros de antecedentes de accidentes e incidentes.

En la Tabla I.4.1.1 se presentan accidentes e incidentes ocurridos en el manejo o compresión de gas natural.

Tabla I.4.1.1 Accidentes e Incidentes por Gas Natural

Evento	Causa	Sustancia Involucrada	Nivel de afectación	Lugar y Fecha	Acciones Realizadas
Accidente ocurrido a una línea de gas natural que terminó en una gran explosión y posterior incendio.	Una embarcación golpeó y rompió una tubería sumergida de acero de 12 pulgadas de diámetro de gas natural. La presión del gas natural liberado de la tubería envolvió la popa de la máquina dragadora y el remolque que estaba acompañando a la máquina. Consecuentemente, una chispa encendió la corriente de gas, resultando en la destrucción de la máquina dragadora y del remolque.	Gas Natural	Afectaciones al medio ambiente	23 de octubre de 1996, en Tiger Pass (LA, Estados Unidos)	Se tomaron medidas de desalojo de personal.
Fuga de gas natural.	Una fuga de gas fue provocada por una maquinaria que golpeó una tubería que no contaba con señalización.	Gas Natural	No se presentaron afectaciones	31 de julio de 2017, México.	Se tomaron acciones inmediatas de reparación de la tubería.
Explosión de gas natural.	Caída de un poste de electricidad y una sobre un ducto de 12 pulgadas de la principal tubería que abastece de gas a la zona.	Gas Natural	Desalojo de 2mil personas de la zona	7 de agosto de 2014, Monterrey Nuevo León.	Se cerraron válvulas para seccionar el tramo de red afectado y permitir que el gas se consumiera.
Explosión en edificio de Pemex	Gas natural acumulado hizo contacto con una chispa en una zona poco ventilada y provocó estallido, onda expansiva y derrumbe de parte del inmueble.	Gas Metano o Gas Natural	Muerte de 37 personas y más de 100 heridos.	31 de enero de 2013, México	Se realizaron investigaciones de as empresas prestadoras de servicio para señalar si hubo negligencia.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

I.4.2. Metodologías de identificación y Jerarquización.

El desarrollo del presente estudio se basa primordialmente en la aplicación de la NOM-028-STPS-2012 “Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas”, tomando en consideración las normas internacionales IEC-61882 Hazard And Operability Studies (HazOp Studies) –Application Guide.y IEC-64511 “Functional Safety-Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector.

Dado la naturaleza del proyecto y debido a que fue una instalación operada por Petróleos Mexicanos, se toma en consideración como buena práctica lo establecido en la Guía operativa para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos y/o instalaciones de Pemex “GO-SS-TC-0002-2015”.

Los riesgos en las actividades asociados a las operaciones y procesos están asociados a la naturaleza de los materiales empleados, de las condiciones de operación y del entorno, de la tecnología utilizada, de la experiencia del personal durante la operación y mantenimiento.

Para fines del presente estudio definimos el riesgo, como resultado de la cantidad de veces (frecuencia) que se presenta determinado evento o desviación del flujo operativo natural de un proceso, y los daños (consecuencias) que pueden generarse al presentarse éste evento; es necesario aclarar que tales riesgos son manifestaciones de peligro o de desviación no deseada de un modo natural de operación, originados cuando el proceso cae fuera de sus condiciones normales operativas, o es llevado accidentalmente fuera de los rangos establecidos en su filosofía de operación.

Método de selección de técnica de identificación de riesgos.

Para el desarrollo del Análisis de Riesgo para la instalación de los turbocompresores TG-03 y TG-04 en la Estación de Compresión Cempoala se requiere aplicar una serie de metodologías cuyo objetivo es identificar las principales desviaciones y sus consecuencias durante la operación de la instalación.

En la **Tabla I.4.2.1**, se presentan las metodologías para la Identificación de Riesgos de proceso, aplicables a las diferentes etapas de un proyecto.

Tabla I.4.2.1 Metodología para la identificación de riesgos

METODOLOGÍAS	PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS			PARA LA ELABORACIÓN DE UN ARP CUALITATIVO				PARA LA ELABORACIÓN DE UN ARP CUANTITATIVO						Análisis Costo Beneficio	
	Identificación de Peligros (Hazid)	Lista de Verificación	Revisión de Seguridad	¿Qué pasa si?	Lista de Verificación / ¿Qué pasa si?	Análisis de Peligros y Operación (HazOp)	Análisis Bow-Tie	ANÁLISIS DE FRECUENCIAS				ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS			
								Árbol de Fallas (FTA)	Árbol de Eventos (ETA)	Modos Falla y Efecto (FMEA)	Seguridad Funcional y/o LOPA	Fuego, Explosión y Derrame en superficies	Derrame sobre agua (Mar)		Ubicación Segura de Instalaciones
Visualización	Si	Si	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conceptualización (Ingeniería Conceptual)	-	-	-	Si	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Definición (Ingeniería Básica)	-	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	-	-	Si	Si	Si	Si
Seguimiento (Ingeniería de Detalle)	-	-	-	-	Si	-	Si	Si	Si	-	Si	-	-	-	-
Ejecución (Procura, Construcción, Pruebas y Arranque)	-	Si	-	Si	Si	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	Si
Operación Rutinaria	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Cambio de Tecnología, Permanentes y/o Temporales	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	-	Si	Si	Si	Si	Si
Cambios Menores o de Personal	-	Si	Si	Si	Si	Si	Si	-	-	*	-	-	-	-	-
Pruebas Tecnológicas	-	Si	Si	Si	Si	Si	Si	-	-	-	-	Si			
Investigación y Análisis de Incidentes	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Paro de Instalaciones	-	Si	Si	Si	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desmantelamiento de Instalaciones	-	Si	Si	Si	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Guía para realizar Análisis de Riesgo de Proceso GO-SS-TC-0002-2015.

El presente análisis se desarrolló bajo la etapa de “**Cambio de Tecnología, Permanente y/o Temporal**”, siendo aplicadas las metodologías siguientes:

Análisis Preliminar de Riesgos:

Para la elaboración de este Análisis Preliminar se utiliza la lista de verificación

Análisis de Riesgo Cualitativo:

El Análisis de Riesgo Cualitativo, se desarrolla con la metodología “**HazOp**”

Análisis de Riesgo Cuantitativo:

Todos los escenarios de riesgo de los subsistemas/nodos analizados por motivo de la instalación de los turbocompresores GT-03 y GT-03 y su incorporación al proceso de la Estación de Compresión Cempoala, se ordenarán de acuerdo a su Magnitud de Riesgo (MR).

Para los escenarios con una MR dentro del rango de Riesgo Indeseables (B) y No Tolerables (A) se les deberá realizar el “**Análisis de Consecuencias**”. Los Análisis de Consecuencias utilizando como buena práctica los criterios técnicos para simular escenarios de Riesgos por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001 emitidos por la DCO/SDOSSPA.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

Metodología de identificación de riesgos (HAZOP, Hazard and Operability Analysis).

Metodología de Análisis Cualitativo.

Análisis de Riesgo y Operabilidad (HazOp).

Esta metodología involucra el análisis de las desviaciones posibles del diseño, construcción, modificación u operación, así como cualquier preocupación acerca de la seguridad del proceso. Promueve la lluvia de ideas acerca de escenarios hipotéticos con el potencial de causar consecuencias de interés (eventos no deseados con impactos negativos).

El desarrollo de un análisis HazOp requiere como paso preliminar la formación de un equipo de composición adecuada, en el que intervengan personas con distintas funciones, tales como ingeniero de proceso, ingeniero de instrumentación/control, ingeniero de producción y/u operaciones e ingeniero de seguridad industrial.

Una vez conformado el equipo de trabajo se requiere que el alcance del análisis sea definido, para que se pueda disponer de la información necesaria. En particular, la sistemática del método requiere que los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's), diagramas esquemáticos, y/o diagramas de trazo y perfil que se utilicen estén completos y actualizados.

Al conformar los pasos anteriores la aplicación de la metodología consiste en dividir las unidades de proceso en subsistemas, y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, flujo, nivel, velocidad, vibración, viscosidad, pH, tiempo, tamaño de partícula, composición, secuencia, señal, medida, reacción, control, agitación, mezclado, separación, adición, transferencia, operación, paro/arranque, fase, mantenimiento, servicios, comunicación, procedimiento, organización, personal, posición, poder y clima).

Las desviaciones potenciales de las intenciones de operación y diseño de la planta son establecidas de manera sistemática recurriendo a la lista de palabras guía o palabras clave, estas palabras son aplicadas en cada sección o nodo específico y son combinadas con los respectivos parámetros de proceso.

El equipo de especialistas que realiza el análisis, hace un listado potencial de las causas y consecuencias de las desviaciones que puedan surgir, así como de las salvaguardas con las que se cuenta y que protegen contra la desviación analizada. Cuando el equipo determina que existe una inadecuada protección para alguna desviación posible o creíble, usualmente, se recomienda tomar alguna acción al respecto, para reducir el riesgo por severidad o frecuencia de la desviación potencial identificada.

Para realizar la identificación y evaluación de riesgos mediante la metodología HazOp es necesario seguir los pasos que se muestran en la **Figura I.4.2.1** Diagrama del Análisis HazOp.

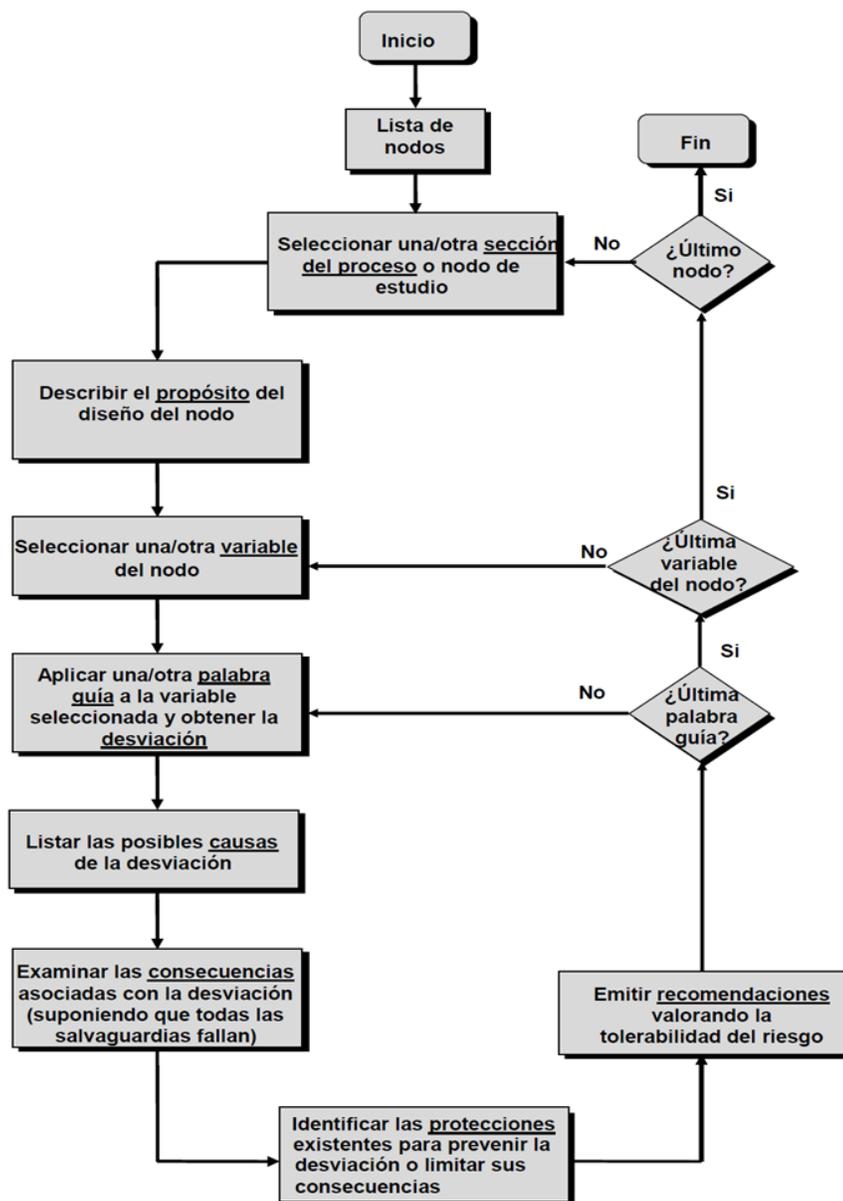


Figura I.4.2.1 Diagrama del Análisis HazOp

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

el evento presentado, contempla una o varias de las siguientes protecciones: lazos de control/ alarmas independientes, detectores de gas y fuego (F&G), red contra incendio, ESD, PSV, válvulas de relevo, diques

Disciplina Operativa: Son todas aquellas instrucciones operativas, manuales o procedimientos, los cuales ayudaran a reducir el riesgo y dependen del factor humano. (Procedimientos operativos, procedimiento de arranque y paro, programas de mantenimiento, capacitación al personal, permisos de trabajo, rondines operativos).

Indicadores de cualquier variable en campo, a los cuales los trabajadores dependan para poder tomar una acción correctiva y son los siguientes: indicador de presión, indicador de temperatura, LG, FI, alarmas visibles/audibles.

El formato de trabajo también incluye las columnas **F**, y **C** (PER, AMB, POB, INS/PROD) que se utilizarán para establecer la región de riesgo en cada uno de los escenarios de interés, tomando como buena práctica la categorización de riesgos establecida en la Guía, GO-SS-TC-0002-2015. Lo anterior permite la aplicación de la técnica de Revisión de Riesgo de la Instalación (Facility Risk Review –FRR– por sus siglas en inglés). El significado de las letras utilizadas en los encabezados de cada columna es el siguiente: F: Frecuencia; C: Consecuencia; PER: Afectaciones a la seguridad del personal; AMB: Afectación al medio ambiente; POB: Afectación a la población; INS/PROD: Daños a la instalación/producción; RR: Región de Aceptación de riesgo.

Metodología de Jerarquización de riesgos.

Procedimiento de jerarquización mediante la técnica de Revisión de Riesgos en la Instalación (Facility Risk Review, FRR)

Esta técnica jerarquiza el riesgo utilizando categorías de frecuencia y de consecuencia para poder analizar los escenarios de accidentes potenciales identificados y evaluados posterior o durante la aplicación de una metodología de identificación de riesgos. Para asignar los valores de la ponderación de consecuencia se tomó como base la **Tabla I.4.2.2** Error! Reference source not found. y para la ponderación de la consecuencia se tomó la **Tabla I.4.2.3**.

Tabla I.4.2.2 Estimación de frecuencias de ocurrencia de los eventos

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia / Año
F6	Muy Frecuente	Ocurre una o más veces en un año.	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 10^0$)
F5	Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años	>0.2 a ≤ 1.0 ($>2 \times 10^{-1}$ a $\leq 1 \times 10^0$)
F4	Poco Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años	>0.1 a ≤ 0.2 ($>1 \times 10^{-1}$ a $\leq 2 \times 10^{-1}$)
F3	Raro	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 10 años	>0.01 a ≤ 0.1 ($>1 \times 10^{-2}$ a $\leq 1 \times 10^{-1}$)
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la Instalación.	>0.001 a ≤ 0.01 ($>1 \times 10^{-3}$ a $\leq 1 \times 10^{-2}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro.	>0.0001 a ≤ 0.001 ($>1 \times 10^{-4}$ a $\leq 1 \times 10^{-3}$)

Fuente: GO-SS-TC-0002-2015.

Tabla I.4.2.3 Clasificación de riesgos por sus consecuencias potenciales

Categoría de consecuencia	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción e instalación [millones de usd]
6	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 10 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 30 fatalidades	Fuga y/o derrame con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a una semana	Mayor de 500
5	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 2 a 10 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 6 a 30 fatalidades	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana	De 50 a 500
4	Heridas o daños físicos que pueden resultar en incapacidad permanente o 1 fatalidad	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	De 5 a 50
3	Heridas o daños físicos que requieren atención médica que puedan generar incapacidad	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de una instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora	De 0.500 a 5
2	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fuga y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato	De 0.050 a 0.500
1	No se esperan heridas o daños físicos	No se esperan heridas o daños físicos.	No hay fuga, derrame y/o emisiones por arriba de los límites establecidos	Hasta 0.050

Fuente: GO-SS-TC-0002-2015.

Tabla I.4.2.4 Clasificación de riesgo

Índice de riesgo	Clasificación
A	Región de Riesgo No Tolerable
B	Región de Riesgo Indeseable ALARP (As Low As Reasonably Practicable)
C	Región de Riesgo Aceptable con Controles ALARP (As Low As Reasonably Practicable)
D	Región de Riesgo Aceptable

Fuente: GO-SS-TC-0002-2015.

Los objetivos de la técnica FRR son:

- Identificar, evaluar y clasificar los riesgos más importantes con el potencial de ocasionar daños al personal de la planta, el medio ambiente, la producción y el equipo/instalación.
- Desarrollar recomendaciones para reducir los riesgos identificados.
- Identificar los procesos y las áreas más importantes que requieren de una evaluación más detallada para determinar las medidas más efectivas destinadas a reducir el riesgo.

Matrices de riesgo. En el presente estudio se empleó una matriz de “6 x 6” en la cual se agruparon todas las posibles combinaciones para los criterios establecidos anteriormente (combinaciones de categorías de frecuencias y categorías de consecuencias); para evaluar todos los aspectos relacionados con las actividades dentro de la instalación. Para cada desviación analizada se le asigna una categoría de **Frecuencia** y **Consecuencia**.

En la **Figura I.4.2.3** muestran las matrices de Riesgo aplicables para cada uno de los cuatro rubros.

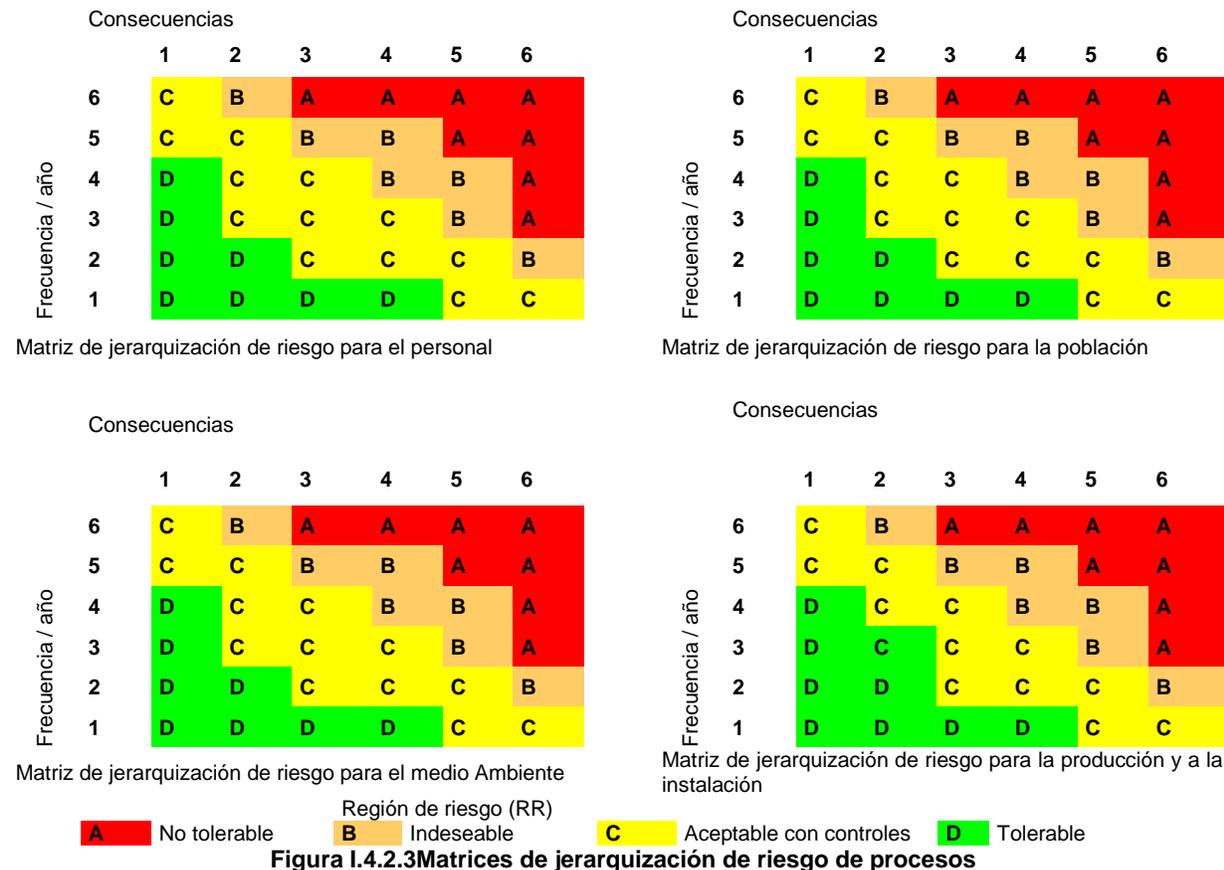


Figura I.4.2.3 Matrices de jerarquización de riesgo de procesos

Fuente: GO-SS-TC-0002-2015

Región de Riesgo No Tolerable Tipo “A”: Un riesgo Tipo “A” representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse controles temporales inmediatos temporales y permanentes. El costo no debe ser una limitación y el hacer nada no es una opción aceptable. Se debe realizar una administración

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

de riesgos temporal y permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a tipo “C”. En caso de identificar un riesgo Tipo “A”, se debe emplazar a la instalación o equipo por un periodo de **7** días naturales, para lo cual la MACT debe presentar al área de ASIPA correspondiente su Programa de Acciones Correctivas y Preventivas temporales y permanentes para la reducción de riesgos a tipo “C” para ser sancionado. La conclusión de las acciones correctivas y preventivas “Temporales” no deben ser mayores a **30** días naturales y la de las acciones correctivas y preventivas “Permanentes” no deben ser mayores a **90** días naturales después de entregar sus Programas de Acciones. El plazo de 90 días puede incrementarse siempre y cuando la atención del programa de Acciones Preventivas y Correctivas “Permanentes” lo justifique y esté autorizado por la MACT responsable de la instalación.

Región de Riesgo Indeseable Tipo “B”: El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes. Un riesgo Tipo “B” representa una situación de riesgo Indeseable y deben establecerse Controles Permanentes Inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo “C” y en el mejor de los casos, hasta riesgo Tipo “D”. En caso de identificar un Riesgo Tipo “B”, se debe emplazar a la instalación o equipo por un periodo de **15** días naturales para que la MACT debe presentar al área de ASIPA su Programa de Acciones Correctivas y Preventivas “Permanentes” para la reducción de los riesgos tipo “C” o “D” para ser sancionado. La conclusión de las Acciones Correctivas y Preventivas permanentes no debe ser mayores a **180** días naturales después de entregar el Programa de Acciones Correctivas Permanentes. Si la solución requiere de un plazo mayor, se deben establecer Controles Temporales Inmediatos, las cuales deben atenderse en un plazo no mayor a 30 días naturales después de entregar el Programa de Acciones Correctivas y Preventivas permanentes. La atención de estos riesgos no se determina en función de un Análisis Costo Beneficio.

Región de Riesgo Aceptable con Controles Tipo “C”: El riesgo es significativo, pero se puede administrar con controles administrativos. Un riesgo Tipo “C” representa una situación de riesgo aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos deben darse en un plazo no mayor a **180** días. La administración de un riesgo Tipo “C” debe enfocarse en la Disciplina Operativa y en la Confiabilidad de las diferentes Capas de Seguridad y/o Sistemas de Protección. La prioridad de su atención para reducirlos a riesgos Tipo “D”, debe estar en función de un Análisis Costo Beneficio de las acciones correctivas y preventivas establecidas para dar atención a las recomendaciones emitidas para Administrar los Riesgos identificados.

Riesgo Tolerable Tipo “D”: El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo Tipo “D” representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

Posteriormente, se asigna una categoría de frecuencia a cada causa detectada y una categoría de severidad a cada consecuencia; consiguiéndose con ello el Tipo de Riesgo para cada escenario de identificado.

Principio ALARP. Las siglas ALARP significan: Tan Bajo como Sea Razonablemente Práctico, del inglés As Low As Reasonably Practicable.

El concepto ALARP fue desarrollado en el Reino Unido. La legislación de ese país estableció el término ALARP por medio del Health and Safety at Work etc. Act 1974, el cual requiere que se mantengan las instalaciones y sus sistemas “seguros y sin riesgo a la salud” hasta donde fuera razonablemente práctico. Esta última frase se interpreta como una obligación de los propietarios de las instalaciones para reducir el riesgo a un nivel tan bajo como sea razonablemente práctico.

Existen riesgos que son tolerables y otros riesgos no tolerables. El principio ALARP se encuentra precisamente entre los riesgos que se toleran y los que no. Esta idea se explica con un diagrama que ilustra el principio.

En dicha figura se explica que para que un riesgo se considere dentro de la región ALARP, debe mostrarse que el costo relacionado con la reducción del riesgo (su frecuencia y/o consecuencias) es desproporcionado con respecto al beneficio que se obtiene.

El principio ALARP surge del hecho de que sería posible emplear una gran cantidad de tiempo, dinero y esfuerzo al tratar de reducir los niveles de riesgo a un valor de cero, lo cual en la práctica no es costeable ni posible. Adicionalmente, este principio, no debe entenderse como simplemente una medida cuantitativa de los beneficios contra los daños. Se debe entender como una buena práctica de juicio del balance entre riesgo y el beneficio a la sociedad y al negocio.

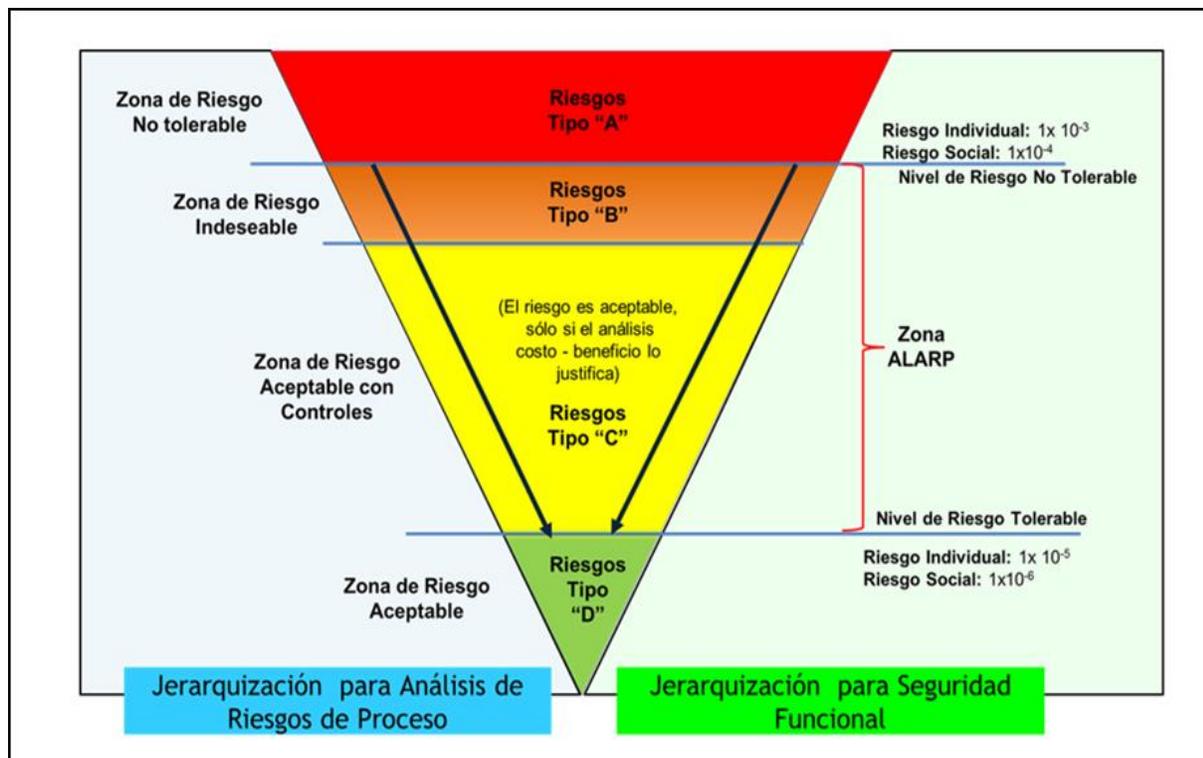


Figura I.4.2.4 Principio ALARP

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

Análisis de Consecuencias.

Se realizará un Análisis de Riesgo Cuantitativo (Análisis de Consecuencias) para estimar el alcance de los efectos esperados de la ocurrencia de un evento potencialmente peligroso de los escenarios de Riesgos No Tolerables (**A**) e Indeseables (**B**), o en su caso de los Escenarios que puedan caer en la Zona de Riesgo Aceptable con Controles (**C**) y que fueron determinados en las metodologías de identificación de riesgos.

Determinación del término fuente (modelos para liberación de sustancias).

Las condiciones de incidente dependen de las condiciones de la liberación y de las condiciones particulares del sitio en el momento de la liberación. Es necesario establecer los posibles escenarios que generaría una liberación accidental, a partir de éstos podrán estimarse las consecuencias potenciales, por lo que el especialista de análisis de consecuencias determina la masa liberada, el flujo y la fase de liberación.

Para determinar la masa liberada, el flujo y la fase de liberación primeramente se selecciona el tipo de caso. Para este proyecto se analizaron tres tipos de eventos el peor caso, el caso más probable y el peor caso.

Modelos de Simulación, Cálculos.

Debido a que los algorítmicos físico-químicos que simulan el comportamiento de la difusión de las sustancias en el ambiente, así como la evaluación de los efectos físicos derivados de las consecuencias de ésta (Radiación térmica, sobre presión y dispersión tóxica), son de gran complejidad, se hace necesario el uso de modelos matemáticos computarizados, en éste caso específico se utilizó el software PHAST 7.2 (Process Hazard Analysis Software Tool).

Peor Caso (PC).

Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, la cual resulta en la mayor distancia hasta alcanzar los límites por toxicidad, sobrepresión o radiación térmica, de acuerdo a los criterios para definir las zonas intermedia de salvaguarda al entorno de la instalación. Para identificar los peores casos, no se requiere de un análisis de riesgos formal, ni conocer las causas que pudieran provocarlo ni su probabilidad de ocurrencia, simplemente consideramos que este sucede. Criterios a considerar para especificar el escenario del Peor Caso (PC).

- **Tóxica: Gases:** Se debe considerar que la liberación se realiza durante un periodo de 10 minutos. Líquidos: Se debe considerar que la cantidad total es derramada al instante. Para líquidos que se fugan de tuberías se debe suponer que forman un charco. Se deben tomar en cuenta medidas de mitigación pasivas, como lo son diques de contención.
- **Inflamable / explosiva:** Rotura catastrófica del recipiente o de la línea de proceso o ducto (si se emplea el modelo TNT se debe usar una eficiencia de conversión de energía del 10%).

Casos más probables (CMP).

Con base a la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de un material o sustancia peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.

Tipo y diámetro del orificio de la fuga para casos más probables (CMP).

En el caso de las líneas de proceso, ductos, bridas, sellos mecánicos en equipo rotatorio, sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso, debe utilizarse el DEF que resulte de una estadística de fugas en los últimos cinco años. Si no se cuenta con esta estadística, se pueden utilizar las recomendaciones de la Tabla. Tamaños de orificios recomendados para la evaluación de consecuencias.

Tabla I.4.2.5 Tamaños de orificios recomendados para a evaluación de consecuencias

Tipos de caso	Ubicación	Descripción
Para el Caso más Probable	Líneas de proceso: $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	DEF= 0.20 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.
	Línea de proceso: $2'' < DN \leq 4''$	DEF= 0.6" [por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura]
	Líneas de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$	DEF= 0.75" para DN de 6" a 14" DEF= 1.25" para DN de 16" a 24" DEF= 2.00" para DN mayores de 30" Por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura
	Bridas	Aplican los mismos criterios de las líneas de proceso para los CMP
	Sellos mecánicos en equipos rotatorios de proceso	DEF= Calcularlos con el 40% del área anular que resulte.
	Sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso	
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el Grupo Multidisciplinario de AR.	
Para el caso alternativo:	Líneas de proceso: $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	DEF= 1.00 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.
	Línea de proceso: $2'' < DN \leq 4''$	DEF= 0.30 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.
	Líneas de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$	DEF= 0.20 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.
	Bridas	Según el diámetro de la línea de proceso, aplican los criterios anteriores [$1.0*(DN)$, $0.3*(DN)$ y $0.2*(DN)$].
	Sellos mecánicos en equipos rotatorios de proceso	Para todos los tamaños de flechas, DEF= Calcularlo con el 100% del área anular.
	Sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso	Para todos los tamaños de vástagos, DEF= Calcularlo con el 100% del área anular.
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgo.	

Fuente: DCO-GDOESSPA-CT-001. En el caso de nuevos proyectos, para fugas o derrames en líneas de proceso o ductos, deben ser simuladas considerando el 20% del diámetro del ducto o línea y también su ruptura total. DN = Diámetro Nominal DEF = Diámetro Equivalente de Fuga.

Determinación de la dispersión del material (Modelos de dispersión del material).

Las sustancias liberadas pueden ser líquidos, gases o mezclas. En el caso de los líquidos se expanden formando acumulaciones que se les llama charcos. La expansión de los líquidos puede ser limitada por diques, muros o singularidades en el terreno, o puede ser no limitada.

A partir de la evaporación del líquido el especialista de análisis de consecuencias puede calcular la forma y tamaño de una nube tóxica o inflamable y aplicar los modelos de dispersión de gases.

Para el caso de las sustancias inflamables a partir de la geometría del charco, y de otros parámetros, el especialista de análisis de consecuencias calcula con modelos de incendios, las intensidades de radiación térmica. Los eventos que se pueden modelar son los indicados en la Tabla. 5-2 Clase de eventos por fugas y derrames de sustancias peligrosas.

Tabla I.4.2.6 Clase de eventos por fugas y derrames de sustancias peligrosas

CLAVE	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
CHAF	Charco de fuego (Pool Fire en el idioma inglés)	Cuando un líquido inflamable o combustible se fuga o derrama, se puede formar un charco. Al estar formándose este charco, parte del líquido en la superficie alcanza su punto de inflamación y comienza a evaporarse. Si la nube que se forma con estos vapores alcanza un punto de ignición, ocurre una explosión, provoca el incendio del charco y en ocasiones un chorro de fuego en el punto de fuga.
FLAM	Flamazo (Flash Fire en el idioma inglés)	Cuando un gas o líquido inflamable con punto de inflamación bajo, es descargado a la atmósfera, se forma una nube de gas y se dispersa. Si el vapor resultante se encuentra con un punto de ignición antes de que la dilución de la nube sea menor al límite inferior de explosividad, ocurre el flamazo. Las consecuencias primarias de un flamazo son las radiaciones térmicas generadas durante el proceso de combustión. Este proceso de combustión tiene una corta duración, los daños son de baja intensidad y en ocasiones provocan un chorro de fuego en el punto de fuga.
CHOF	Chorro de fuego (Jet Fire en el idioma inglés)	Si un gas inflamable licuado o comprimido es descargado de un tanque de almacenamiento o de una tubería, el material descargado a través de un orificio o ruptura formaría una descarga a presión del tipo chorro, el cual se mezcla con el aire. Si el material entra en contacto con una fuente de ignición, ignita y entonces ocurre un chorro de fuego.
BOLF	Bola de fuego (Fire Ball en el idioma inglés)	El evento de bola de fuego resulta de la ignición de una mezcla líquido/vapor inflamable y sobrecalentada que es descargada a la atmósfera. El evento de bola de fuego ocurre frecuentemente seguido a una Explosión de Vapores en Expansión de un Líquido en Ebullición (BLEVE).
EXP	Explosión	Una explosión es una descarga de energía que causa un cambio transitorio en la densidad, presión y velocidad del aire alrededor del punto de descarga de energía. Existen explosiones físicas, que son aquellas que se originan de un fenómeno estrictamente físico como una ruptura de un tanque presurizado o un BLEVE. El otro tipo de explosiones se denominan confinadas, las cuales tienen su origen en reacciones químicas que ocurren en el interior de recipientes o edificios.
BLEVE	Explosión de Vapores en Expansión de un Líquido en Ebullición (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)	Ocurre cuando en forma repentina se pierde el confinamiento de un recipiente que contiene un líquido combustible sobrecalentado. La causa inicial de un BLEVE es usualmente un fuego externo impactando sobre las paredes del recipiente sobre el nivel del líquido, esto hace fallar el material y permite la ruptura repentina de las paredes del tanque. Un BLEVE puede ocurrir como resultado de cualquier mecanismo que ocasione la falla repentina de un recipiente y permita que el líquido sobrecalentado se vaporice. Si el material líquido/vapor descargado es inflamable, la ignición de la mezcla puede resultar en una bola de fuego (fire ball en el idioma inglés).
VCE o UVCE (según el caso)	Explosión por una Nube de Vapor (Vapor Cloud Explosion en el idioma inglés)	Puede definirse simplemente como una explosión que ocurre en el aire y causa daños por efecto de ondas de sobrepresión. Comienza con una descarga de una gran cantidad de líquido que se evapora o gas inflamable de un tanque o tubería y se dispersa en la atmósfera, de toda la masa de gas que se dispersa, sólo una parte de esta se encuentra dentro de los límites superior e inferior de explosividad. Esa masa es la que después de encontrar una fuente de ignición genera sobrepresiones por la explosión. Este evento puede ocurrir tanto en lugares confinados como en no confinados. Cuando el evento es no confinado, se le conoce como "Explosión por una Nube de Vapor no Confinada" (UVCE - Unconfined Vapor Cloud Explosion en el idioma inglés).
NT	Nube Tóxica	En los casos en que una fuga de material tóxico no sea detectada y controlada a tiempo, se corre el riesgo de la formación de una nube (pluma) de gas tóxico que se dispersará en dirección del viento. Su concentración variará en función inversa a la distancia que recorra. Los efectos tóxicos por exposición a estos materiales, dependen de la concentración del material en el aire, el tiempo de exposición y de su toxicidad.

Fuente: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001.

El tiempo de duración de la fuga.

Tiempo de bloqueo (cierre) de los sistemas (válvulas) se basa en las consideraciones descritas en la Tabla Criterios para asignar tiempos de duración de las fugas.

Tabla I.4.2.7 El Tiempo de duración de las fugas

SITUACIÓN
El tiempo de cierre para un sistema de bloqueo automático se basa en un sistema de detección de gas totalmente automatizado. La secuencia se describe como sigue: 30 segundos para que el gas llegue al detector; 30 segundos para que la señal de cierre desde el detector llegue a la válvula de cierre; 1 min para cerrar las válvulas
El tiempo de cierre para un sistema de bloqueo controlado a distancia se basa en un sistema de detección automatizado de gas. La secuencia se describe como sigue: 30 segundos para que el gas llegue al detector; 30 segundos para que la señal de alerta desde el detector llegue a la sala de control; 7 min para validar la señal, 2 min para cerrar las válvulas.
El tiempo de cierre para un sistema de bloqueo de accionamiento manual se basa en un sistema de detección automatizado de gas. La secuencia se describe como sigue: 30 segundos para que el gas llegue al detector; 30 segundos para que la señal de alerta desde el detector llegue a la sala de control; 7 min para validar la señal; 15 min para que el operador pueda ir a la válvula de bloqueo y para hacer uso del equipo de protección personal; 7 min para eliminar los bloqueos de seguridad y para cerrar las válvulas.

Fuente: "Guidelines for Quantitative Risk Assessment" CPR18E (Purple book ed. 1999) de TNO pag 104 apartado 4.C.2 Blocking Systems.

Condiciones de operación e inventario.

Las condiciones de flujo, presión y temperatura de cada escenario, se tomaron de la información proporcionada por Pemex Exploración y Producción.

Condiciones atmosféricas de la zona de localización de la instalación.

La velocidad del viento y la estabilidad atmosférica, deben determinarse de acuerdo a una base de datos con información de los últimos tres años. Se considera una temperatura promedio anual de 30°C, y una velocidad del viento de 4.11 m/s (14.8 km/hr). Como condición crítica se tiene una velocidad de viento de 1.5 m/s y una estabilidad clase F.

Tabla I.4.2.8 Clasificación de las condiciones de estabilidad atmosférica

VELOCIDAD DEL VIENTO (M/S)	DÍA			NOCHE	
	RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE (1)			4/8 ≤ NUBOSIDAD* ≤ 7/8	NUBOSIDAD ≤ 3/8
	FUERTE	MODERADA	DÉBIL		
≤2	A	A-B	B	-	-
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
≥6	C	D	D	D	D
Condición de Pasquill	Atmósfera			Condiciones esperadas en el sitio	
A	Muy inestable			Totalmente soleado con vientos ligeros	
A-B	Inestable			Como A, solo que menos soleado o con más vientos	
B	Inestable			Como A/B, solo que todavía menos soleado o con más vientos	
B-C	Moderadamente inestable			Sol y vientos moderados	
C	Moderadamente Inestable			Mucho sol y mucho viento, o nublado con vientos ligeros	

VELOCIDAD DEL VIENTO (M/S)	DÍA			NOCHE	
	RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE (1)			4/8 ≤ NUBOSIDAD* ≤ 7/8	NUBOSIDAD ≤ 3/8
	FUERTE	MODERADA	DÉBIL		
C-D	Moderadamente inestable			Sol moderado y mucho viento	
D	Neutral			Poco sol y mucho viento o nublado con vientos durante la noche	
E	Moderadamente estable			Menos nublados y menos vientos durante la noche que en D	
F	Estable			Noche con nublado moderado y vientos de ligeros a moderados	

*La nubosidad se mide en octavos, lo cual significa lo siguiente: 0/8 Cielo despejado, 4/8 La mitad del cielo cubierto, 8/8 Cielo totalmente cubierto.

Cuantificación de posibles daños y análisis de vulnerabilidad.

Se realiza la estimación de posibles daños a personas, ambiente y negocio a partir de las longitudes y áreas de perfiles de concentración, de intensidad de radiación y onda de presión.

Para definir las dimensiones de las zonas de seguridad alrededor de la instalación, el especialista de análisis de consecuencias debe utilizar los valores de referencia estipulados por la SEMARNAT.

Niveles de referencia para definir las zonas intermedias de seguridad.

Zona de Alto Riesgo.

Es la distancia a partir del punto de fuga donde de acuerdo a los cálculos realizados, en caso de presentarse el evento se requiere de ejecutar acciones de combate, control y evacuación inmediatas.

Tabla I.4.2.9 Clasificación de las condiciones de estabilidad atmosférica

CONSECUENCIA	DESCRIPCIÓN
Efecto de Radiación (Radiación Térmica)	*5.0 Kw/m ² (1,500 BTU/pie ² hr) Nivel de radiación térmica suficiente para causar daños al personal si no se protege adecuadamente en 20 segundos, sufriendo quemaduras hasta de 2° grado sin la protección adecuada.
Efecto Explosivo	*0.070 kg/cm ² Es la presión en la que se presenta demolición parcial de casas, quedando inhabitables.
Toxicidad IDLH.	NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), define a los Niveles Inmediatamente Peligrosos para la Vida o la Salud (IDLH-Inmediately Dangerous to Life or Health) como concentraciones de contaminantes aéreos máximos de los cuales las personas pueden escapar en 30 minutos sin ningún síntoma dañino o ningún efecto irreversible en la salud, para caso del H ₂ S el IDLH es de 100 ppm.

Fuente: *Guía para la presentación del Estudio de Riesgo Ambiental, SEMARNAT.

Zona de Amortiguamiento.

Es la comprendida entre el límite de la Zona de Alto Riesgo y la distancia que, de acuerdo a los cálculos realizados, en caso de presentarse el evento se requiere tomar medidas preventivas.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

Tabla I.4.2.10 Parámetros que definen la Zona de Amortiguamiento

CONSECUENCIA	DESCRIPCIÓN
Efecto de Radiación (Radiación Térmica).	*1.4 Kw/m ² . (400 BTU/pie ² hr). Es el flujo térmico equivalente al del sol en verano y al medio día. No causará incomodidad durante exposición prolongada.
Efecto Explosivo.	*0.035 kg/cm ² . Ventanas pequeñas o grandes usualmente fracturadas, daño ocasional a los marcos de las ventanas.
Toxicidad TLV15.	Valor Límite de Umbral-Límite de Exposición a Corto Plazo (TLV-STEL Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit). Es una concentración promedio del tiempo en el cual los trabajadores no deben ser expuestos por más de 15 minutos y que no deben de ser repetidos por más de 4 veces por día, por lo menos con 60 minutos entre exposiciones sucesivas. Este límite no es un límite de exposición independiente, suplementa al TLV-TWA (Valor Límite de Umbral- Promedio Ponderado en el Tiempo), cuando se admite la existencia de efectos agudos de una sustancia cuyos efectos tóxicos son principalmente de carácter crónico. Los STEL son recomendados solamente donde los efectos tóxicos han sido reportados por sus altas exposiciones a corto plazo tanto en humanos como en animales. Estos límites son publicados anualmente por la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales (ACGIH – The American Conference of Governmental Industrial Hygienists). 15 ppm para el H ₂ S.

*Fuente: *Guía para la presentación del Estudio de Riesgo Ambiental, SEMARNAT*

Niveles de referencia para daño al equipamiento y escalamiento de los accidentes.

Efectos de Flamazo (Flash-Fire).

Para los efectos de Flamazo no se utiliza el flujo térmico como criterio para establecer las dimensiones de la zona intermedia de seguridad. Ello está dado por las características de este evento, especialmente el corto periodo de tiempo de exposición debido a la rapidez con que ocurre este evento. La zona de afectación queda definida por las dimensiones de la nube donde ocurre el flamazo. En la Tabla Efectos de Flamazo (Flash-Fire), se reflejan los daños esperados sobre las personas que se encuentran en la zona de afectación por un Flamazo.

Tabla I.4.2.11 Efecto Flamazo (Flash-fire)

CONSECUENCIA	DESCRIPCIÓN
Fuera del límite de la nube inflamable (1/2 LII)	Dado que este es el límite del área con inflamabilidad, no se esperan daños ni a personas ni equipamiento
Dentro de la nube sometidos a un contacto directo con la llama.	La probabilidad de muerte es muy elevada, considerada incluso del 100% de las personas en las áreas abiertas, envueltas en la flama instantánea por inspiración de gases candentes. Las personas sufrirán quemaduras graves de 2° grado sobre una gran parte del cuerpo, la situación se agrava a quemaduras a 3° y 4° grado por la ignición de la ropa o vestidos. En el caso de personas situadas en el interior de locales, probablemente estarán protegidas –aunque sea parcialmente- de la llamarada, pero estarán expuestas a fuegos secundarios provocados por la misma o por el acceso de gases candentes del flamazo a los locales. En el caso de que la persona porte ropa de protección que no se queme, su mortalidad se reducirá al ser menor la superficie del cuerpo expuesta, pero los efectos pueden ser mortales por la inhalación de gases candentes, si no están provistos de protección respiratoria SCBA. No se esperan daños directos al equipamiento por Flash Fire

Fuente: Phast Software Package Description.

Flujo de radiación térmica.

La evaluación de las zonas de daño a las instalaciones y el posible escalamiento del accidente hacia otras instalaciones se realiza en función de la intensidad y tiempo de exposición a los valores de referencia del flujo térmico y el valor del pico máximo de sobrepresión de la onda expansiva.

La selección de los niveles de referencia para la radiación térmica se basa en los estudios de vulnerabilidad de diferentes tipos de estructuras y equipos en función de la intensidad del flujo térmico y el tiempo de exposición.

De la Tabla Efectos por Radiación Térmica, se seleccionan los valores que serán utilizados para estimar las zonas de afectación, al personal, a la población, al ambiente e instalaciones.

Tabla I.4.2.12 Efectos por Radiación Térmica

RADIACIÓN TÉRMICA (kW/m ²)	EFEECTO OBSERVADO
37.5	Suficiente para causar daños al equipamiento de proceso, el acero estructural cede en 20 min de exposición.
25	Mínimo de energía requerido para inflamar la madera en exposición larga (sin llama iniciadora).
12.5	Mínimo de energía requerido para inflamar la madera con llama iniciadora. Fundición de tubos plásticos. Causa quemaduras de tercer grado que producen la muerte instantánea.
9.5	Se alcanza el umbral de dolor después de 8 segundos, aparecen quemaduras de 2do. Grado después de 20 seg.
5	Suficiente para causar dolor al personal si es incapaz de ponerse a cubierto en 20 seg., ampollamiento de la piel (quemaduras de 2do grado), inhabilitación de las vías de escape. NIVEL DE REFERENCIA SEMARNAT
1.4	No causa incomodidad para exposiciones largas. NIVEL DE REFERENCIA SEMARNAT

Fuente: DCO-GDOESSSPA-CT-001

 Valores de referencia para evaluar vulnerabilidad de las instalaciones

 Valores de referencia para definir las dimensiones de la zona intermedia de seguridad

Nube de vapores.

Los niveles de sobrepresión a evaluar se seleccionan tomando en cuenta la vulnerabilidad de las instalaciones, las estructuras constructivas y consecuentemente las personas que se encuentran en las mismas. Para el análisis, se toma como referencia los niveles que se dan en la Tabla. Parámetros que definen la Zona de Alto de Riesgo, Tabla. Parámetros que definen la Zona de Amortiguamiento. Y para definir las dimensiones de la zona intermedia de seguridad y se seleccionan valores de la Tabla. Daños producidos por las ondas de expansivas de Explosión. Para la evaluación de la vulnerabilidad del equipamiento.

Tabla I.4.2.13 Daños producidos por las ondas Expansivas de Explosión

SOBREPRESIÓN		EFECTO OBSERVADO
barg	psi	
0.0014	0.02	Ruido Audible (137 dB si es de baja frecuencia 10-15 Hz)
0.0021	0.03	Ruptura ocasional de grandes ventanas de vidrio
0.0028	0.04	Ruido alto (143 dB), boom sónico y ruptura de vidrios
0.0070	0.1	Ruptura de pequeñas ventanas bajo tensión
0.0105	0.15	Presión típica para ruptura de vidrios de ventanas.
0.0207	0.3	"Distancia segura" (probabilidad 0.95 de que no se produzcan daños serios por debajo de este valor); límite de los proyectiles; algunos daños a los techos de las casas; 10% de ruptura de las ventanas de vidrio.
0.0280	0.4	Daños estructurales menores limitados.
0.0350	0.5	Las ventanas pequeñas y grandes son aplastadas. NIVEL DE REFERENCIA DE SEMARNAT
0.05	0.7	Daños menores a estructura de las casas.
0.07	1	Demolición parcial de casas, pueden ser inhabitables/ Las láminas de asbesto son aplastadas, fallan las uniones de paneles de acero y aluminio doblándose, los paneles vuelan. NIVEL DE REFERENCIA DE SEMARNAT
0.14	2	Colapso parcial de muros y techos de edificaciones/ Las paredes de concreto o de bloques ligeros no reforzadas son aplastadas.
0.16	2.3	Límite inferior de los daños estructurales serios.
0.18	2.5	50% de destrucción de los muros de ladrillo de las casas.
0.21	3	Daños ligeros a maquinarias pesadas (3000 lb) en edificios industriales. Los edificios de estructuras metálicas se distorsionan y pueden ser sacados de sus cimientos. /Los edificios de paneles de acero (con o sin marcos de refuerzo son demolidos. Ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
0.28	4	El revestimiento de los edificios industriales ligeros se rompe.
0.35	5	Destrucción casi completa de las casas
0.49	7	Los vagones de ferrocarril cargados se vuelcan.
0.56	8	Los paneles de ladrillos de 8-12" de espesor, no reforzados, fallan por cortante o por flexión
0.63	9	Carros de ferrocarril cargados son destruidos completamente.
0.70	10	Probable destrucción total de edificios, las máquinas herramientas pesadas (7000 lb) son movidas y seriamente dañadas, las máquinas herramientas muy pesadas (12,000 lb) sobreviven.
21	300	Límites de los bordes del cráter de la explosión.

Fuente: DCO-GDOESSPA-CT-001

- Valores de referencia para evaluar vulnerabilidad de las instalaciones
- Valores de referencia para definir las dimensiones de la zona intermedia de seguridad

Explosión de nube de gas no confinada (UVCE).

La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Se pueden ocasionar ondas de sobrepresión. Para que la probabilidad de que ocurra una explosión de una nube de vapor no confinada se requiere que la masa en la nube de vapor fugada sea mayor o igual a 1000 kilogramos de acuerdo con la guía para análisis de riesgos cuantitativos de procesos químicos de la AICHE, "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, AICHE, CCPS, Second edition año 2000, paginas 157-217.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire.

Resultados de Análisis Preliminar.

Listas de verificación ISO 10418:2013

De la aplicación de la Lista de Verificación ISO 10418:2013 para los Turbocompresores, se llevó a cabo el llenado de las **Tablas de Análisis de Seguridad** de acuerdo al tipo de equipo o línea, según la que aplique. A continuación, en la **Tabla I.4.2.14** se muestra el resultado de las Listas de Verificación para cada componente.

Tabla I.4.2.14 Resumen de la ISO 10418:2013

SECCIÓN	IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE DE PROCESO	SISTEMA	RECOMENDACIONES
B.10 Compresores	Paquete de turbocompresión GT-03/GT-04	Estación de Compresión de Gas Cempoala	Sin recomendaciones

Resultados de Análisis Cualitativo

Nodos analizados HazOp.

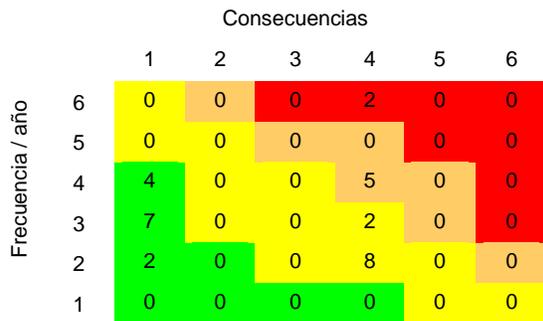
Se tiene un total de 3 Nodos identificados mediante la metodología HazOp para la instalación de los Turbocompresores. El total de las evaluaciones se muestran en la **Tabla I.4.2.15**.

Tabla I.4.2.15 Resumen de resultados de la identificación de riesgos (HazOp)

NODO	DESVIACIONES	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RECOMENDACIONES
1. Succión de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04	4	6	9	0
2. Descarga de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04	4	12	19	14
3. Desfogues	1	1	2	1
Total:	9	19	30	15

Análisis: CENAGAS/DUMÉZ COPISA 2018.

Como resultado se obtuvieron, un total de **30 riesgos** (consecuencias) identificados mediante la metodología HazOp. Se presentan gráficamente la proporción de las regiones de riesgo para cada rubro evaluado (**Figura I.2.4.5**).



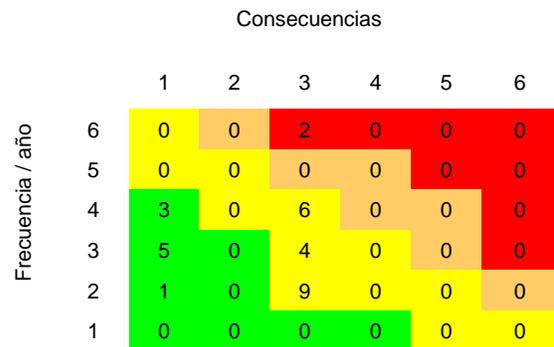
Matriz de jerarquización de riesgo para el personal



Matriz de jerarquización de riesgo para la población



Matriz de jerarquización de riesgo para el medio Ambiente



Matriz de jerarquización de riesgo para la producción y a la instalación

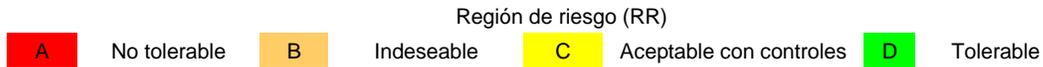


Figura I.4.2.5 Matriz de Riesgos

Análisis: CENAGAS/DUMÉZ COPISA 2018.

La agrupación de los escenarios de riesgo de acuerdo a los rubros evaluados, se muestra en la Tabla Agrupación de Escenarios de Riesgo. Estos resultados del HazOp se obtuvieron sin considerar las salvaguardas o protecciones.

Tabla I.4.2.16 Agrupación de escenarios de riesgo

Rubro	Región de Riesgo							
	A	No Tolerable	B	Indeseables	C	Aceptables con control	D	Aceptables
Daños al Personal	2 escenarios (6.67 %)		5 escenarios (16.67 %)		10 escenarios (33.33 %)		13 escenarios (43.33 %)	
Daños a la población	0 escenarios (0.00 %)		2 escenarios (6.67 %)		8 escenarios (26.67 %)		20 escenarios (66.67 %)	
Impacto ambiental	2 escenarios (6.67 %)		0 escenarios (0.00 %)		16 escenarios (53.33 %)		12 escenarios (40.00 %)	
Daños a la Instalación/ Producción	2 escenarios (6.67 %)		0 escenarios (0.00 %)		19 escenarios (63.33 %)		9 escenarios (30.00 %)	

Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPISA 2018.

En las siguientes figuras se presentan gráficamente la proporción de las regiones de riesgo para cada rubro evaluado.

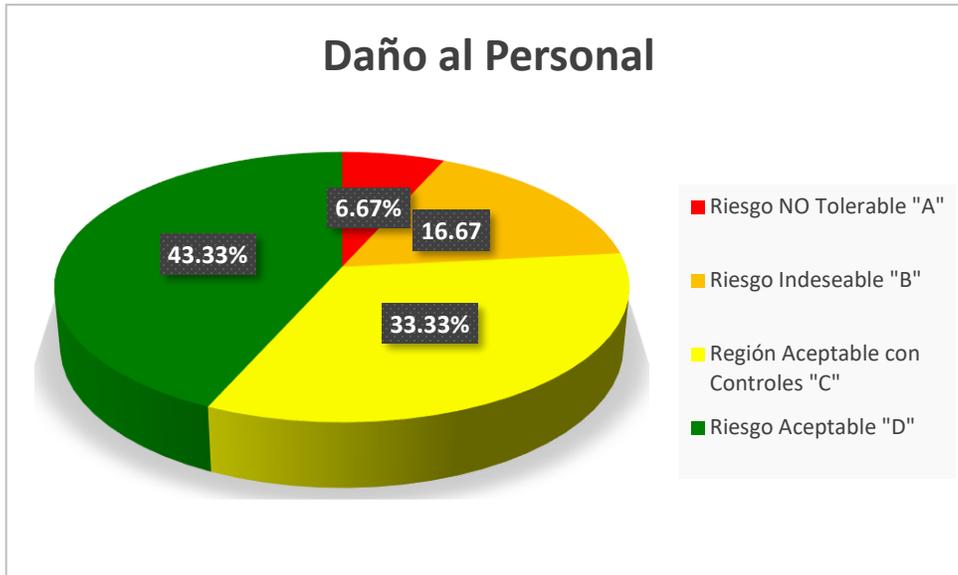


Figura I.4.2.6 Distribución de regiones de riesgo Daño al Personal

Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPISA 2018.

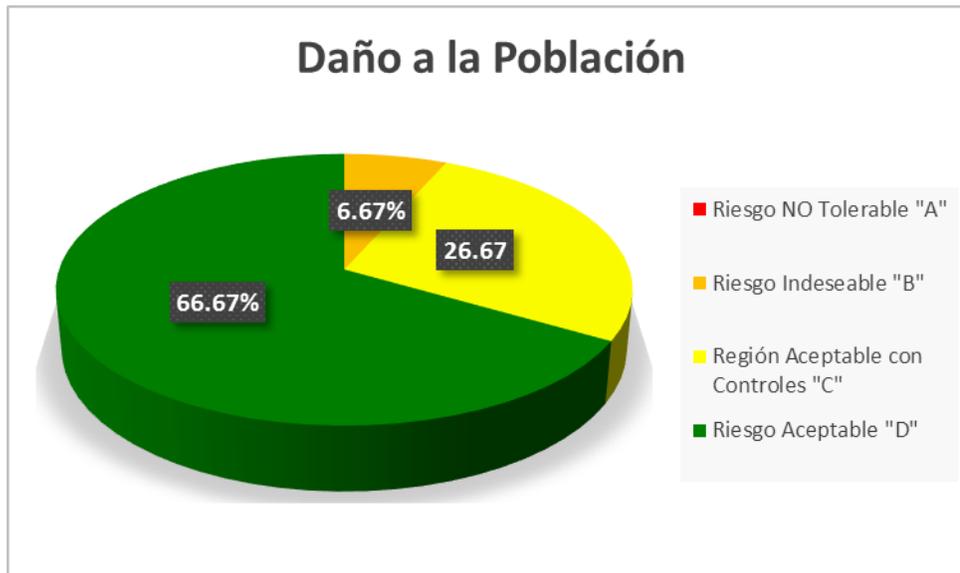


Figura I.4.2.7 Distribución de regiones riesgos Daño a la Población

Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPISA 2018.

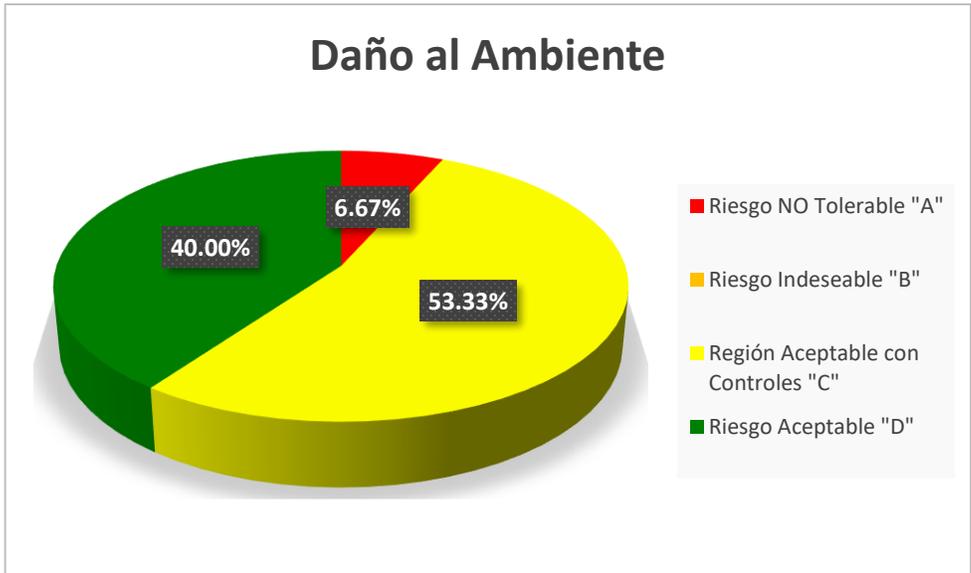


Figura I.4.2.8 Distribución de regiones riesgos Daño al Ambiente

Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPISA 2018.

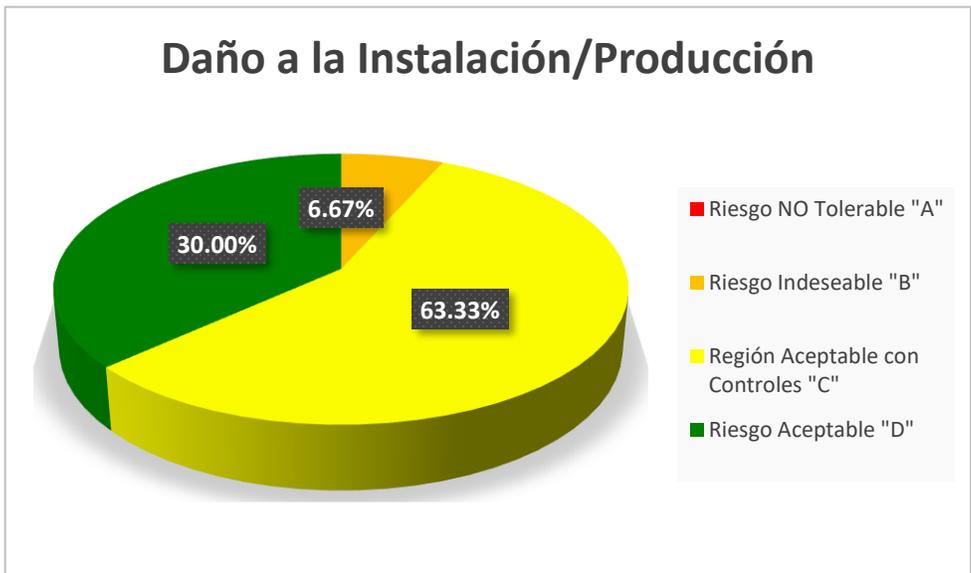


Figura I.4.2.9 Distribución de regiones riesgos Daño a la Instalación/Producción

Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPISA 2018.

Resultados de la Evaluación y Jerarquización de los Escenarios de Riesgo Identificados por el GMAER en el Análisis Preliminar de Riesgos y Análisis de Riesgos Cualitativo.

Los 29 escenarios de riesgos identificados en el HazOp se han clasificado de acuerdo a la Magnitud del Riesgo calculada, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla I.4.2.17 Agrupación de escenarios de Magnitud de Riesgo

RUBRO	MAGNITUD DE RIESGO					
	A	77≥MR≤144	B	C	D	1≥MR≤19
Total	0 escenarios identificados	2 escenarios identificados	17 escenarios identificados	11 escenarios identificados		
Porcentaje	0.00 %	6.67 %	56.67 %	36.67 %		

Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPIA 2018.

Así mismo en la siguiente figura se presentan gráficamente los escenarios de acuerdo a su magnitud de riesgo.

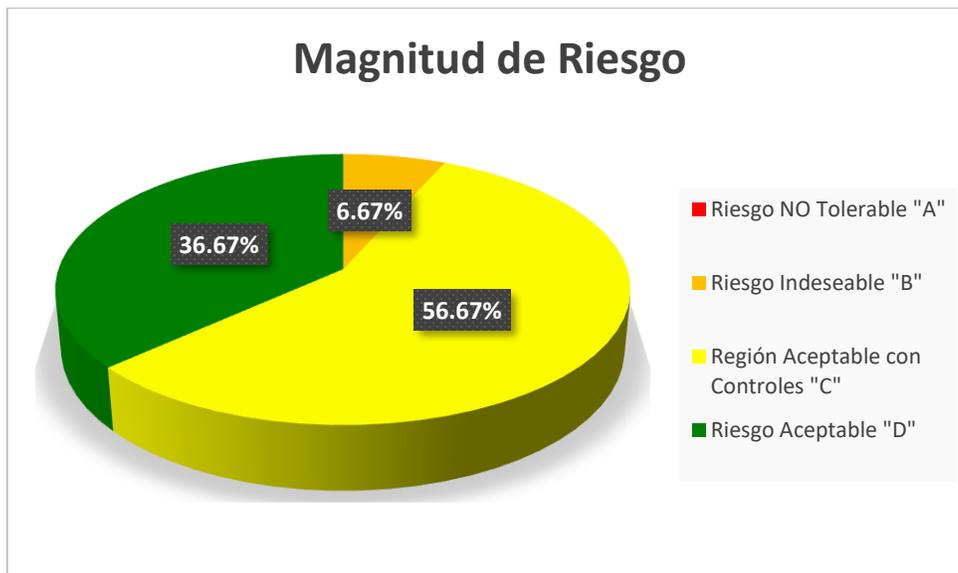


Figura I.4.2.10 Distribución de escenarios de acuerdo a la Magnitud de Riesgo

Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPIA 2018.

Relación de los Escenarios de Riesgos no Tolerables (a) e Indeseables (b) que fueron evaluados en el Análisis de Riesgo Cuantitativo.

Los escenarios identificados en el análisis HazOp que cayeron en la categoría de No Tolerables (A) e Indeseables (B) y que fueron evaluados en el Análisis de riesgo Cuantitativo son los que se indican en la **Tabla I.4.2.18.**

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

Tabla I.4.2.18 Agrupación de escenarios de Magnitud de Riesgo

Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPISA 2018.

NOMBRE DEL ESTUDIO:		ELABORACION DEL “ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO PARA LA INSTALACIÓN DE LOS TURBOCOMPRESORES GT-03/GT-04 EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN CEMPOALA”			FECHA: FEB-2018	
PLANTA O ÁREA DE TRABAJO:		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN CEMPOALA	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO	DPC, RGC, JHS, FMT, JRL, FJDU, MALS, EDC, JLDF, VCL		
NO.	NODO	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MR	
					No	Letra
1	1. Succión de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04	Más presión	1. Paro del paquete de turbocompresión GB-03 o del paquete de turbocompresión GB-04	1. Fuga por puntos débiles (bridas, conexiones, instrumentos, accesorios, etc.) con posibilidad de incendio en caso de encontrar un punto de ignición.	72	B
2	1. Succión de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04	Más presión	1 Paro del paquete de turbocompresión GB-03 o del paquete de turbocompresión GB-04	2. Fuga por puntos débiles (bridas, conexiones, instrumentos, accesorios, etc.) con posibilidad de explosión en caso de encontrar un punto de ignición.	72	B
3	2. Descarga de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04	Más presión	1 Falla cerrada de una de las válvulas: GOV8513 (del compresor GB-03) GOV8613 (del compresor GB-04)	1. Fuga por puntos débiles (bridas, conexiones, instrumentos, accesorios, etc.) con posibilidad de ruptura y de incendio en caso de encontrar un punto de ignición.	48	C
4	2. Descarga de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04	Más presión	1 Falla cerrada de una de las válvulas: GOV8513 (del compresor GB-03) GOV8613 (del compresor GB-04)	2. Fuga por puntos débiles (bridas, conexiones, instrumentos, accesorios, etc.) con posibilidad de ruptura y de explosión en caso de encontrar un punto de ignición.	48	C

Recomendaciones Técnico-Operativas.

A partir de la identificación de los riesgos más probables y de mayor alcance que pueden presentar los procesos de compresión de gas, se han definido recomendaciones destinadas a fortalecer los dispositivos de seguridad de las instalaciones.

- Llevar a cabo el programa de mantenimiento preventivo y predictivo de la Estación de Compresión de Cempoala.
- Aplicar correctamente los procedimientos operativos.
- Llevar a cabo el programa de simulacros.

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.

II.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

De acuerdo con los Escenarios de Riesgos “No Tolerables (a) e Indeseables (b) resultados del análisis de riesgo HazOp presentados en el Capítulo I se realiza análisis de consecuencias.

Resultados de la Evaluación Cuantitativa de los Escenarios de Riesgos “No Tolerables (a) e Indeseables (b) ”.

Resultados. Análisis de consecuencias de los escenarios de mayor riesgo (no tolerables e indeseables), caso alternativo (si fue necesario) y peor(es) caso(s).

Se realiza el Análisis de Riesgo Cuantitativo (Análisis de Consecuencias) para estimar el alcance de los efectos esperados de la ocurrencia de un evento potencialmente peligroso de los escenarios de Riesgos identificados en el Análisis de Riesgo Cualitativo.

Asimismo, se consideran escenarios de Casos Alternos y el escenario de Peor Caso que corresponde a la liberación accidental del mayor inventario de la sustancia peligrosa contenida en el cabezal de descarga, de la cual se obtiene la mayor distancia hasta alcanzar los límites de sobrepresión y radiación térmica, de acuerdo a los criterios para definir zonas intermedias de salvaguarda al entorno de la instalación. Para determinar el Peor Caso no fue necesario identificarlo en el HazOp, ni conocer las causas que pudieran provocarlo ni su probabilidad de ocurrencia, simplemente consideramos que éste sucede (Es el más alto nivel de severidad de un riesgo considerado que fallan todas las protecciones de manera realista)

Tabla II.1.1. Lista de escenarios para realizar Análisis de Consecuencias

NOMBRE DEL ESTUDIO QUE GENERA EL ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS (AC):		Análisis de Riesgo de Proceso para la Instalación de los Turbocompresores GT-03/GT-04 en la Estación de Compresión Cempoala	
CENTRO DE TRABAJO, PLANTA O ÁREA DE TRABAJO		Estación de Compresión Cempoala	
CLAVE	NOMBRE DEL ESCENARIO	REF HazOp	
CENAGAS.EC7C.CMP-01-2018	Fuga de Gas Natural por fisura de 1.25" en la línea de Succión de 24"-PRO-8502 del paquete turbocompresor GT-03, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.2.1, 1.1.2.2	
CENAGAS.EC7C.CA-01-2018	Fuga de Gas Natural por fisura de 1.25" en la línea de Descarga de 24"-PRO-8511 del paquete turbocompresor GT-04, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	2.1.1.1, 2.1.1.2, 2.1.2.1, 2.1.2.2,	
CENAGAS.EC7C.PC-01-2018	Ruptura del cabezal de Descarga 48"-PRO-8419 (API-5LX-X52) de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	2.2.4.1, 2.2.4.2	

Fuente: Lineamientos 800-16400-DCO-GT75, Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001. PC = Peor Caso, CMP= Caso más Probable.

Resultados obtenidos de las simulaciones.

Se jerarquizan los riesgos identificados, en función de las consecuencias máximas posibles que estos puedan producir sobre el personal, la población, el medio ambiente y la instalación, la producción y los bienes de terceros.

En la Tabla. II.1.2 Identificación de las Zonas de Seguridad, están documentados los escenarios de riesgo simulados, en orden descendente de acuerdo a la mayor distancia obtenida para las zonas de seguridad correspondiente, sin importar que sea por efectos de toxicidad, radiación térmica o sobrepresión.

Tabla II.1.2 Identificación de Zonas de Seguridad

Clave del escenario de riesgo	Nombre del escenario de riesgo	Clave clase de evento	Zonas intermedia de salvaguarda (m)							
			Efectos por toxicidad		Efectos por radiación térmica			Efectos por sobrepresión		
			IDLH	TLV8 o TLV15	1.4 kW/m ²	5 kW/m ²	37.5 kW/m ²	1 psi	0.5 psi	3 psi
CENAGAS.EC7 C.CMP-01-2018	Fuga de Gas Natural por fisura de 1.25" en la línea de Succión de 24"-PRO-8502 del paquete turbocompresores GT-03, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	TOX	-	-						
		CHOF			51.24	27.13	10.81			
		CHAF			-	-	-	53.13	34.69	22.29
CENAGAS.EC7 C.CA-01-2018	Fuga de Gas Natural por fisura de 1.25" en la línea de Descarga de 24"-PRO-8511 del paquete turbocompresores GT-04, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	TOX	-	-						
		CHOF			60.68	32.24	12.63			
		CHAF			-	-	-	54.66	35.51	22.65
CENAGAS.EC7 C.PC-01-2018	Ruptura del cabezal de Descarga 48"-PRO-8419 (API-5LX-X52) de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	TOX	-	-						
		CHOF			1802.84	998.47	355.59			
		CHAF			-	-	-	141.3	80.08	38.89

No Alcanza nivel especificado.; -- = No aplica. Fuente: Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPISA 2018.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

Análisis de Vulnerabilidad.

El estudio de Ubicación Segura se realiza aplicando los resultados del Análisis de Consecuencias para administrar los riesgos de explosión, incendio, fuga y/o derrame de hidrocarburos en edificios ocupados por personal que realiza las actividades de operación y/o mantenimiento.

Los edificios y/o estructuras que cubre este apartado, son aquellas construcciones rígidas para uso permanente en lugares fijos, los contenedores, remolques, tiendas de campaña, recintos de tela y otras construcciones de lados suaves quedan fuera del alcance de este apartado. El presente apartado y sus resultados se deberán tomar en cuenta como herramienta para la toma de decisiones en la Ubicación Segura de Instalaciones con el objeto de:

- Localizar al personal lejos de las áreas de proceso consistentes por operaciones seguras y eficaces.
- Reducir al mínimo el uso de los edificios destinados para ser ocupados por personal en las proximidades de las zonas de proceso.
- Administrar la ocupación de los edificios en las proximidades de las áreas de proceso.
- Diseñar, construir, instalar, modificar y/o mantener los edificios destinados para ser ocupados por personal para protegerlos contra explosiones, incendios, fugas y/o derrames de hidrocarburos.
- Administrar el uso de los edificios destinados para ser ocupados por personal, como parte integral del diseño, construcción, mantenimiento y operación de una instalación.

Se describe a continuación los pasos a seguir para realizar el estudio “Ubicación segura de instalaciones (Facility siting)” de acuerdo a los resultados del Análisis de Riesgo de Proceso Integral.

- Primeramente, postular los escenarios con una Magnitud de Riesgo (MR) No Tolerable y/o Indeseable que fueron identificados en el Análisis de Riesgo Cualitativo.
- Realizar el Análisis de Consecuencias para los escenarios de Mayor Riesgo y Peor Caso
- Identificar y graficar en el PLG de la instalación los resultados de las simulaciones de Mayor Riesgo y Peor Caso, para zonas intermedias de salvaguarda (Zonas de Riesgo y Zonas de Amortiguamiento).
- Identificar en el PLG los edificios y/o estructuras que pudieran verse afectados a las zonas intermedias de salvaguarda (Zonas de Riesgo y Zonas de Amortiguamiento).

Tabla II.1.3 Análisis de Vulnerabilidad

CENAGAS	CENTRO DE TRABAJO: Estación de Compresión Cempoala
ESCENARIO	DESCRIPCIÓN DE AFECTACIÓN: 1. PERSONAL/ 2. POBLACIÓN / 3. IMPACTO AMBIENTAL / 4. INSTALACIÓN-PRODUCCIÓN
CENAGAS.EC7C.CMP-01-2018: Fuga de Gas Natural por fisura de 1.25" en la línea de Succión de 24"-PRO-8502 del paquete turbocompresores GT-03, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se presente un evento con una con una radiación térmica de 37.5 kw/m² a una distancia de 10.81 m para Chorro de Fuego, por lo que habrá 100 % de letalidad del personal que se encuentre dentro de estos radios de afectación. Se presenta un evento de sobrepresión tardía que puede generar fatalidades hasta los 22.29 m debido a la presión de 3 psi que generaría la onda explosiva. 2. No se presentan afectaciones hacia la población. 3. Impacto ambiental de mediana magnitud emitiendo gases de combustión generados por incendio 4. Esta intensidad de radiación Es suficiente para causar daños a equipos de proceso hasta los 10.81 m aledaños al punto de la fuga. Para sobrepresión se tendrá una afectación hasta los 22.29 m para explosión tardía, correspondientes a 3 psi que es suficiente para causar daños al ligeros a maquinarias pesadas (3000 lb) en edificios industriales. Los edificios de estructuras metálicas se distorsionan y pueden ser sacados de sus cimientos. Los edificios de paneles de acero (con o sin marcos de refuerzo son demolidos. Ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo).
CENAGAS.EC7C.CA-01-2018: Fuga de Gas Natural por fisura de 1.25" en la línea de Descarga de 24"-PRO-8511 del paquete turbocompresores GT-04, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se presente un evento con una con una radiación térmica de 37.5 kw/m² a una distancia de 12.63 m para Chorro de Fuego, por lo que habrá 100 % de letalidad del personal que se encuentre dentro de estos radios de afectación. Se presenta un evento de sobrepresión tardía que puede generar fatalidades hasta los 22.65 m debido a la presión de 3 psi que generaría la onda explosiva. 1. No se presentan afectaciones hacia la población. 2. Impacto ambiental de mediana magnitud emitiendo gases de combustión generados por incendio <p>Esta intensidad de radiación Es suficiente para causar daños a equipos de proceso hasta los 12.63 m aledaños al punto de la fuga. Para sobrepresión se tendrá una afectación hasta los 22.65 m para explosión tardía, correspondientes a 3 psi que es suficiente para causar daños al ligeros a maquinarias pesadas (3000 lb) en edificios industriales. Los edificios de estructuras metálicas se distorsionan y pueden ser sacados de sus cimientos. Los edificios de paneles de acero (con o sin marcos de refuerzo son demolidos. Ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo).</p>
CENAGAS.EC7C.PC-01-2018: Ruptura del cabezal de Descarga 48"-PRO-8419 (API-5LX-X52) de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se presente un evento con una con una radiación térmica de 37.5 kw/m² a una distancia de 355.59 m para Chorro de Fuego, por lo que habrá 100 % de letalidad del personal que se encuentre dentro de estos radios de afectación. Se presenta un evento de sobrepresión tardía que puede generar fatalidades hasta los 355.59 m debido a la presión de 3 psi que generaría la onda explosiva 1. No se presentan afectaciones hacia la población. 2. Impacto ambiental de mediana magnitud emitiendo gases de combustión generados por incendio 3. Esta intensidad de radiación Es suficiente para causar daños a equipos de proceso hasta los 355.59 m aledaños al punto de la fuga. Para sobrepresión se tendrá una afectación hasta los 355.59 m para explosión tardía, correspondientes a 3 psi que es suficiente para causar daños al ligeros a maquinarias pesadas (3000 lb) en edificios industriales. Los edificios de estructuras metálicas se distorsionan y pueden ser sacados de sus cimientos. Los edificios de paneles de acero (con o sin marcos de refuerzo son demolidos. Ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo).

Fuente: Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPISA 2018.

Descripción de cual (es) sería (n) el (los) escenario (s) de mayor riesgo, caso alternativo (si fue necesario) y peor caso.

Los escenarios evaluados de mayor riesgo se indican en la tabla siguiente:

Tabla II.1.4 Escenarios de Mayor Riesgo

ORGANISMO: CENAGAS PLANTA O ÁREA DE TRABAJO: ESTACIÓN DE COMPRESIÓN CEMPOALA				EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO: DPC, RGC, JHS, FMT, JRL, FJDU, MALS, EDC, JLDF, VCL						
ESCENARIO	MR	TIPO	INCENDIO (Kw/m ²)			FLASH FIRE		EXPLOSIÓN (psi)		
			1.4	5.0	37.5	0.5 LII	LII	0.5	1.0	3.0
CENAGAS.EC7C.CMP-01-2018 Fuga de Gas Natural por fisura de 1.25" en la línea de Succión de 24"-PRO-8502 del paquete turbocompresores GT-03, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	B	CHOF	51.24	27.13	10.81					
		CHAF	-	-	-					
		EXP						53.13	34.69	22.29
CENAGAS.EC7C.CA-01-2018 Fuga de Gas Natural por fisura de 1.25" en la línea de Descarga de 24"-PRO-8511 del paquete turbocompresores GT-04, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	B	CHOF	60.68	32.24	12.63					
		CHAF	-	-						
		EXP						54.66	35.51	22.65
CENAGAS.EC7C.PC-01-2018 Ruptura del cabezal de Descarga 48"-PRO-8419 (API-5LX-X52) de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición	B	CHOF	1802.8 4	998.47	355.59					
		CHAF	-	-	-					
		EXP						141.3	80.08	38.89

Análisis: CENAGAS/DUMEZ COPISA 2018.

Los diagramas de pétalos se pueden observar en el **Anexo 4**.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

II.2. INTERACCIONES DE RIESGO

Las zonas vulnerables se encuentran definidas por los radios de la zona de alto riesgo resultantes de la simulación; estas áreas forman una zona de riesgo en caso de que ocurriera un evento extraordinario relacionado con la operación de la Estación de Compresión de Gas Cempoala. Los radios máximos de afectación en el caso de una radiación térmica resultan de los escenarios en los cuales se representa la ruptura del cabezal de Descarga 48"-PRO-8419 (API-5LX-X52) de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04, con posibilidad de incendio y/o explosión en caso de encontrar punto de ignición.

Ninguna de las zonas de alto riesgo afecta zonas vulnerables y/o asentamientos humanos.

II.3. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Diagnóstico Ambiental.

a) Integración e interpretación del inventario ambiental.

- Normativos:

No existen instrumentos que regulen el uso de suelo en la zona de estudio, por lo que existe diversidad de usos de suelo y el proyecto no se contrapone a los objetivos de los diversos Planes de Desarrollo Nacional, Estatal o Municipal, y cumple a cabalidad con la normativa ambiental vigente.

- De diversidad:

Debido a que es una zona con actividades agrícolas predominantes, la zona se ha visto afectada en su composición original, por lo cual la diversidad de especies no es significativa.

- Rareza:

La distribución de los recursos naturales en la zona es homogénea.

- Naturalidad:

Dado que la presencia y las consecuencias de las actividades en el sistema ambiental son permanentes; la promovente llevará a cabo las medidas de prevención, control y mitigación recomendadas en el presente estudio, para minimizar el impacto a estos ecosistemas.

- Grado de aislamiento:

No se identificaron comunidades susceptibles de aislamiento por parte del proyecto o de procesos naturales en la zona de estudio.

- Calidad:

Debido a que no existen industrias pesadas o de transformación cerca de la zona donde se pretende ubicar el proyecto, y la región ha sido deteriorada ambientalmente en gran medida por actividades agrícolas, la calidad ambiental no se verá afectada de manera significativa.

b) Síntesis del inventario.

De acuerdo a la información descrita en los apartados anteriores, se concluye que en el área de estudio el sistema ambiental se encuentra perturbado por la presencia y desarrollo de actividades agrícolas, prueba de ello es la existencia de cultivos de caña de azúcar.

En general la actividad de explotación de hidrocarburos y obras asociadas se encuentra consolidada y goza de aceptación entre la comunidad, debido principalmente al pago a precio razonable de las superficies ocupadas por los proyectos y por la apertura de vías de comunicación (terracerías) que enlazan los pozos, ductos e instalaciones con las vías principales de comunicación y localidades urbanas.

A continuación, se presenta el resultado de la interacción en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto con los componentes ambientales, indicando en cada caso la interacción potencial hacia el componente del medio natural (Indicador Ambiental).

Tabla II.3.1 Interacción del Proyecto con los Componentes Ambientales

ACTIVIDAD	COMPONENTE DEL MEDIO NATURAL	INTERACCIÓN
Etapas de Preparación del Sitio		
Cortes y excavaciones	Aire	Emisión de gases y polvo, Ruido
	Geología y geomorfología	Ninguna
	Suelo	Generación de Residuos
	Agua superficial	Ninguna
	Agua subterránea	Ninguna
	Vegetación terrestre	Ninguna
	Fauna terrestre	Ninguna
	Paisaje	Cambio de vistas escénicas
	Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales
Transporte de la maquinaria y equipo de trabajo.	Aire	Emisión de gases y polvo, Ruido
	Geología y geomorfología	Inestabilidad temporal
	Suelo	Generación de residuos
	Agua superficial	Ninguna
	Agua subterránea	Ninguna
	Vegetación terrestre	Ninguna
	Fauna terrestre	Ninguna
	Paisaje	Cambio de vistas escénicas
	Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales
Etapas de Construcción		
Obra Civil: Elaboración y vaciado de concreto hidráulico	Aire	Emisión de gases y polvo, Ruido
	Geología y geomorfología	Modificación permanente de la superficie
	Suelo	Generación de Residuos
	Agua superficial	Ninguna
	Agua subterránea	Ninguna
	Vegetación terrestre	Ninguna
	Fauna terrestre	Ninguna
	Paisaje	Cambio de vistas escénicas
	Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales
Fabricación y montaje de estructuras metálicas	Aire	Emisión de gases y polvo, Ruido
	Geología y geomorfología	Ninguna
	Suelo	Generación de Residuos
	Agua superficial	Ninguna
	Agua subterránea	Ninguna
	Vegetación terrestre	Ninguna
	Fauna terrestre	Ninguna
	Paisaje	Cambio de vistas escénicas
	Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales
Instalación de Tubería, obra eléctrica e instrumentación.	Aire	Emisión de gases y polvo, Ruido
	Geología y geomorfología	Ninguna
	Suelo	Generación de Residuos
	Agua superficial	Ninguna
	Agua subterránea	Ninguna
	Vegetación terrestre	Ninguna

ACTIVIDAD	COMPONENTE DEL MEDIO NATURAL	INTERACCIÓN	
	Fauna terrestre	Ninguna	
	Paisaje	Cambio de vistas escénicas	
	Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales	
Instalación de Equipos de Compresión	Aire	Emisión de gases y polvo, Ruido	
	Geología y geomorfología	Ninguna	
	Suelo	Generación de Residuos	
	Agua superficial	Ninguna	
	Agua subterránea	Ninguna	
	Vegetación terrestre	Ninguna	
	Fauna terrestre	Ninguna	
	Paisaje	Cambio de vistas escénicas	
Pruebas y puesta en marcha.	Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales	
	Aire	Emisión de gases y polvo, Ruido	
	Geología y geomorfología	Ninguna	
	Suelo	Generación de Residuos	
	Agua superficial	Ninguna	
	Agua subterránea	Ninguna	
	Vegetación terrestre	Ninguna	
	Fauna terrestre	Ninguna	
Paisaje	Cambio de vistas escénicas		
	Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales	
	Etapas de Operación y Mantenimiento		
	Inspección y vigilancia	Aire	Control de emisiones
		Geología y geomorfología	Ninguna
		Suelo	Control de residuos
		Agua superficial	Ninguna
		Agua subterránea	Ninguna
Vegetación terrestre		Ninguna	
Fauna terrestre		Ninguna	
Paisaje		Ninguna	
Mantenimiento preventivo	Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales	
	AIRE	Control de emisiones	
	Geología y geomorfología	Ninguna	
	Suelo	Control de residuos	
	Agua superficial	Ninguna	
	Agua subterránea	Ninguna	
	Vegetación terrestre	Ninguna	
	Fauna terrestre	Ninguna	
Mantenimiento correctivo	Paisaje	Ninguna	
	Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales	
	Aire	Control de emisiones	
	Geología y geomorfología	Ninguna	
	Suelo	Manejo de residuos	
	Agua superficial	Ninguna	
	Agua subterránea	Ninguna	
	Vegetación terrestre	Ninguna	
Fauna terrestre	Ninguna		
Etapas de Abandono del Sitio			



Estudio de Riesgo Ambiental

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS
TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN
DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ



ACTIVIDAD	COMPONENTE DEL MEDIO NATURAL	INTERACCIÓN
Clausura y limpieza	Aire	Emisión de gases y polvo
	Geología y geomorfología	Ninguna
	Suelo	Generación de Residuos
	Agua superficial	Ninguna
	Agua subterránea	Ninguna
	Vegetación terrestre	Rehabilitación de estratos vegetales
	Fauna terrestre	Acercamiento de fauna
	Paisaje	Ninguna
Socioeconómicos	Generación de empleos, beneficios regionales	

Fuente: Elaboración en gabinete a partir de Tabla 1 de la Guía para la Presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental, Industria del Petróleo, Modalidad Particular, SEMARNAT, 2002.

III. SEÑALAMIENTOS DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

III.1. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.

Se muestra a continuación las recomendaciones resultantes de la aplicación de la metodología en la siguiente tabla para la identificación de riesgos.

Tabla III.1.1 Recomendaciones Técnico-Operativas

RECOMENDACIONES
1.-Automatizar la válvula POV-071 y colocarle una válvula cargadora.
2.-Incluir transmisores de presión y temperatura por cada tren de regulación del paquete PA-04.
3.-Instalar sistemas de detección de Gas & Fuego en los compresores GT-03/GT04.
4.-Instalar sistema de diluvio en los compresores GT-03/GT-04
5.-Revisar secuencia de desfogue de compresores y cabezales de succión y descarga en caso de paro de emergencia

III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD

Para la eliminación de riesgos a explosiones será necesario el establecimiento de sistemas de seguridad enfocados a prevenir y mitigar los accidentes que pueden generar los daños máximos probables, para el presente estudio se consideran los siguientes sistemas:

A. Prevención de eventos extraordinarios.

a) Medidas de seguridad

- Programa de simulacros.
- Programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la Estación de Compresión de Gas.
- Programa de medición de espesores.
- Procedimientos operativos.

b) Equipos, dispositivos y sistemas de seguridad

- 2 Válvulas de corte SDV
- Válvula de seguridad PSV en los separadores
- Quemador elevado.
- Válvula de seguridad PSV (Filtro).

B. Control y atención de eventos extraordinarios.

a) Medidas de seguridad

- 2 Válvulas de corte SDV
- Válvulas de seguridad PSV
- Quemador elevado.
- Extintores de polvo químico seco de diversas capacidades
- Equipo de Apoyo.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

La construcción y/o modernización de las instalaciones de CENAGAS está regulada por normas, reglamentos de calidad de materiales y procedimientos de construcción que garantizan las condiciones de seguridad de las mismas.

Las medidas preventivas que se aplicarán en la operación de la Estación de Compresión de Gas Cempoala para la protección al entorno ambiental serán las siguientes:

- Programa de inspección.
- Programa de simulacros.
- Programa de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Programa de medición de espesores.
- Procedimientos operativos.

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

IV. RESUMEN

IV.1. SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

La ejecución del proyecto ocasionará impactos adversos poco significativos, manifestados de manera puntual solo en el área destinada a llevar a cabo el proyecto dentro de la Estación de Compresión de Gas Cempoala, que contempla una superficie de 1,948.28 m² para las obras del proyecto. El uso de suelo característico de la zona circundante a la estación corresponde a agricultura de riego de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) principalmente.

La Estación de Compresión de Gas Cempoala no se localiza dentro de Áreas Naturales Protegidas, Regiones Hidrológicas Prioritarias, o Sitios Ramsar; sin embargo, se ubica dentro de la Región Terrestre Prioritaria *Dunas Costeras del Centro de Veracruz* y dentro del Área de Importancia de Conservación de las *Aves Centro de Veracruz*, cabe mencionar que aun estando dentro de estas áreas de conservación no se compromete la viabilidad ambiental de la zona, dado que no se contempla perturbar, aprovechar y/o explotar los recursos hídricos, vegetales o faunísticos de la zona de estudio, recalcando el hecho de que desde la construcción de la Estación de Compresión de Gas Cempoala se han respetado todas y cada una de las medidas de mitigación propuestas tanto por los estudios ambientales que anteceden al presente, como por el estricto cumplimiento de la normatividad ambiental. Por lo cual, la implementación del proyecto no compromete de manera alguna al ambiente.

De acuerdo al Mapa de Uso de Suelos de INEGI modificado por CONABIO y visita de campo, la instalación se ubica principalmente sobre suelos con uso de agricultura de riego de caña de azúcar.

Los impactos más importantes se manifestarán durante la etapa de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento incidiendo principalmente en el aire, suelo y paisaje.

Las emisiones a la atmósfera ocasionadas por el funcionamiento de maquinaria y equipo basado en combustión interna son en volúmenes bajos e intermitentes. El nivel de ruido se incrementará en la zona debido al uso de la maquinaria, por lo que se verán afectados temporalmente los pequeños asentamientos en los alrededores de la obra.

Dentro de los impactos benéficos identificados se destaca la generación de empleos.

Durante el desarrollo del proyecto se considerarán las disposiciones en materia de construcción de obra y protección al ambiente, mediante la aplicación de las diversas disposiciones establecidas en el presente estudio y por las autoridades federales, estatales y/o municipales junto con los lineamientos internos de CENAGAS.

Considerando que el proyecto contribuye en forma importante al desarrollo de la economía local, estatal y nacional al contribuir a satisfacer la demanda de energéticos y no ocasionar cambios significativos en la dinámica natural de las comunidades de flora y fauna, se puede calificar bajo las condiciones y bases establecidas en el presente estudio como **AMBIENTALMENTE FACTIBLE**.

IV.2. HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.

Con base en los resultados del análisis de riesgo, se determina que el proyecto cumple con las especificaciones técnicas de normas y procedimientos que permiten una operación con riesgo controlado. Sin embargo, el análisis bajo la metodología HAZOP ha permitido identificar algunas posibles desviaciones con respecto a los propósitos de diseño y operación, que podrían generar una situación de riesgo. Las desviaciones principales se describen a continuación:

Nodos:

1. Succión de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04.
2. Descarga de los paquetes turbocompresores GT-03 y GT-04.

Desviación:

Más presión.

Causas:

1. Paro del paquete de turbocompresión GB-03 o del paquete de turbocompresión GB-04.
2. Falla cerrada de una de las válvulas: GOV8513 (del compresor GB-03) y GOV8613 (del compresor GB-04).

La matriz de jerarquización de riesgos para los escenarios asociados a las desviaciones indica una Región de Riesgo Tolerable "C", en el cual el riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Se deben continuar las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

El tipo de fuga más frecuente es causada por erosión o corrosión de los materiales, por lo que los diámetros de orificios generados no son de gran tamaño y se pueden presentar una o más veces durante la vida útil de la instalación.

Las áreas de afectación para cada uno de los escenarios son las siguientes:

Tabla IV.2.1 Áreas de Afectación

Escenario	Área de afectación por radiación térmica (m ²)	Área de afectación por sobrepresión (m ²)
1	10.81	22.29
2	12.63	22.65
3	355.59	355.59

Fuente: PHAST 7.2 (Process Hazard Analysis Software Tool).

	Estudio de Riesgo Ambiental	 
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE DOS TURBOCOMPRESORES EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS CEMPOALA, VERACRUZ	

IV.3. PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO

En la figura IV.3.1 se muestran los datos generales de la empresa que elabora el estudio.

Fecha de Ingreso											
DATOS DE LA COMPAÑÍA ENCARGADA DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO											
Compañía	FUNCTIONAL SAFETY & ENGINEERING S.A DE C.V					Registro					
Nombre de la persona responsable	Jean Francois Christophe					Cargo					
DATOS GENERALES DE LA EMPRESA											
No. de Registro INE	NA				R.F.C.	GAJE731022690					
Nombre	FUNCTIONAL SAFETY & ENGINEERING S.A DE C.V										
Nombre del Proyecto	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CEMPOALA										
Objeto de la Instalación o Proyecto	Instalación de dos Turbocompresores										
UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES											
Calle y Número						Colonia/Localidad					
Municipio/Delegación						Estado	Veracruz				
Código Postal											
DOMICILIO PARA OIR O RECIBIR NOTIFICACIONES											
Calle y Número	Boulevard del Mar N°468					Colonia/Localidad					
Municipio/Delegación	Boca de Río					Estado	Veracruz				
Código Postal	94299										
Teléfonos	229) 130 0920			Fax				Correo electrónico			
Nombre del representante de la empresa	Gustavo Juárez Solís										
Cargo	Responsable Técnico										
GIRO DE LA EMPRESA											
<input checked="" type="checkbox"/>	Petróleo y derivados	<input type="checkbox"/>	Petroquímico	<input type="checkbox"/>	Químico	<input type="checkbox"/>	Metalúrgico				
<input type="checkbox"/>	Otros especificar										
USO DE SUELO DONDE SE ENCUENTRA LA EMPRESA											
<input type="checkbox"/>	Agrícola	<input checked="" type="checkbox"/>	Rural	<input type="checkbox"/>	Habitacional	<input type="checkbox"/>	Industrial				
<input type="checkbox"/>	Comercial	<input type="checkbox"/>	Mixto								
LA EMPRESA SE ENCUENTRA UBICADA EN UNA ZONA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS											
<input type="checkbox"/>	Zona industrial	<input type="checkbox"/>	Zona habitacional	<input type="checkbox"/>	Zona suburbana	<input checked="" type="checkbox"/>	Zona rural				
<input type="checkbox"/>	Parque industrial	<input type="checkbox"/>	Zona urbana								
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA						SUPERFICIE					
LATITUD N			LONGITUD W								
19° 31' 00.32"			96° 22' 38.69"			Requerida	1,948.28 m ²		m ²		
19° 31' 02.09"			96° 22' 31.64"			Total	81,518 m ²		m ²		
19° 30' 50.02"			96° 22' 28.32"								
19° 30' 48.31"			96° 22' 35.35"								

Figura IV.3. 1 Datos Generales.

Las tablas del informe técnico se encuentran en el **Anexo 8**.