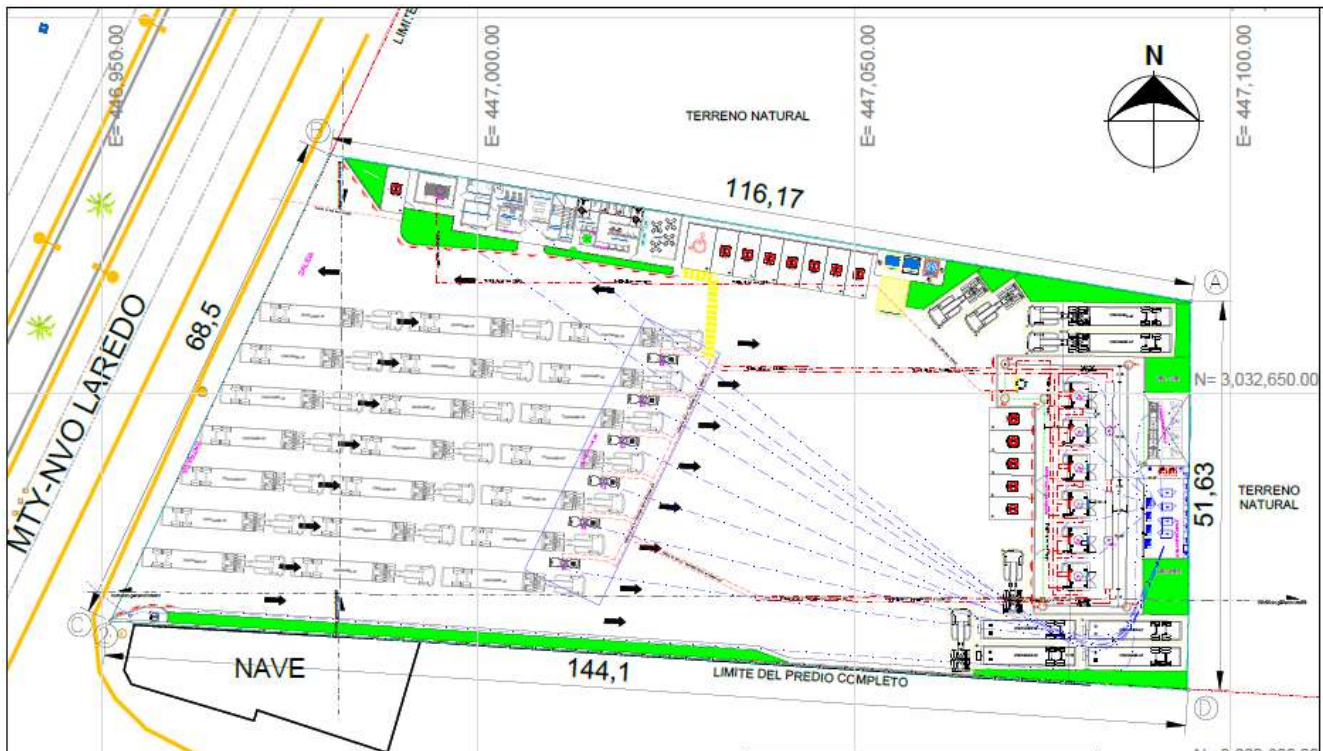


ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL



Proyecto: Estación de servicio Hipódromo

Ubicación: Carretera Nacional México – Laredo #9401, Manzana 080, Lote 237, Col. Norte América No. 1, CP: 88293, Nuevo Laredo, Tamaulipas.

Modalidad: Análisis de riesgo

Promovente: NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I DE C.V.

Consultor: SAI ENVIRONMENTAL SERVICES

Responsable del Estudio: M. en C. Anahí Silva Sánchez

Fecha de Elaboración: Junio 2020

M. en C. ANAHI SILVA SANCHEZ

RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

I.Q.A. ARIADNE SAMANTHA CANO JAIMES

RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO
DE RIESGO AMBIENTAL

DATOS GENERALES

CONTENIDO

DATOS GENERALES	6
DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE.....	6
Nombre o razón social de la empresa u organismo	6
Registro Federal de Contribuyentes de la empresa.....	6
Nombre y cargo del representante legal	6
Actividad productiva principal del establecimiento	6
Domicilio del establecimiento donde pretende instalarse el proyecto.....	6
Domicilio para oír y recibir notificaciones	7
Fecha de inicio de operaciones	7
Participación de capital.....	9
Inversión estimada.....	9
DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	10
Nombre o razón social.....	10
Registro Federal de contribuyentes	10
Nombre del responsable de la elaboración del estudio de riesgo ambiental.....	11
Registro Federal de contribuyentes, CURP, Cédula profesional.....	11
Dirección del responsable de la elaboración del estudio de riesgo ambiental.....	11
I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	13
I.1. BASES DE DISEÑO	13
I.1.1 Proyecto civil	13
I.1.2. Proyecto mecánico	15
I.1.3. Proyecto sistema contra-incendio.....	21
I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.....	28
I.2.1. Hojas de seguridad	39
I.2.2. Almacenamiento.....	40
1.2.2.1 Sistema de almacenamiento de GNC	40
1.2.2.2 Sistemas de suministro de GNC	44
I.2.3. Equipos de proceso y auxiliares	48
1.2.3.1 Sistemas de acondicionamiento de GNC.....	48

1.2.3.2 Sistemas de tuberías de gas natural de baja presión y de GNC de alta presión.....	49
1.2.3.3 Sistemas de compresión de GNC	60
I.2.4. Pruebas de verificación	63
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	74
1.3.1. Especificación del cuarto de control	75
1.3.2. Sistemas de aislamiento	75
I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	75
1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes	79
1.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización	79
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES	93
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	98
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO	108
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL	110
III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.....	159
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS	159
Recomendaciones generales	159
Recomendaciones derivadas del análisis de consecuencias	159
III.1.1 Sistemas de seguridad.....	160
III.1.2 Medidas preventivas	162
IV. RESUMEN.....	168
IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	168
IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.....	169
IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO	182
V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	188
V.1 ANEXOS	188
BIBLIOGRAFÍA	200

DATOS GENERALES

DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

Nombre o razón social de la empresa u organismo

NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I. de C.V., acredita su constitución legal ante la fe del Lic. Francisco Guerra Malo, Notario Titular de la Notaría número Veintiséis del estado de Querétaro, en la escritura Número 16,402 Dieciséis mil cuatrocientos dos, Tomo 269 Doscientos sesenta y nueve, Expediente 6023/12 (Anexo).

Registro Federal de Contribuyentes de la empresa

La empresa NATGAS QUERÉTARO S.A.P.I. de C.V. se encuentra inscrita en el Registro Federal de Contribuyentes bajo la cédula fiscal NQU120510QZ7 (Anexo).

Nombre y cargo del representante legal

Juan Josué Hernández Tapia, Director de Proyectos, acredita su personalidad jurídica en la escritura Número 16,402 Dieciséis mil cuatrocientos dos, Tomo 269 Doscientos sesenta y nueve, Expediente 6023/12.

Actividad productiva principal del establecimiento

Venta de gas natural comprimido a vehículos automotores

Domicilio del establecimiento donde pretende instalarse el proyecto

Carretera Nacional México – Laredo #9401, Manzana 080, Lote 237, Col. Norte América No. 1, CP: 88293, Nuevo Laredo, Tamaulipas.

En la siguiente figura se puede observar la localización de la Estación de servicio Hipódromo



Figura 1. Localización del predio del proyecto

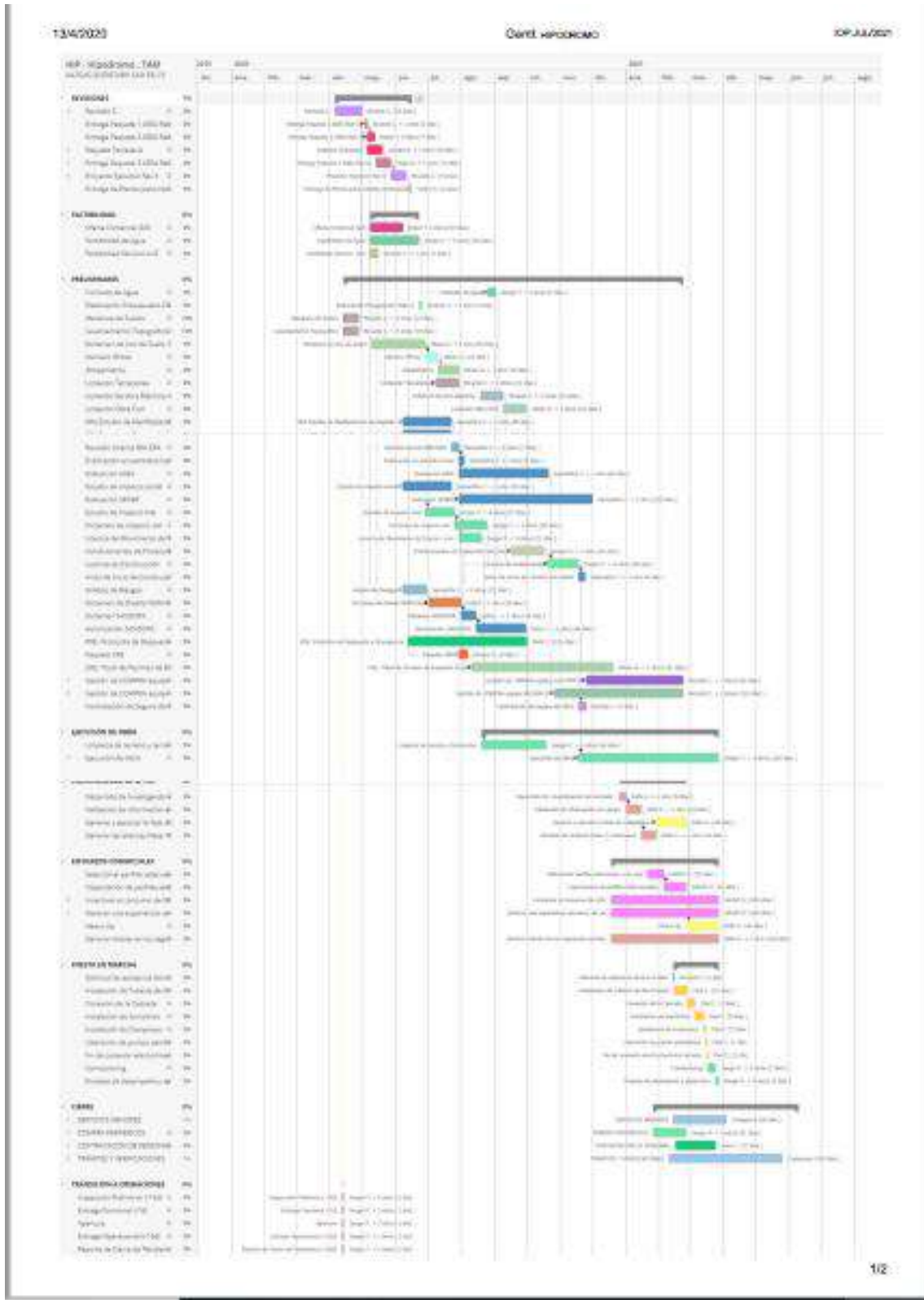
Domicilio para oír y recibir notificaciones

Domicilio, Teléfono y Correo Electrónico del Representante Legal, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Fecha de inicio de operaciones

Se pretende iniciar operaciones una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes. Se consideran 15 meses de actividades para el desarrollo del proyecto y de esta manera iniciar operaciones.

El Plan de Trabajo para la Estación de servicio Hipódromo el cual comprende todas las etapas y actividades mostradas en la siguiente imagen;



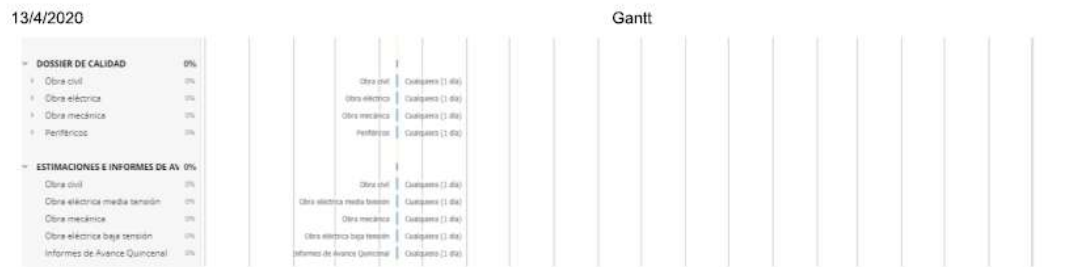


Figura 2. Cronograma Estación de servicio Hipódromo

Participación de capital

Nacional

Inversión estimada

Para el desarrollo del proyecto se estima una inversión total de [REDACTED]

Datos Patrimoniales de la Persona Moral, Art. 113 fracción III de la LFTAIP y 116 cuarto párrafo de la LGTAIP.

El monto no considera los costos asociados a las medidas de mitigación que se desprendan del presente estudio en materia de Riesgo Ambiental, así como el correspondiente estudio en materia de Impacto Ambiental. En la siguiente tabla se desglosa a detalle la inversión para la Estación de servicio Hipódromo:

EDS HIP		Monto (\$)	Monto TOTAL (\$)				
ITEM	DEGLOSE						
EQUIPO SECUNDARIO	EQUIPO DE CÓMPUTO	Datos Patrimoniales de la Persona Moral, Art. 113 fracción III de la LFTAIP y 116 cuarto párrafo de la LGTAIP.					
	MOBILIARIO OFICINA						
	PERIFERICO MAQUINARIA						
	OBRA ELECTRÓNICA						
	SUMA EQUIPO SECUNDARIO						
OBRA MECÁNICA	OBRAS MECÁNICAS						
	EQUIPO MECÁNICO SURTIDOR UHF						
	EQUIPO MECÁNICO SURTIDOR UHF						
	EQUIPO MECÁNICO SURTIDOR UHF						
	EQUIPO MECÁNICO SURTIDOR UHF						
	EQUIPO MECÁNICO SURTIDOR UHF						
	EQUIPO MECÁNICO SURTIDOR UHF						
	EQUIPO MECÁNICO 1 COMPRESOR SINGLE						
	EQUIPO MECÁNICO 1 COMPRESOR SINGLE						
	EQUIPO MECÁNICO 1 COMPRESOR SINGLE						
	EQUIPO MECÁNICO 1 COMPRESOR SINGLE						
	EQUIPO MECÁNICO 1 COMPRESOR SINGLE						
	EQUIPO MECÁNICO 1 COMPRESOR SINGLE						
	CILINDROS DE ALMACENAMIENTO						
	FLETES, COMMISSIONING, GASTOS ADUANALES						
	SUMA OBRA MECÁNICA						
	OBRA ELÉCTRICA					OBRA ELÉCTRICA	
MAQUINARIA ELÉCTRICA							
SUMA OBRA ELÉCTRICA							
OBRA CIVIL CONSTRUCCION		Datos Patrimoniales de la Persona Moral, Art. 113 fracción III de la LFTAIP y 116 cuarto párrafo de la LGTAIP.					
TRÁMITES Y ESTUDIOS							
TOTAL							

Tabla 1. Inversión Estimada

DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

Nombre o razón social

SAI Environmental Services / M. en C. Anahí Silva Sánchez

Registro Federal de contribuyentes

SISA830701KPA (Anexo)

Nombre del responsable de la elaboración del estudio de riesgo ambiental

M. en C. Anahí Silva Sánchez

Registro Federal de contribuyentes, CURP, Cédula profesional

Clave Única de Registro Poblacional del Responsable Técnico del Estudio, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Cédula Profesional: 5484852

Dirección del responsable de la elaboración del estudio de riesgo ambiental

Domicilio, Teléfono y Correo Electrónico del Responsable Técnico del Estudio, Art. 113 fracción de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

I.1. BASES DE DISEÑO

I.1.1 Proyecto civil

El Proyecto Estación de servicio Hipódromo en el municipio de Nuevo Laredo, consiste en la construcción y operación de una estación de servicio de expendio de gas natural al público, y pretende ser desplantado en un predio que cuenta con un área total de **7,538.00 m²**.

El diseño, especificaciones de construcción y operación del proyecto se encuentran bajo lo estipulado en la **NOM-010-ASEA-2016, Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores.**

En dicha norma se determina una clasificación de los tipos de Estación de acuerdo con las características y elementos de las mismas. Para el caso del presente estudio la Estación de Servicio corresponde a **Tipo de Llenado Rápido**, las cuales están constituidas por los componentes básicos siguientes: Estación de regulación y medición; Sistema de compresión; Panel prioritario; Almacenamiento (cascada pulmón); Surtidor o poste; Sistema de paro de emergencia; Filtro a la entrada y salida del compresor; Sistema de seguridad contra incendio, y Componentes de seguridad de alarma. Los Elementos optativos son: Panel secuencial; Secador de gas; Sistema de compensación de carga, y Odorizador.

Instalaciones de la estación:

El proyecto se desarrollará dentro de los límites de un predio con un área de **7,538.00 m²**.

Dicha estación considera la instalación y colocación de:

- Oficinas
- Cuarto eléctrico
- Área de Transformadores
- ERM
- Recinto de Compresión
- Canopy
- Área de Refresh
- Cuarto de servicios

- Bodega de mantenimiento
- Cuarto de promotores
- Oficina del administrador
- Cuarto de conteo
- Bodega de insumos
- Escaleras
- Baños
- Área de contenedores

Se contará con un total de **6** (seis) surtidores de alto flujo para autobuses con una pistola despachadora, los cuales tienen la capacidad de atender un total de **6** autobuses en un horario de máxima demanda, teniendo en cuenta que el tiempo de servicio varía entre los 10 a los 15 minutos.

La estación de servicio (EDS) contará con 13 cajones de estacionamiento, incluyendo un cajón de estacionamiento para personas con capacidades diferentes.

Cuenta con área para oficinas, para equipos y compresor, así como área de Canopy, que es donde se ubicarán los dispensarios. El área sobrante es para la circulación de vehículos y para pequeñas áreas verdes.

Dentro de la edificación, se incluyen:

- Oficinas, Cuarto Eléctrico, Área de transformadores, Estación de Regulación y Medición, Recinto de Compresión, Canopy, Área de Refresh, Cuarto de servicios, Bodega de mantenimiento, cuarto de promotores, oficina del administrador, cuarto de conteo, bodega de insumos, escaleras, baños, área de contenedores.

En cuanto a las dimensiones, el predio del proyecto comprende **7,538.00 m²**, se presentan los cuadros de construcción para cada una de las áreas descritas con anterioridad:

Tabla I.1 Cuadro de áreas de construcción

ÁREA	Descripción	Área (m ²)
1	OFICINAS PLANTA BAJA	178.00
2	OFICINAS PLANTA ALTA	111.30
3	CUARTO ELÉCTRICO	76.65
4	ÁREA DE TRANSFORMADORES	59.35
5	ERM	22.00
6	RECINTO DE COMPRESIÓN	360.00
7	1 CANOPY (PARA 6 HF)	408.50
8	ÁREA DE REFRESH	30.90

I.1.2. Proyecto mecánico

Conforme a la norma **NOM-010-ASEA-2016**, *Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores*, se determina una clasificación de los tipos de Estación de acuerdo con las características y elementos de las mismas.

Para el caso del presente estudio la Estación de Servicio corresponde a **Tipo de Llenado Rápido**, las cuales están constituidas por los componentes básicos siguientes:

- Estación de regulación y medición
- Sistema de compresión
- Panel prioritario
- Almacenamiento (cascada pulmón)
- Surtidor o poste
- Sistema de paro de emergencia
- Filtro a la entrada y salida del compresor
- Sistema de seguridad contra incendio
- Componentes de seguridad de alarma.

Los Elementos optativos son:

- Panel secuencial
- Secador de gas
- Sistema de compensación de carga
- Odorizador

Se contará con un total de **6** (seis) surtidores de alto flujo para autobuses con una pistola despachadora, los cuales tienen la capacidad de atender un total de **6** autobuses en un horario de máxima demanda, teniendo en cuenta que el tiempo de servicio varía entre los 10 a los 15 minutos.

Ubicación de los equipos:

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de los equipos de GNC de la Estación de servicio Hipódromo:

Tabla I.2 Coordenadas de los equipos de GNC

OBJETO	V	COORDENADAS UTM DEL EQUIPO		
		FASE	Y	X
SURTIDOR (HF)	S-1	FASE 1	3,032,627.51	447,011.49
SURTIDOR (HF)	S-2		3,032,632.94	447,014.10
SURTIDOR (HF)	S-3		3,032,638.37	447,016.71
SURTIDOR (HF)	S-4	FASE 2	3,032,643.80	447,019.32
SURTIDOR (HF)	S-5		3,032,649.23	447,021.93
SURTIDOR (HF)	S-6		3,032,654.66	447,024.54
COMPRESOR (SINGLE)	C-1	FASE 1	3,032,625.77	447,079.81
COMPRESOR (SINGLE)	C-2		3,032,630.57	447,079.83
COMPRESOR (SINGLE)	C-3	FASE 2	3,032,635.37	447,079.87
COMPRESOR (SINGLE)	C-4		3,032,640.17	447,079.90
COMPRESOR (SINGLE)	C-5		3,032,644.97	447,079.94
COMPRESOR (SINGLE)	C-6		3,032,649.79	447,079.97
CASCADA (3 CILINDROS HORIZONTALES)	CA-1	FASE 1	3,032,630.53	447,083.84
CASCADA (3 CILINDROS HORIZONTALES)	CA-2	FASE 2	3,032,645.03	447,083.95
ERM	E-1	FASE 1	3,032,676.98	446,994.98

En las siguientes figuras se muestra la ubicación de los equipos en la Estación de servicio Hipódromo:



Figura I.1 Ubicación de compresores



Figura I.2 Ubicación de cilindros de almacenamiento



Figura I.3 Ubicación de estación de medición y regulación



Figura I.4 Ubicación de surtidores alto flujo

Se presentan como Anexo el plano “Planta General” del proyecto para su mejor visualización.

La siguiente tabla muestra la demanda de los usuarios, así como su proyección en un futuro una vez alcanzado el máximo de operación:

Tabla I.3 Usuarios

Usuarios	Iniciales	Actuales	Previstos a futuro (total)
Taxi/Vehículo compacto	0	0	0
Buses	150	0	3,600

Plataformas

No se contempla el llenado ni la descarga de GNC de plataformas en estas instalaciones.

Tabla I.4 Baterías de cilindros

Cantidad de cilindros	Capacidad por cilindros (litros)	Litros totales
6	2,370	14,220

Descripción de maniobras de acercamiento para carga de GNC

Los vehículos o buses deberán detenerse próximos a las islas de despacho de GNC, para lo cual, el área de carga cuenta con las señalizaciones necesarias para que el vehículo se detenga en el lugar óptimo. Se deben considerar las siguientes acciones durante el procedimiento de transferencia de GNC:

- El acceso a la estación deberá ser exclusivamente por la entrada.
- El procedimiento de transferencia de carga inicia cuando se apaga el motor del vehículo en la zona de carga.
- El acercamiento y estacionamiento del vehículo debe ser exclusivamente en marcha hacia adelante, en el sentido de circulación de la estación. Se considera como estacionamiento, el tiempo exclusivo que dura el procedimiento de transferencia de GNC, por lo que ningún vehículo podrá permanecer próximos a las islas si este procedimiento no se está realizando.
- Los conductores y todos los ocupantes de los vehículos deberán descender de la unidad y colocarse en la zona de seguridad (frente a la unidad).
- El motor y todo componente eléctrico del vehículo deberá permanecer apagado.
- Durante la transferencia de GNC, ninguna persona ajena a la operación para el despacho podrá permanecer fuera del área de seguridad.

- El procedimiento de transferencia finaliza cuando el vehículo abandona la zona de carga.
- El abandono de la estación deberá ser exclusivamente por la salida

Tabla I.5 Tiempos de carga y consumo de GNC

Características de los compresores de gas natural de la EDS					
Compresor	Cantidad	Capacidad de flujo de diseño	Capacidad de flujo operativo	Presión de entrada	Potencia
Clean Energy Single	6	1,418 Sm ³ /h	1,350 Sm ³ /h	4-7 bar	300 HP
TOTAL		8,508 Sm ³ /h	8,100 Sm ³ /h		1800 HP

Tipo de vehículo	Auto	Bus
m ³ cargados máximos	0	400
Tiempo para maniobra, conexión, flujo, tiempo de llenado por unidad, desconexión y salida de los vehículos y/o semirremolques (tiempo en minutos)	00:00	5:00
Cantidad de vehículos cargados por manguera (1h)	20	14
Surtidores	0	6
Número de mangueras	0	6
total de cargas por día	0	2016
m ³ /h por manguera	0	5500
m ³ /h por total de mangueras	0	33000
m ³ /d	0	792000
Flujo por compresor	1,418 m ³ /h	
Número de compresores Twin	6	
Capacidad máxima de compresión Twin 100% (m ³ /h)	8,508 m³/h	
Capacidad de diseño (10 bar)		
Capacidad operativa	8,100 m³/h	
Consumo máximo previsto	8,508 m³/h	

Tabla I.6 Parámetros de la ERM

Parámetros de la ERM Estimación Anual	
Consumo máximo anual	74,530 Mm ³
Demanda anual máxima	70,803 Mm ³
Consumo mínimo anual	35,401 Mm ³
Demanda anual mínima	33,631 Mm ³

*Mm³: Millones de metros cúbicos estándar.

- La demanda y consumo máximos son estimados con la capacidad máxima de compresión.
- La demanda y consumo mínimos son estimados solamente con un equipo de compresión.

Parámetros de la EDS	
Flujo de entrada	8,508 m ³ /h
Flujo de salida	8,508 m ³ /h
Flujo máximo	8,508 m ³ /h
Presión de diseño	20 Bar
Presión de entrada	10-15 Bar
Presión máxima de salida	7 Bar
Presión de operación máxima	7 Bar

I.1.3. Proyecto sistema contra-incendio

En la siguiente figura se muestra el plano del Sistema contra Incendio en la Estación de servicio Hipódromo:

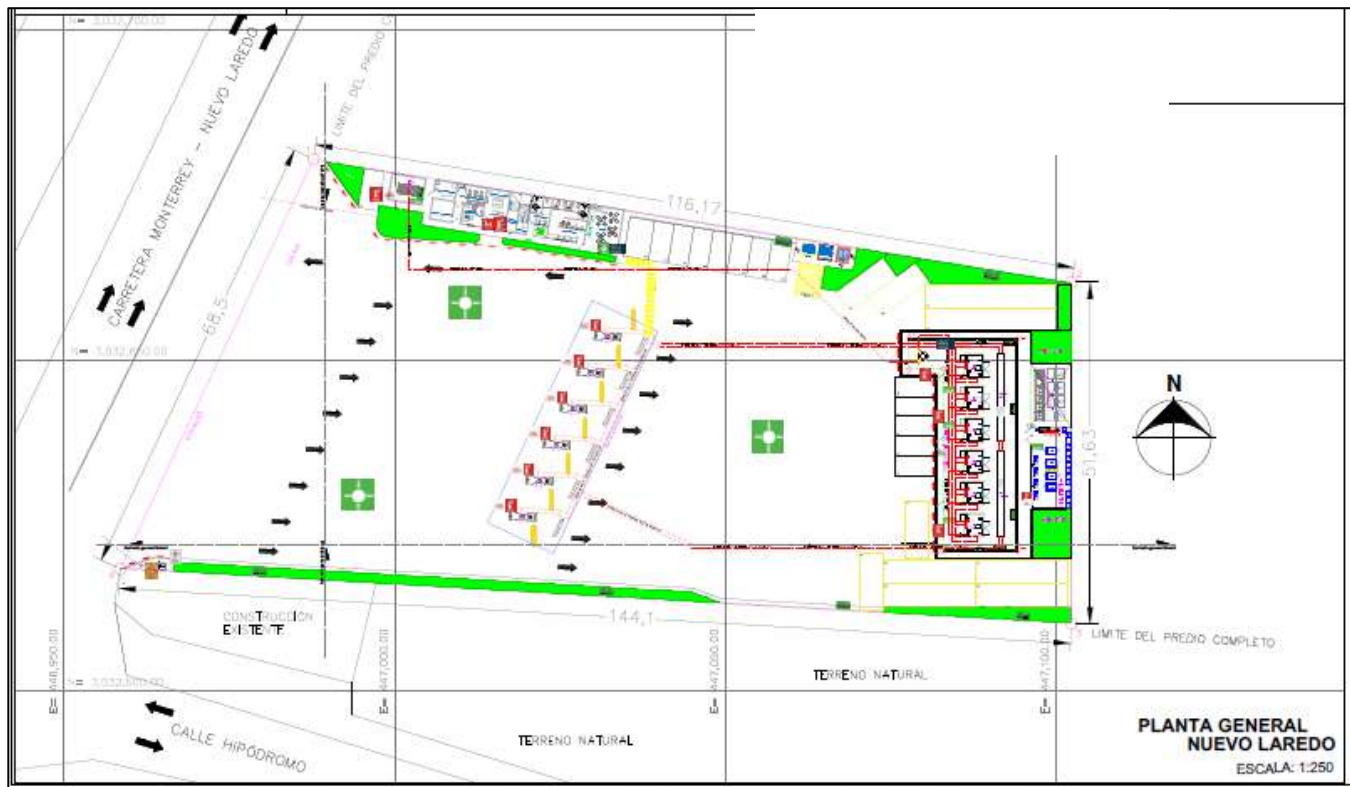


Figura I.5 Sistema contraincendios

Dentro de las instalaciones de la Estación de servicio Hipódromo se contará con las siguientes consideraciones:

1. Los vehículos deberán estacionarse de reversa, en todos los cajones de estacionamiento, con excepción del vehículo para personas con capacidades diferentes.
2. Todos los señalamientos deberán cumplir con las especificaciones de la NOM-026-STPS-2008.
3. Deberá colocarse detectores de humos en todos los espacios confinados, áreas techadas con muros perimetrales o áreas con probabilidades de acumulación de humo.
4. Se deberá utilizar pintura epoxica para los señalamientos en horizontales en el área de canopy
5. Se deberá colocar el número de posición de carga para cada cara de los surtidores
6. Se deberá colocar el instructivo de la operación de llenado de GNV a los vehículos en cada cara de los surtidores
7. Los accesos principales de oficinas, recintos, cuarto eléctrico, etc., deberán ser señalizados con salidas de emergencia desde el interior.
8. La señalética para equipo de protección personal deberá ser colocada en el acceso principal de las áreas con equipos de GNV, alta tensión o con riesgo de incendio.
9. El personal operador deberá portar el equipo de protección personal antes de ingresar a las áreas mencionadas.

Sistema de Paro de Emergencia:

La Estación de Suministro de GNC deberá contar activadores del Sistema de Paro de Emergencia que, cuando se accione uno de ellos, realice lo siguiente:

1. Cierre el suministro de energía eléctrica y de Gas Natural hacia el sistema de Compresión de Gas Natural;
2. Cierre la válvula de cierre automático;
3. Desactive los Surtidores y
4. Active una alarma sonora y visual.

Los activadores del Sistema de Paro de Emergencia requeridos en el inciso anterior se deberán ubicar donde sean Fácilmente accesibles y claramente visibles en los lugares siguientes:

1. A una distancia no mayor a 10 m del Equipo de Compresión de Gas Natural;
2. A una distancia no mayor a 3 m de cada Punto de Suministro, y
3. En zonas estratégicamente definidas en las cuales se garantice la presencia de personal calificado laborando.

La ubicación de los activadores del Sistema de Paro de Emergencia se deberá señalar en forma prominente con señales que cumplan los requisitos siguientes:

1. La leyenda “PARO DE EMERGENCIA” en letras rojas sobre fondo blanco;
2. Letras de altura acorde con lo establecido en la normatividad nacional aplicable en materia de Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías, vigente, y
3. Colocadas en un lugar fácilmente visible adyacente a cada activador del Sistema de Paro de Emergencia.

Los sistemas de control que dejen de operar cuando se activa el Sistema de Paro de Emergencia o se interrumpe la energía eléctrica, deberán permanecer sin operar hasta que sean activados manualmente, una vez que se hayan restablecido las condiciones normales y de seguridad del sistema,

El restablecimiento de la operación deberá ser realizado por personal calificado y se debe avisar a través de una alarma sonora y visual en el momento en que se está efectuando dicho restablecimiento.

Se deberán obtener los dictámenes aprobatorios en la etapa de construcción y entrada en operación de la estación de suministro, para las normas oficiales siguientes:

- **NOM-001-SEDE-2012** Instalaciones Eléctricas (utilización).
- **NOM-002-STPS-2010** Condiciones de seguridad – Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- **NOM-020-STPS-2011** Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas – Funcionamiento – Condiciones de Seguridad.
- **NOM-026-STPS-2008** Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías

Procedimiento en caso de incendio:

Actuar de acuerdo con lo establecido en caso de emergencias, en caso de que las labores estén siendo desempeñadas por un contratista, o una persona que desconozca el procedimiento, este debe actuar de la siguiente manera:

- a. Suspender todas las operaciones y trabajos en la EDS.
- b. Desconectar compresores desde los botones de paro de emergencia y/o desde el panel de control.
- c. Cerrar la válvula manual de corte de gas, particular del equipo o general de la EDS según sea el caso.

- d. Después de cerrar válvulas (principalmente la que corresponda a fuente de ignición), lo que se espera es que el gas que se encuentre en las tuberías o equipos se consuma y la flama se extinga por sí misma. El mayor riesgo es que la flama alcance materiales combustibles, para lo cual es necesario extinguir este con los equipos auxiliares de combate (extinguidores). De no suceder esto esperar a que el fuego se apague. Es poco probable que se presente fuego con gas a alta presión, debido a que el combustible desplazará el oxígeno y no podrá tener la condición para que el fuego sea factible. Es importante el evitar flama o chispa, debido a que después de controlada una fuga de gas a alta presión las condiciones de flama o explosión pueden estar presentes por unos momentos. Es importante dejar se ventilen las áreas y se disperse el gas del ambiente antes de reiniciar operación.
- e. Notificar al administrador para que inicie con el procedimiento de notificación.
- f. De ser necesario, cerrar válvulas manuales de los tanques de recuperación de gas en compresores.
- g. Concentrar todos los esfuerzos y recursos en combatir o controlar el incendio con los extintores.
- h. Según la magnitud del siniestro, avisar y pedir asistencia al cuerpo de bomberos y demás organismos de socorro.
- i. Si el control de la emergencia se sale de las capacidades y recursos de la EDS, evacuar inmediatamente las instalaciones.
- j. Se deberá emitir un reporte señalando los motivos que ocasionaron el siniestro.

Incendio en Tablero de Control de compresor:

- a) Parar compresor desde las paradas de emergencia.
- b) Suspender operaciones de carga o descarga de contenedores.
- c) Desconectar el panel de control desde la subestación eléctrica bajar cuchillas transformador.
- d) Concentrar todos los esfuerzos y recursos en combatir el incendio, con extintores de polvo químico y de CO₂. No utilizar agua.

Tipo de extintores

- **Extintor de Polvo Químico Seco y CO₂:** extintor tipo BC, para incendios producidos por el material inflamable como gasolina, thinner, grasas, aceites y/o energía eléctrica. La función de este tipo de extintores es eliminar el oxígeno con el polvo químico seco y el gas carbónico. El color es rojo.

- **Extintor de Polvo Químico Seco ABC:** Extintor de color rojo, sirve para apagar incendios producidos por materiales combustibles clase A, líquidos y gases inflamables, B y equipos eléctricos energizados clase C.

El mantenimiento de los extintores debe cumplir la verificación de 3 puntos básicos:

- *Partes mecánicas*
- *Agente extintor*
- *Agente expelente.*

Durante el mantenimiento anual no es necesario inspeccionar internamente los extintores de CO₂ o los extintores presurizados de PQS, sin embargo, debe inspeccionarse externamente el estado de sus partes mecánicas.

Los extintores de PQS y agentes halógenos, que requieren prueba hidrostática cada 12 años, deben desocuparse cada 6 años para aplicarles los procedimientos de mantenimiento. La remoción del agente extintor de los extintores de halón debe realizarse en un sistema cerrado de recuperación. Los 6 años se cuentan a partir la de última fecha de recarga o prueba hidrostática.

Registro del Mantenimiento: Cada extintor debe tener una placa donde se indique el mes y año en que el servicio de mantenimiento fue realizado.

A los extintores que se les realice el mantenimiento de los 6 años debe colocárseles una placa metálica o de material igualmente durable donde se indique el mes y año de mantenimiento, las iniciales de la persona que lo realizó y la empresa responsable del mantenimiento.

Recarga: Reemplazo del agente extintor:

- Todos los extintores deben ser recargados después de cada uso o cuando lo indiquen los resultados de las inspecciones o el mantenimiento anual.
- Para la recarga deben seguirse las recomendaciones del fabricante, La cantidad de agente extintor debe ser verificada por peso, el peso total de la recarga deber ser igual al peso total marcado en el cuerpo del extintor.
- Los extintores solamente deben recargarse con agente extintor de igual composición química, características físicas y capacidad extintora al de la carga original. No se recomienda recargar los extintores con otro de agente extintor diferente al cual fue diseñado.
- Los PQS multipropósito no deben mezclarse con químicos de base alcalina.

- Se permite utilizar el remanente de agente extintor PQS después de una descarga, siempre y cuando el faltante de la carga corresponda al mismo tipo de PQS.
- El PQS de los extintores sometidos a la inspección de los 6 años puede reutilizarse, siempre y cuando se recupere en un sistema cerrado de recuperación para evitar su contaminación. Antes de reutilizar esta PQS debe verificarse su adecuada condición.
- Después de recargados los extintores presurizados y con agente auto expelente (CO₂), deben ser sometidos a una prueba de verificación de fugas.
- Prueba hidrostática para extintores.

Frecuencia:

- a. Extintores de CO₂: Cada 5 años
- b. Extintores de PQS: Cada 12 años
- c. Extintores halógenos: Cada 12 años
- d. Cilindros de Nitrógeno, Argón, CO₂ o cápsulas de agente inerte utilizados como agente expelente: Cada 5 años, excepto los de diámetro inferior a 2" y 2 ft de longitud que están exentos de prueba hidrostática. Presión de prueba 5/3 de la presión de servicio estampada en el cilindro.
- e. Los extintores provistos de manguera con válvula de cierre en la boquilla de descarga deben realizársele prueba hidrostática a la manguera al mismo intervalo de tiempo del extintor en el cual está instalada.
- f. Las mangueras de los extintores de CO₂ deben probarse a 1250 PSI
- g. Las mangueras de los extintores de PQS, deben probarse a 300 PSI o a la presión de servicio si esta es mayor.
- h. Los accesorios de los extintores rodantes que trabajan a baja presión deben probarse a 300 PSI y los accesorios que trabajan a alta presión deben probarse a 3000 PSI.
- i. Debe mantenerse un registro de las pruebas hidrostática, con el protocolo de prueba de cada extintor.
- j. Se deberá solicitar al proveedor del servicio la factura del servicio donde se indique el tipo de servicio realizado, fecha y cantidad de servicios realizados. Así también se solicitar un certificado de proveedor autorizado para realizar estos trabajos y un reporte de los trabajos efectuados. Se deberá mantener el registro de estos servicios para soportar ante autoridades que lo soliciten y para la certificación anual de la estación.

Sistema de manejo de agua a presión

No se tiene sistema de manejo de agua a presión.

Sistemas de auxiliares: Alarmas, sistemas de comunicación, rociadores, antichispas, etc.

Procedimiento en caso de explosión

Alcance: este procedimiento se aplica durante y después que ocurra una explosión del transformador en la EDS.

Procedimiento: verifique con precaución que no existen cables visibles de expuestos, chispas o llamas. Asegurarse de que no existe fuego. En caso de existir fuego, proceda de acuerdo con a lo siguiente:

Durante el incendio:

- Si usted detecta un fuego, de aviso inmediato al Administrador de la EDS y llamar al jefe de Emergencias
- Accione cualquiera de las paradas de emergencia
- Cierre la válvula de la ERM de color rojo (en caso de ser necesario)
- Avisar a los compañeros
- Utilizar los extintores de acuerdo con el tipo de incendio, ubicados en las áreas de despacho o zona de compresores
- Si el fuego no lo apaga con la aplicación de extintores, de aviso al cuerpo de bomberos.
- Si el fuego no es controlado evacue el área conservando la calma siguiendo los procedimientos de evacuación
- Camine ligero y evite correr

Después del incendio:

- Realizar evaluación del impacto sobre personas, maquinas ambiente y procesos provocados por la emergencia
- Realizar investigación de cómo y por qué sucedió la emergencia
- Recoger y depositar los residuos en el contenedor de basura dispuestos en las estaciones para la disposición final de estos residuos
- Aquellos residuos que, por su tamaño y grado de contaminación, deben eliminarse de acuerdo al criterio de la autoridad ambiental.

I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

El Proyecto Estación de servicio Hipódromo en el municipio de Nuevo Laredo, consiste en la construcción y operación de una estación de servicio de expendio de gas natural al público.

Diagrama del Proceso



Figura I.6 Diagrama del Proceso del Gas Natural en la próxima Estación de servicio Hipódromo

El gas será entregado por la empresa distribuidora a través de un gasoducto a alta presión hasta una Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM), propiedad de la empresa distribuidora y que queda en custodia de esta, la cual, controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo, poder calorífico, temperatura, entre otros. Cabe mencionar, que el personal de Natgas no tendrá acceso a la ERM ni autorización para realizar mantenimientos y/o modificaciones al arreglo o parámetros, únicamente lo realiza personal autorizado por el distribuidor.

A la salida de la ERM, el gas debe mantener una presión constante sin ser afectado por el flujo o temperatura. Como el gas natural es usualmente transportado a las estaciones de distribución a través de gasoductos, y este puede estar en un rango de presión de 18 a 21 bar.

El sistema de compresión estará formado por equipos reciprocantes, de alta resistencia, diseñados para un funcionamiento intermitente o continuo para que el mantenimiento sea mínimo, los sistemas de compresión que se contemplan instalar constarán de 4 etapas de compresión, con una presión máxima de succión de $\leq 4-7$ bar y con un rango de operación de descarga en la primera etapa de 21.37 bar (310 psi), en la segunda etapa de 57.22 bar (830 psi) y en la tercera etapa de 120.65 bar (1 750 psi) y finalmente en una cuarta etapa de 250 bar (3 626 psi). El funcionamiento sistema de compresión será operado por un Controlador Lógico Programable (PLC), que es una computadora industrial dedicada a controlar cada operación del sistema, la cual decide cuándo y qué presión de descarga se requiere. El sistema electrónico del sistema de compresión requiere de una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos de control, tales como sensores, transductores de presión y temperatura, indicadores de presión, temperatura, y nivel, válvulas con actuadores neumáticos, etc. Dispositivos con los que se monitorea los parámetros y condiciones de los equipos y de igual manera condiciones para provocar un paro de emergencia como puede ser detección de una concentración de mezcla de gas explosiva en el ambiente, altas temperaturas en las etapas de compresión, altas presiones de descarga, etc. Lo que significa que el sistema es inteligente y seguro. Además, desde el “Touch Panel” pueden monitorearse diversos parámetros como presión y temperatura en la succión, descarga de cada etapa, descarga final, nivel, presión y temperatura del aceite, voltaje, corriente y potencia consumida, entre otros.

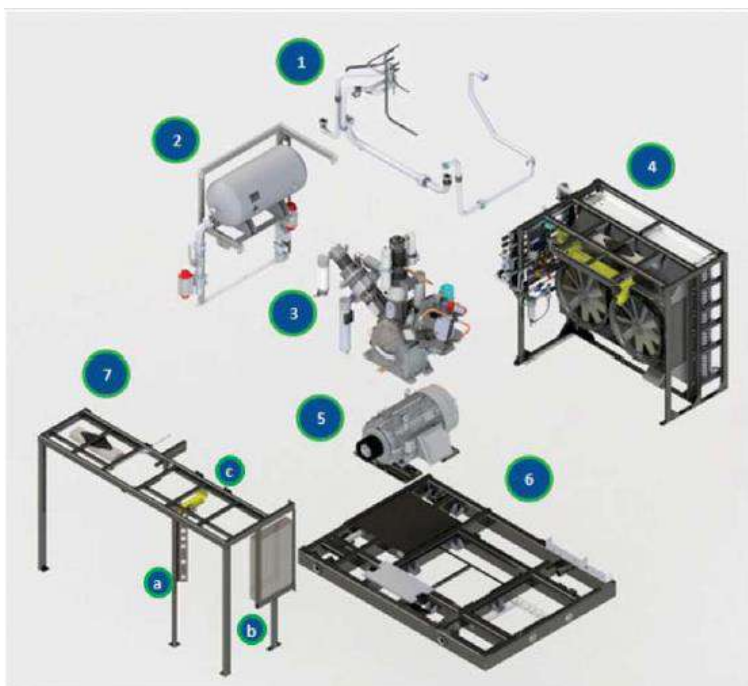


Figura I.7 Componentes Principales del CleanCNG

1. Tubería Entre Etapas

2. Ensamble del Tanque de Recuperación
3. Ensamble del Bloque del Compresor
4. Ensamble del sistema de Refrigeración y Panel de Control
5. Motor
6. Patín
7. Estructura Frontal, incluye: a) Panel de Calibración y b) Panel Eléctrico c) Grúa de Servicio (Opcional)

Para operar gran parte de las válvulas automáticas, estas cuentan con actuador neumático las cuales requieren de aire comprimido para su operación, prácticamente todas son normalmente cerradas y requieren de aire comprimido para su apertura. El aire es controlado por válvulas solenoides que son controladas también por el PLC, y ante la pérdida de energía eléctrica o pérdida de suministro de aire comprimido y al igual por la activación de algún paro de emergencia o situación de alarma de los equipos, las válvulas se cierran y el servicio se suspende de manera parcial o total.

Los sistemas de compresión cuentan con un intercambiador de calor el cual permite enfriar por transferencia de calor a través de ventilación forzada el gas a la salida de cada etapa de compresión ya que el gas al ser comprimido, la presión y la temperatura aumentan. Una vez que el gas es comprimido a una alta presión, está listo para ser despachado o almacenado, teniendo siempre como prioridad el suministro a los surtidores de gas. El control de lo anterior se hace a través del Panel de Prioridades, que es un tablero con válvulas automáticas que direccionan el flujo del gas, que puede ser hacia los tanques de almacenamiento o hacia surtidores.

El sistema de Almacenamiento con 3 bancos, consiste de un banco llamado “Banco Baja”, un segundo banco llamado “Banco Media” y un tercer banco llamado “Banco Alta”. El nombre asignado no es propiamente por su presión de trabajo, sino por su prioridad de llenado. Cuando los tres bancos están llenos a la misma presión, el balance es de aproximadamente 60% en Baja, 20% en media y 20% en alta. El propósito fundamental de los tanques de almacenamiento es poder dar fluidez y velocidad de llenado, además de no requerir un trabajo continuo del sistema de compresión.



Figura I.8 Sistema de Almacenamiento

La función de todos estos elementos es controlada automáticamente por el PLC's localizado en el paquete de compresión, y cuando se requiere de 2 o más equipos de compresión, se cuenta con un PLC Maestro localizado en el CCM principal, destinado a coordinar la operación y seguridad de todos los equipos. Los técnicos operadores de la estación pueden ver el estado del sistema de compresión y modificar algunos de los parámetros de referencia (o set point) de operación a través de una interfaz al PLC, localizada en el tablero del CCM, llamado Panel View. Esta pantalla es el punto de inicio para la interface Hombre-Máquina, a través de unas teclas de función se puede tener acceso a la operación de ciertas válvulas y motores de forma manual, deshabilitando su operación automática, y con otras funciones se puede acceder a los valores de Set-Point de referencia los cuales permiten al usuario variar algunos de los parámetros de control como sea necesario, así también por medio de esta pantalla se pueden mostrar situaciones de alarma y también se puede tener conocimiento del historial de las mismas. Para el cambio de estos parámetros se requiere la autorización de un usuario experto.

Los equipos de despacho llamados surtidores UHF o dispensarios UHF, inician el llenado primeramente enviando gas del banco bajo de almacenamiento a los tanques de almacenamiento móvil instalado en un vehículo. Una vez que la presión comienza a igualarse (al igual que el flujo disminuye), el sistema de control del surtidor intercambia la fuente de gas al banco medio. Nuevamente, llenando hasta que la presión diferencial disminuye, entonces intercambia dando acceso al banco alto. Finalmente, una vez que el flujo en el banco alto disminuye y no es suficiente para concluir la carga, el sistema de compresión arranca y comienza a llenar directamente a los tanques de la unidad móvil hasta llenarlo totalmente, para tener una presión de llenado final de 20 MPa (200 bar o 2 928 psi), puede existir una mínima variación en la medición de la presión ocasionada por las condiciones ambientales. El sistema de llenado con bancos de almacenamiento sirve para dar velocidad de llenado, y si consideramos que

el almacenaje es mucho más grande que la capacidad de los tanques móviles el número de arranques y paros del sistema de compresión disminuye considerablemente.

La prioridad del lado del sistema de compresión es esencialmente lo contrario de la secuencia del sistema de llenado a surtidos. El flujo del sistema de compresión es direccionado primero al banco de alta, después al banco de media y por último al banco de baja. Con lo anterior se asegura que el tanque de alta este siempre disponible para rellenar al máximo los cilindros de las unidades móviles, después de que los otros bancos hayan dado su presión disponible. La más alta prioridad del sistema de compresión es el llenado en surtidores y posterior a esto el llenado del sistema de almacenamiento.

Uno de los más importantes puntos que no se debe olvidar en este tipo de estaciones es la seguridad, la cual ha sido considerada para que el personal operativo tenga acceso a esta de manera inmediata. Es decir, existen botones de paro de emergencia, en cada unidad de despacho, sistema de compresión, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales, al ser activados, desenergizan totalmente el sistema de compresión, cierran válvulas de succión y descarga y panel de prioridades. Seguido de lo anterior la activación de una alarma sonora/luminosa indica situación anormal de operación. Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que origino el paro de los equipos.

Además, en el sistema de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como en la cascada de almacenamiento y el panel de prioridad, se cuenta con válvulas de seguridad o de relevo de presión calibradas 1.2 veces la presión de operación; asimismo, para los surtidores se tienen manómetros para indicar la presión de llenado del cilindro del automóvil, a su vez estos equipos también cuentan con válvulas de seguridad que se disparan al rebasar la presión de ajuste para el llenado del cilindro del automóvil, así también en la descarga de los compresores hacia surtidores se cuenta con válvulas que operan por exceso de flujo, es decir, cuando se detecta que no existe una oposición al flujo del gas, este elemento se cierra automáticamente, bloqueando totalmente el flujo de gas. En las cabinas de los compresores se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo. Los valores para alarma y disparo son del 9.4% LEL y 56.6% LEL.

Los surtidores cuentan con un medidor de flujo másico y un computador que le permite calcular el volumen de gas transferido, así como compensar el gas por presión y temperatura, ya que debido a la fricción el gas eleva su temperatura expandiendo sus partículas e incrementando su presión y por consecuencia reduciendo la capacidad de almacenamiento de los cilindros móviles. Y al igual si el clima fuera extremadamente frio, el gas se compactaría y el tanque se llenaría con un mayor volumen que pondría en riesgo la capacidad de presión del tanque al

expandirse el gas con el incremento de la temperatura ambiente, por lo que se podrá operar a presiones de llenado de GNC adecuadas para cilindros con presión de servicio de 20 MPa (200 bar).

Además, cada surtidor deberá contar con un desfogue que habrá de colocarse como mínimo a 0.7 m sobre el nivel de la techumbre del área de surtidor, válvulas de exceso de flujo, elementos que determinan un exceso de flujo que suspenden el llenado, como puede ser por alguna manguera fracturada, dispositivos de seguridad en la manguera contra el jaloneo de esta, que permiten desacoplar la manguera del surtidor, y botones de paro de emergencia.

Fuente del gas natural:

El gas natural de la estación de suministro será recibido a través del ducto de distribución del distribuidor de gas natural que se conectará a la succión de la estación de regulación y medición y que estará en custodia de este y solamente él podrá tener acceso o manipulación.

Ampliaciones futuras

El proyecto se contempla a dos fases operativas, para la cual fue diseñada la estación. Los equipos para instalar serán los siguientes:

Sistemas que componen la Estación de Suministro

La estación de suministro contará con los siguientes sistemas que ayudarán a darle al gas natural las propiedades necesarias para su uso como gas natural comprimido y que ayudarán mantener la seguridad e integridad de las instalaciones, de las personas y operadores. Los sistemas serán los siguientes:

Equipo	Fase I	Fase II
Compresor de gas natural Single	2	4
Surtidor de gas natural Vehicular UHF	3	3
Cilindros de almacenamiento EKC 2370L por cilindro	3	3
Panel de prioridad	1	1

- a. Sistema de detección de mezclas explosivas
- b. Sistema de paro de emergencia
- c. Sistema contra incendio
- d. Sistemas eléctricos de potencia e iluminación, primario y de emergencia
- e. Sistema de alarma visual y sonora
- f. Sistema de puesta a tierra y el sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas.
- g. Sistema de suministro de verificación de GNC.

Todas las especificaciones del proyecto de la Estación de suministro serán indicadas en los planos y memorias de las disciplinas siguientes:

- Proyecto Civil
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones mecánicas
- Instalaciones sanitarias e hidrosanitarias

Fecha de inicio de operaciones

Se pretende iniciar operaciones una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes. Se consideran 15 meses de actividades para el desarrollo del proyecto y de esta manera iniciar operaciones.

El Plan de Trabajo para la Estación de servicio Hipódromo el cual comprende todas las etapas y actividades mostradas en la siguiente imagen;



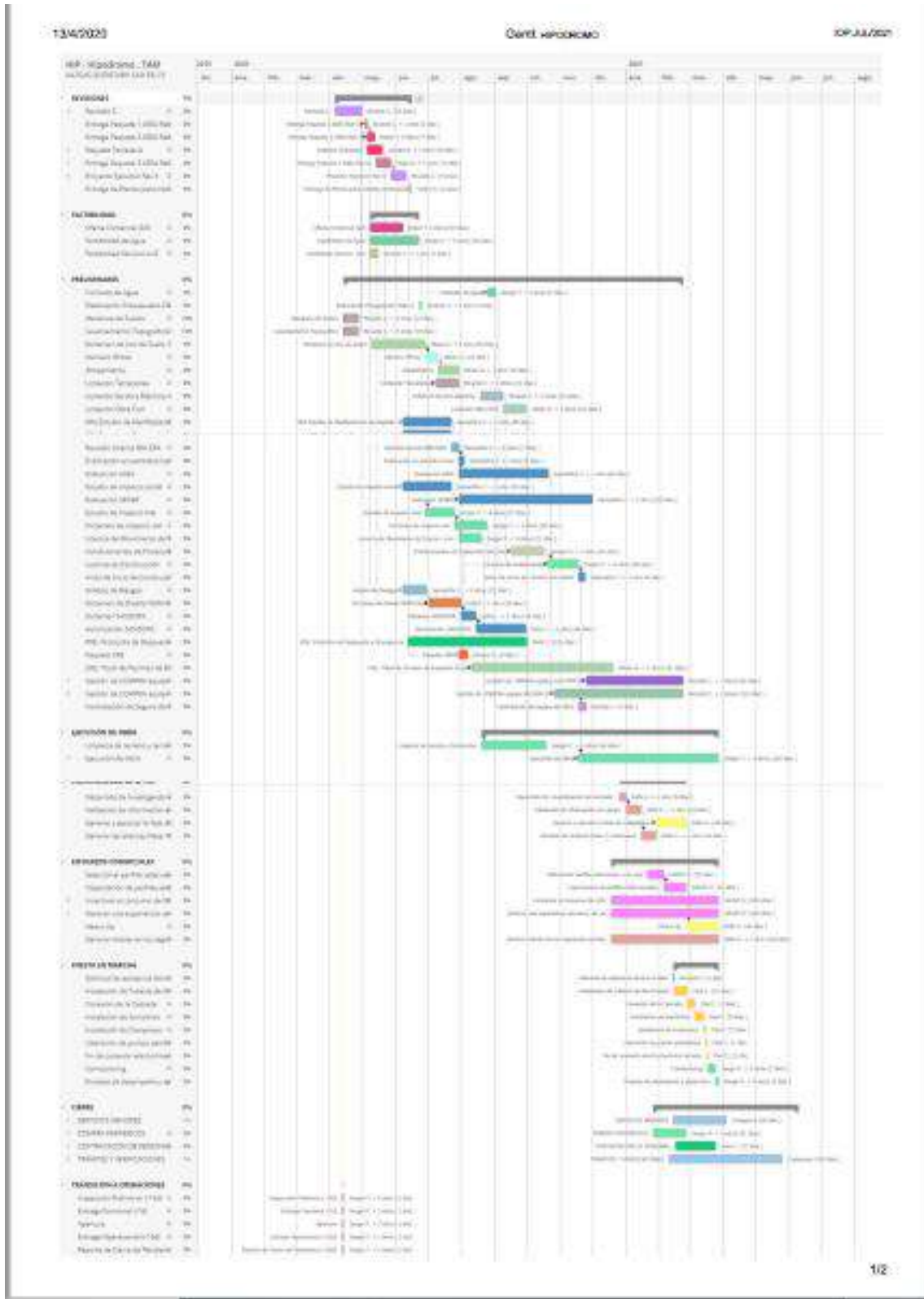


Figura I.9 Cronograma Estación de servicio Hipódromo

Colindancias y usos de suelo cercanos al proyecto

Las colindancias del predio se muestran en la siguiente tabla y figura:

Tabla I.7 Colindancias del predio del proyecto

CUADRO DE COLINDANCIAS	
Norte	Terreno Natural
Sur	Construcción abandonada
Este	Terreno Natural
Oeste	Carretera Monterrey – Nuevo Laredo



Figura I.10 Colindancias del predio del proyecto

Las coordenadas correspondientes para el polígono de la Estación de servicio Hipódromo se muestran en la siguiente tabla:

- Datum y Zona: **WGS84 UTM Zona 14R.**
- Coordenadas del Polígono.

Tabla I.8 Coordenadas del predio

V	COORDENADAS UTM	
	Y	X
C	3,032,619.81	446,951.11
D	3,032,610.62	447,094.40
A	3,032,662.32	447,094.80
B	3,032,681.79	446,980.28
C	3,032,619.81	446,951.11
ÁREA = 7,538.00 m²		

En la siguiente figura se muestran los puntos geográficos de la Estación de servicio Hipódromo:



Figura I.11 Puntos geográficos mapa Google Earth

Superficie total de la instalación y superficie requerida para el desarrollo de la actividad

El Proyecto Estación de servicio Hipódromo en el municipio de Nuevo Laredo, pretende ser desplantado en un predio que cuenta con un área total de **7,538.00 m²**. (Ver tabla I.1 Cuadro de áreas de construcción).

Actividades que tengan vinculación con las que se pretendan desarrollar en la instalación

El proyecto pretende ser desplantado en un predio ubicado en una zona conurbada del Estado de Nuevo Laredo, como se menciona en el apartado de “Colindancias del proyecto” las actividades desarrolladas en la zona son comerciales e industriales, por lo tanto, el proyecto es compatible con la actividad a desarrollar.

Número de personal necesario para la operación de la instalación

Personal promedio requerido:

- 22 ayudantes
- 1 topógrafo
- 1 herrero
- 2 carpinteros
- 2 soldadores
- 1 plomero
- 1 especialista de colocación de tubería y accesorios de polietileno
- 1 técnico de colocación de tubería y accesorios de acero inoxidable para líneas de alta presión
- 1 especialista y 1 técnico en conexión de compresores, surtidores, tableros eléctricos, transformadores y cascada de almacenamiento
- 2 pintores
- 2 paileros

En la siguiente tabla se muestran los empleos estimados durante las diferentes etapas del proyecto:

Tabla I.9 Empleos estimados durante las etapas del proyecto

Disciplina	Responsabilidades	No. mínimo de personal	No. máximo de trabajadores.
Civil	Construcción de cimentaciones, muros, losas, rodamientos, acabados, etc.	12	25
Mecánica	Instalación de tuberías de baja presión para el transporte de gas natural desde la descarga de la ERM hasta los equipos de compresión, e instalación de tubería de alta presión para transportar gas a alta presión desde la	4	6

Disciplina	Responsabilidades	No. mínimo de personal	No. máximo de trabajadores.
	descarga de los compresores hasta los surtidores de gas.		
Eléctrica	Instalaciones eléctricas en media y baja tensión.	4	10
Pailería y estructura metálica	Soldadura y montaje de perfiles estructurales. Acabados metálicos en canopy.	4	8
Hidrosanitaria	Plomería, instalación de redes hidráulicas, sanitarias, neumáticas, instalación de equipos especiales.	3	6
CCTV y datos	Cableado para comunicación y transferencia de datos en equipos de circuito cerrado, ventas, servidores.	3	6
Residencia y supervisión	Su principal es responsabilidad es supervisar e inspeccionar la correcta ejecución de las actividades descritas anteriormente en base a normas y planos, llevando un control y registro de tiempo y financiero.	1	2
Total de personal		31	63

Personal promedio requerido capacitado en la etapa de operación de la Estación de Servicio:

- 1 Administrador
- 3 promotores por turno (tres turnos)
- 3 Jefes de turno
- 1 Intendente

I.2.1. Hojas de seguridad

Como anexo se presentará la Hoja de seguridad del Gas natural.

I.2.2. Almacenamiento

1.2.2.1 Sistema de almacenamiento de GNC



Figura I.12 Cascada

El sistema de almacenamiento de GNC deberá tener un certificado de que han sido diseñados, construidos, inspeccionados, marcados y probados de acuerdo con las Normas Aplicables para la tecnología empleada.

Los sistemas de almacenamiento deberán cumplir con las siguientes protecciones contra presión excesiva:

- a. Válvulas de Relevo de Presión;
- b. Válvulas de Purga;
- c. Dispositivos de Relevo de Presión activado por presión con disco de ruptura;
- d. Dispositivos de Relevo de Presión activado por temperatura con tapón fusible;
- e. Deben contar con un sistema que permita dar mantenimiento a cualquier Componente de protección sin que el recipiente se quede sin la protección requerida;
- f. La tasa mínima de descarga de los Dispositivos de Relevo de Presión (DRP) en recipientes debe cumplir con los requisitos del estándar que sea aplicable de los siguientes:
 - i. CGA.S-1.1, Pressure relief device standard – Part 1 –Cylinders for compressed gases, y
 - ii. 2 4.5. ASME Boiler and Pressure Vessel Code.
- g. Las Válvulas de Relevo de Presión (VRP) para servicio de GNC no deberán tener dispositivos de levantamiento;
- h. Si el ajuste de presión es externo se deberá precintar para evitar manipulación;

- i. Si ha sido necesario romper el sello del precintado, la válvula se debe retirar de servicio hasta que sea reajustada y precintada nuevamente;
- j. Los ajustes de las Válvulas de Relevo de Presión deberán ser realizados solamente por el fabricante o por una empresa especialista que cuente con personal competente e instalaciones adecuadas para la reparación, ajuste y prueba de dichas válvulas;
- k. La válvula ajustada deberá tener una etiqueta en la que se especifique el ajuste, la capacidad y la fecha en que se realizó, y
- l. Las Válvulas de Relevo de Presión que protegen recipientes a presión deberán ser reparadas, ajustadas y probadas de conformidad con la Normatividad Aplicable para la tecnología empleada.

Identificación.

Los recipientes deberán estar marcados permanentemente por las siglas “GNC” e identificados mediante una placa de datos hecha de material resistente a la corrosión, fija en un lugar accesible que facilite su legibilidad y que contenga la información siguiente: Identificación que se realiza y se plasma en una placa metálica.

- a. Nombre del fabricante;
- b. Estándares aplicados para su diseño y fabricación;
- c. Material de fabricación;
- d. Fecha de fabricación;
- e. Vida útil garantizada;
- f. Capacidad líquida nominal en litros de agua;
- g. Presión de diseño;
- h. Presión de Servicio Nominal;
- i. Presión de Trabajo Máxima Permitida (PTMP), y
- j. Rango de temperaturas en grados Celsius para el cual se diseñó el tanque.

Adicionalmente, los orificios hechos en el tanque deberán tener identificación con la descripción de la función del orificio. Las identificaciones deben permanecer visibles aun en caso de que se presente escarcha.

El sistema de almacenamiento estará constituido por un conjunto de recipientes verticales conectados entre sí a efecto de que dicho conjunto actúe como una unidad, los cilindros estarán alojados en racks de estructura metálica con capacidad para 3 cilindros por rack. El sistema de almacenamiento será tipo estacionario.

La estructura del sistema de almacenamiento deberá cumplir con lo siguiente:

- a. Las conexiones deberán estar localizadas en lugares accesibles para facilitar su inspección;
- b. Las válvulas para operar el sistema de almacenamiento deberán poder ser accionadas desde el perímetro de la estructura;
- c. Los materiales con los que se construyan deberán ser no combustibles para no dañar los cilindros;
- d. Los Sistemas de Almacenamiento deberán estar anclados en forma segura para evitar flotación y/o arrastre en lugares donde existe riesgo de inundación;
- e. Impedir el movimiento y el contacto, así como la acumulación de humedad y suciedad entre los cilindros;
- f. Los cilindros deberán poder montarse y desmontarse de la estructura con facilidad y ser intercambiables para inspección, mantenimiento y sustitución en caso necesario;
- g. El espacio entre la estructura y los cilindros debe permitir la inspección de los cilindros con base en las especificaciones del fabricante;
- h. Los recipientes verticales deberán estar contenidos en una estructura que se pueda manejar como una sola pieza o varias piezas interconectadas.

Los recipientes deben estar separados con una protección adecuada para evitar que se dañen por contacto entre ellos, y

Los recipientes cuya altura no permite operar todas las válvulas desde el piso, deberán contar con una plataforma con ancho mínimo de 0.9 m.

Los recipientes deberán estar protegidos contra la corrosión por recubrimientos anticorrosivos o cualquier otro sistema equivalente que inhiba el ataque del medio ambiente.

Ningún material combustible se podrá almacenar dentro de un radio de 3 m del conjunto de recipientes.

El sistema de almacenamiento de GNC no se encontrará situado cerca de un área de almacenamiento o punto de suministro o punto de recepción de líquidos inflamables o combustibles, se deberá construir pendiente del piso para evitar la acumulación de estos líquidos debajo de los recipientes de GNC en caso de que se presentase un derrame. No se utilizarán recipientes no metálicos.

El sistema de Almacenamiento a utilizar será de 3 bancos, consiste en un banco llamado “Banco Baja”, un segundo banco llamado “Banco Media” y un tercer banco llamado “Banco Alta”. El nombre asignado no es propiamente por su presión de trabajo, sino por su prioridad de llenado. Cuando los tres bancos están llenos a la misma presión, el balance es de aproximadamente 60% en Baja, 20% en media y 20% en alta.

Descripción técnica del almacenamiento de GNC:

-

- Línea de venteo con válvula de accionamiento manual.
- En los recipientes no se aplicará ningún tipo de soldadura ni modificación alguna que no esté avalada en el diseño del fabricante.
- Válvula de cierre rápido en cada línea.

Marca	EKC
Dimensiones de los cilindros	700X12110 mm
Número de racks	2
Disposición	Horizontal
Capacidad por cilindro	2370 L
Presión de diseño	375 Bar
Presión de entrada	250 Bar
Presión de salida	250 Bar
Temperatura de operación	40 °C
Material de fabricación	Acero al Cromo Molibdeno

1.2.2.2 Sistemas de suministro de GNC

El sistema de suministro de gas natural será para el siguiente fin:

- Llenado de recipientes a bordo de vehículos automotores en las Estación de Suministro, por medio de un sistema de almacenamiento y un sistema de Surtidores ubicados en las islas de despacho. Los Surtidores contarán con un Lector del Dispositivo Identificador como parte del sistema de verificación para realizar el suministro de GNC.

Los Surtidores serán ensamblados con materiales nuevos y los componentes estarán diseñados y certificados de acuerdo con las normas establecidas para su fabricación según: NAG 441 Anexo 1, NFPA 52, CSA NGV 4.8, NFP 70, NPT 111.019.

Los Surtidores deberán tener letreros colocados de forma que sean notablemente visibles y legibles, que indiquen claramente lo siguiente:

- a. La Presión de Servicio Nominal, y
- b. Las instrucciones para realizar con seguridad el Procedimiento de transferencia de GNC

Los Surtidores cumplirán, con los siguientes requisitos de seguridad:

Cuando el Conector de Llenado para surtir GNC esté en posición de espera, deberá estar soportado y protegido contra daños y la acumulación de materiales extraños que podrían impedir su operación, tales como, nieve, hielo y arena; además se encontrará bajo un canopy que impedirá el contacto directo con la lluvia, arenas, o la acumulación de materiales u objetos extraños.

- a. Dispondrá de dispositivos de seguridad para:
 - I. El acoplamiento hermético a la Boquilla de Recepción antes de iniciar la transferencia de GNC, (Válvulas NGV-1 o NGV-2)
 - II. El corte de flujo de GNC será a través de una válvula breakaway cuando una manguera de transferencia tenga fugas, se desprenda o se reviente por la presión del GNC.
- b. Dispondrá de un sistema para despresurizar el Conector de Llenado para desacoplarlo de la Boquilla de Recepción, conduciendo el gas natural atrapado entre el elemento conector del surtidor y el receptáculo del vehículo hacia los venteos situados arriba del canopy.
- c. Un sistema de control manual para iniciar o parar la transferencia de GNC, a través de electroválvulas colocadas en cada línea de suministro al surtidor que se activarán manualmente cuando el operador y el sistema autoricen la carga del vehículo. Dichas válvulas permanecerán cerradas mientras no exista demanda de gas en dicha posición de carga. Estas válvulas son activadas mediante interruptores on/off y de la autorización del dispositivo identificador del vehículo.
- d. Un Lector del Dispositivo Identificador, el cual debe estar instalado en cada manguera de suministro del Surtidor cerca del Conector de Llenado, para identificar, leer y enviar los datos del dispositivo al Sistema de Información para el Suministro de GNC, previo a iniciar la transferencia al vehículo; dicho dispositivo es conocido como un chip que está incorporado en cada vehículo funcionando como almacenamiento de datos generales e historial de cargas y mantenimientos del sistema de gas del vehículo, el sistema no autoriza la venta si el propietario no cumple con los mantenimientos establecidos en el programa.
- e. Los Surtidores de carga contarán con manómetros presostatos para el corte de suministro cuando se exceda la presión máxima de operación, a través de este se podrá corroborar desde el exterior de estos, la presión de suministro.

Requisitos de instalación:

El punto de suministro de GNC cumplirá con los requisitos siguientes:

- a. Estará ubicado en exteriores
- b. Estará protegido contra daños causados por los vehículos

c. Tendrán las separaciones mínimas especificadas en la siguiente tabla:

OBJETO		DISTANCIA EN METROS
Surtidor de GNV		1.5
Límite de predio		3
Aberturas o ventanas en cualquiera construcción		2
Almacenamiento estacionario de GNC (Volumen en litros de agua)	Hasta 4 000	2.5
	Más de 4 000 hasta 10 000	4
	Más de 10 000	10

Los surtidores cumplirán con los requisitos siguientes:

- Estarán ubicados sobre una isla de concreto arriba del nivel de piso 0.15 m.
- No estarán debajo ni a una distancia menor de 0.9 m de la proyección vertical sobre la isla de un techo que pueda acumular gas natural.
- Estarán protegidos contra impacto de vehículos por medio de postes de tubo de acero de diámetro no menor a 0.1 m de relleno de concreto o una estructura equivalente, colocados a una distancia no menor a 0.3 m del surtidor o poste más cercano.
- Contarán con un dispositivo de ruptura del surtidor.
- Contarán con una válvula de relevo por presión (PSV).

Las mangueras para surtir GNC cumplirán con los requisitos siguientes:

- Contarán con certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada
- Las mangueras estarán marcadas por el fabricante o su representante de manera permanente indicando el nombre del fabricante o marca comercial, identificación de servicio, Presión de diseño y vida útil;
- Estarán ubicadas en exteriores
- Su longitud no será ser mayor a 7.6 m, evitando que éstas estén tensionadas o torcionadas y evitar que pasen por debajo de la unidad u otros vehículos. El largo de la manguera no debe permitir su roce contra el piso de la isla
- Las mangueras serán aptas para operar a la máxima presión de operación y resistentes a los hidrocarburos en su cara interna y a las condiciones atmosféricas (humedad, ozono, electricidad estática) en su superficie externa.

Dicha documentación que haga constar el cumplimiento de los requisitos solicitados será entregada en la etapa de pre-arranque de la estación.

Se instalará un Dispositivo de Ruptura (Breakaway) de la Manguera entre el Punto de Suministro y el Conector de Llenado, que cumplirá con lo siguiente:

- a. Contará con un certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada;
- b. Se desconectará cuando sea sujeto a una fuerza de 667 N o mayor;
- c. Impida desconectarse con una fuerza menor de 222 N;
- d. Cerrará automáticamente la fuente de suministro de GNC cuando se desconecte, y
- e. Dispondrá de los medios en la Estación de Suministro para limitar la cantidad de Gas Natural que se requiere ventear para conectar el acoplamiento de desconexión rápida con el dispositivo de ruptura a los contenidos de la manguera de suministro y a la tubería dentro del gabinete del Surtidor de GNC.

Los Conectores de Llenado contarán con un certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las normas aplicables para la tecnología empleada y ser compatibles con la Boquilla de Recepción.

Los Surtidores de las Estaciones de GNC deberán cumplir con los requisitos siguientes:

- a. Contar con una pantalla electrónica que indique la cantidad del GNC transferido, y
- b. Contar con un sistema de Compensación por Temperatura para medir el GNC en condiciones de presión y temperatura establecidas.

La Estación deberá tener los medios adecuados para controlar la presión de llenado del GNC al vehículo automotor. Este control estará diseñado a Prueba de Falla para evitar que el GNC suministrado exceda cualquiera de los límites siguientes:

- a. Una Presión de llenado de 200 bar para Estaciones sin sistema de compensación de temperatura;
- b. Una Presión de llenado de 250 bar para Estaciones con sistema de compensación de temperatura;
- c. La Presión de Llenado debe ser Compensada por Temperatura para evitar presiones que excedan la presión máxima permitida. Esta compensación se basa en un Gas Natural que cumple la ecuación siguiente: $P \text{ (bar)} = 178.6 + [1.43 \times T \text{ (}^{\circ}\text{C)}]$. Para los gases que no cumplan con esta ecuación, debe reducirse la Presión de Llenado para proteger al recipiente en caso de exposición al calor o al fuego;
- d. La presión máxima permitida en una Estación de Suministro no debe exceder de 250 bar, y
- e. Cuando la presión en el sistema del vehículo ha excedido el 1.25 del valor de la Presión de Servicio Nominal de la Boquilla de Recepción, se debe:
 - 1. Remover el exceso de GNC del vehículo, y

2. Notificar al responsable del vehículo para que solicite la revisión y aprobación del fabricante del Recipiente vehicular.

Características de los surtidores:

Cantidad	Marca	Modelo	Presión de servicio	Presión máxima de trabajo	Número de mangueras	Longitud	Flujo*
6	Clean Energy Compression	IMW UHF	200 Bar	250 Bar	1	3.20 m	5500 m³/h

*Flujo por manguera

Todos los surtidores utilizarán medidores de flujo másico por manguera con las siguientes características:

Marca	Modelo	Tipo
Micromotio n	CNG050	Coriolis

1.2.3. Equipos de proceso y auxiliares

1.2.3.1 Sistemas de acondicionamiento de GNC

La comercializadora se obliga a entregar el gas natural de conformidad con la calidad que se establezca en el Marco regulatorio.

En caso de el Gas Natural no cumpla con la calidad establecida en el Marco Regulatorio y se encuentre fuera de especificaciones, las partes deberán someterse a los procedimientos que para tales efectos establezca el Marco Regulatorio. Dichas responsabilidades serán explícitamente mencionadas en el contrato correspondiente.

El gas natural se recibirá odorizado de conformidad con la regulación vigente en materia de odorización de gas natural vigente.

Se deberá solicitar a la empresa distribuidora de gas natural el dictamen de cumplimiento con la norma vigente en materia de calidad de gas que se maneje en los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución de gas natural y/o una cromatografía del gas recibido en la estación de suministro para verificar la calidad del gas.

La estación de regulación y medición del distribuidor de gas contará con la sección de medición a la entrada del sistema, la marca, modelo y número de serie serán indicados en cuanto la empresa comercializadora proporcione dicha información.

No se contemplan equipos de odorización y/o secadores.

1.2.3.2 Sistemas de tuberías de gas natural de baja presión y de GNC de alta presión

Tubería de baja presión:

La tubería para baja presión será de un diámetro nominal de 8" de polietileno de alta densidad (HDPE) para el ramal principal el cual irá enterrada a una profundidad mínima 0.45 m entre el nivel de piso terminado y el lomo de tubo, y se utilizará tubería de acero al carbono para la conexión a la ERM, a los compresores y para la válvula de seccionamiento de la ERM. Se utilizarán las transiciones y los accesorios necesarios para cada material. Las especificaciones de las tuberías serán seleccionadas de acuerdo con las especificaciones que arrojen los cálculos. Todas las uniones para tubería de HDPE serán por termofusión y todas las uniones para acero al carbono serán soldables. No se utilizarán conexiones roscadas a menos que el fabricante lo especifique. Toda la tubería de acero al carbono será visible, protegida contra daños mecánicos, pintada en color amarillo y señalizado de acuerdo con la norma en materia vigente aplicable.

La tubería enterrada será instalada de la forma más directa como sea práctico, con las medidas de protección adecuadas para resistir expansión, contracción, vibración, golpes y asentamiento del suelo.

Las válvulas, empaques de válvulas y material de empaque serán los adecuados para soportar el gas natural a las presiones y temperaturas a las cuales estarán sujetas bajo condiciones de operación.

No se utilizarán conexiones roscadas en las tuberías enterradas y todas las uniones por soldadura en tuberías de acero al carbono de su longitud o se aplicará cualquier prueba no destructiva (PND) permitida por la norma aplicable por un laboratorio acreditado. La soldadura debe ser realizada por un soldador calificado utilizando procedimientos calificados.

Cálculo de la tubería

Para el cálculo del espesor de la tubería de polietileno, se utiliza la siguiente ecuación, derivada de la ecuación del numeral 5.1.2.2 de la NOM-003-ASEA-2016 para tuberías de polietileno.

$$t = \frac{D}{\left(\frac{2Sh \times 0.32}{Po}\right) + 1}$$

En donde:

t = espesor mínimo requerido (mm)

D = diametro exterior de la tubería(mm)

Sh = resistencia hidrostática a largo plazo(kPa)

Po = presión de operación(kPa)

Tubería de polietileno (NPS 8")

$$\therefore t = \frac{219.1}{\left(\frac{2 \times 8795 \times 0.32}{700}\right) + 1}$$
$$t = 24.23 \text{ mm}$$

Las tuberías de polietileno a instalar deberán cumplir como mínimo con las siguientes especificaciones:

- Tubería 8" PEAD NEGRO FRANJA AMARILLA PE 4710 (t=24.23)

Los accesorios necesarios para la correcta instalación deberán ser de las mismas características.

La tubería de acero al carbono utilizado es de 3" en Cedula 40 con uniones roscadas, realizándole la prueba de hermeticidad según lo establecido en la norma mencionada anteriormente, cumple con los requerimientos mínimos o equivalentes establecidos en las normas de referencia vigentes en México. El espesor mínimo de la tubería se calculó de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$t = \frac{P \times D}{2 \times S \times F \times E \times T}$$

En donde

t = espesor de la tubería en mm

P = presión de diseño en kPa

D = diámetro exterior de la tubería en mm

S = resistencia mínima a la cedencia

F = factor de diseño

E = factor de eficiencia de la junta

T = factor de corrección por temp.

Tubería de acero de 3"

$$\therefore t = \frac{700 \text{ kPa} \times 88.9 \text{ mm}}{2 \times (330 \times 10^3) \text{ kPa} \times 0.72 \times 1 \times 1}$$

$$t = 6.02 \text{ mm}$$

El espesor de pared de la tubería utilizado de 3" Céd. 40 es de 6.07 mm

Cálculo de caídas de presión

Concepto	Valor	Unidad
Presión manométrica de Salida de la ERM	4-7 BAR	bar

Temperatura (Kelvin)	Particular gas natural (kg/kgk)	Densidad (kg/m3)	Viscosidad cinemática gas natural (Pa*s)	Rugosidad del PEAD (mm)	Rugosidad del AC (mm)
291	0.503	8.13	1.11E-05	0	0.0024

TRAMO PRINCIPAL	TRAMO SECUNDARIO	MATERIAL	Q [m³/h]	Dn [pulg]	Di [mm]	Di [m]	A1 [m²]	L [m]	Le [m]	P1 [Pa]	P2 [bar]	V [m/s]	Re	f	ΔP [Pa]	P1 [Pa]	P2 [bar]	ΔP [bar]
A-B		PEAD	8508	8"	219.10	0.219	0.037703	126	215.83	200000	7	8.95	1.01E+06	0.012	2614.528317	897385.4717	8.97	0.026
A-B	B1-B2	AC	1418	3"	88.90	0.089	0.006207	2	28.67	697285.4717	6.97	5.10	4.18E+05	0.014	1034.32328	890351.1484	6.96	0.010
B-C		PEAD	7090	8"	219.10	0.219	0.037703	4.8	22.33	696151.1484	6.96	7.50	8.48E+05	0.012	195.6914774	896155.4569	6.96	0.002
B-C	C1-C2	AC	1418	3"	88.90	0.089	0.006207	2.00	34.00	697285.4717	6.97	5.10	4.18E+05	0.014	1226.757196	896158.7145	6.96	0.012
C-D		PEAD	5672	8"	219.10	0.219	0.037703	4.8	11.37	696158.7145	6.96	6.00	6.79E+05	0.012	66.37	896092.9435	6.96	0.001
C-D	D1-D2	AC	1418	3"	88.90	0.089	0.006207	2	34.00	696155.4569	6.96	5.12	4.18E+05	0.014	1226.76	894934.7627	6.95	0.013
D-E		PEAD	4254	8"	219.10	0.219	0.037703	4.8	77.10	696158.7145	6.96	4.30	5.09E+05	0.013	286.47	895892.2449	6.96	0.003
D-E	E1-E2	AC	1418	3"	88.90	0.089	0.006207	2	31.34	696892.3449	6.96	5.07	4.16E+05	0.014	1122.88	894769.9611	6.95	0.011
E-F		PEAD	2836	8"	219.10	0.219	0.037703	4.8	77.30	694769.9611	6.95	2.96	3.38E+05	0.014	126.34	894643.0187	6.95	0.001
E-F	F1-F2	AC	1418	3"	88.90	0.089	0.006207	2.00	4.67	695892.3449	6.96	5.07	4.16E+05	0.014	167.23	895725.01	6.96	0.002
F-G		PEAD	1418	8"	219.10	0.219	0.037703	4.8	77.10	695725.01	6.96	1.49	1.69E+05	0.016	36.11	895688.9066	6.96	0.000
F-G	G1-G2	AC	1418	3"	88.90	0.089	0.006207	2	9.29	696155.71	6.96	5.07	4.16E+05	0.014	332.88	895825.6375	6.96	0.003
			0	0	0.00	0.000	0.000000	0	0.00	696092.34	6.96	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Instalación de tuberías de baja presión

Las instalaciones de Gas Natural de baja presión en la Estación de suministro deberán cumplir con los requisitos siguientes:

- Las pérdidas de presión en la tubería no excederán 10% y la velocidad del flujo del Gas Natural no debe exceder 25 m/s;
- La tubería y/o tubo flexible en equipos dinámicos serán instalados de la forma más directa como sea práctico, con las medidas de protección adecuadas para resistir expansión, contracción, vibración, golpes y asentamiento del suelo;
- El número de uniones roscadas o bridadas deberá minimizarse y ubicarse en lugares seguros para el personal;
- Las uniones o conexiones roscadas o bridadas deben estar en un lugar accesible para su inspección y mantenimiento;
- La tubería no deberá doblarse, cuando se requiera doblar tuberías, el Procedimiento de doblado debe cumplir con las especificaciones del fabricante;
- Las tuberías aéreas deben estar protegidas contra daños mecánicos y contra la corrosión atmosférica;

- g. Las tuberías aéreas deberán tener soportes en tramos de forma que no se produzcan esfuerzos superiores a la resistencia de trabajo permitida del tubo y que la flecha no exceda 1% del claro,
- h. Las tuberías instaladas a la intemperie deberán tener suficientes soportes para resistir las fuerzas máximas resultantes de la presión interna y cualquier fuerza adicional causada por contracción o expansión térmica, el peso de la tubería y el agua durante la prueba hidrostática y la acción sísmica o de viento en el caso más desfavorable;
- i. La configuración de las tuberías deberá tener la flexibilidad adecuada para evitar esfuerzos excesivos sobre las conexiones a equipos y recipientes;
- j. Las conexiones de los recipientes a los cabezales deberán estar instaladas de tal manera que minimicen la vibración y estar bien protegidas contra daños mecánicos, y
- k. Las tuberías de diámetro mayor a DN 50 (NPS 2) conectadas a recipientes deben ser soldadas o con bridas soldadas, excepto las conexiones para Válvulas de Exceso de Flujo.

Protección contra la corrosión

La superficie exterior de las tuberías aéreas de acero al carbono deberá estar protegida contra la corrosión atmosférica con un recubrimiento que cumpla con las Normas Aplicables para el control de corrosión. El color del recubrimiento deberá ser amarillo y será señalizada de acuerdo con la normatividad nacional aplicable en materia de colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías, vigente.

La tubería de Polietileno de alta densidad no necesita ser protegida contra la corrosión debido a que es un material plástico, por lo que no se contempla un sistema de protección contra la corrosión para la instalación de tubería de baja presión.

Tubería de alta presión

Se utilizará tubería de acero inoxidable tipo 316 para la presión de 25 MPa (250 bar), con una presión de ruptura mayor o igual a 100 MPa (1 000 bar), que comprenden las líneas de descarga de del sistema de compresión a la cascada y a surtidores, con espesor de pared específico para cada diámetro, de acuerdo con los resultados que arrojen los cálculos.

Los accesorios para utilizar son del mismo material, estos accesorios son codos, tee's, válvulas, conectores etc., en donde se requieran.

Para los cambios de dirección se dobla la tubería en donde el espacio lo permita, debiendo tener un radio mínimo de 4 veces el diámetro del tubo o un diámetro de doblez mínimo de 76 mm y deben realizarse con herramienta adecuada.

Esta tubería se colocará en trincheras de concreto bajo nivel de piso terminado y montada sobre soportes de acero y abrazaderas con poliuretano.

Todas las mangueras de alta presión deben soportar por lo menos 2,25 (dos coma veinticinco) veces la presión de operación y no deben tener empates intermedios y contar con un certificado del fabricante.

Cada línea de gas de 250 bar contará con válvulas de exceso de flujo, las cuales cortan totalmente el flujo del gas hacía los dispensarios en caso de que no se cuente con ninguna oposición al flujo, es decir en caso de alguna ruptura, además de contar con válvulas check (retención de flujo) para evitar el retorno del gas de los recipientes de almacenamiento al compresor. Estas válvulas son instaladas al principio del recorrido de la tubería entre la cascada y dispensarios.

También se instalará una válvula de corte en el cabezal de un grupo de recipientes lo más cerca posible a éstos. Esta válvula estará después de la válvula check de la línea de llenado.

La tubería de acero inoxidable es totalmente roscada con conexiones OD o NPT, según se requiera, no se utiliza soldadura, ni bridas en este recorrido.

Se contará con manómetros en la salida de la ERM, a la succión y en la descarga de cada etapa del compresor, en cada línea de la cascada de almacenamiento y en cada dispensario, en su mayoría con escala de 0 a 5 000 psi para altas presiones y 0 a 7 bar para bajas presiones.

Accesorios de alta presión a utilizar en los diámetros requeridos:

- Tee
- Unión cruz
- Conectores rectos
- Reducciones
- Válvulas de bola
- Válvulas check
- Válvulas exceso de flujo
- Manómetros de 0-5 000 psi conexión inferior.

- Se realizan dobleces a la tubería donde el espacio lo permita para cambios de dirección a 90° o codos en espacios reducidos

Todos los materiales cumplen satisfactoriamente con normas ANSI/AGA NGV3.1-1995, CGA NGV 12.3-M95, (Fuel system components for compressed natural gas powered vehicles).

Cálculo de la tubería

El espesor requerido para secciones rectas de tubo es determinado mediante la siguiente ecuación, tomada de la norma ASME B31.3.

$$t_m = t + c$$

El espesor mínimo nominal T para el tubo seleccionado no debe ser menor que el espesor t_m

La ecuación siguiente determina el valor de t aplicable para

$$t < \frac{D}{6} \text{ y } \frac{P}{SE} < 0.385$$

$$\therefore t = \frac{PD}{2(SE + PY)}$$

Donde:

- t = espesor mínimo requerido [pul].
- P = presión de diseño ($PO + 0.1PO$) [psi].
- D = diámetro exterior de la tubería [in].
- S = Resistencia mínima a la cedencia [psi, Tabla A – 1 ASME B31.3].
- E = factor de calidad del tubo [Tabla A1 – B ASME B31.3]
- Y = factor de corrección por temperatura [Tabla 304.1.1 ASME B31.3].
- c = corrosión permitida, dada por el fabricante, de no ser especificada se toma como 0.015 pul.
- T = espesor nominal comercial.

Nota: La resistencia a la corrosión atmosférica del acero inoxidable 316 es muy alta en comparación con otros materiales de ingeniería sin recubrimiento. El acero inoxidable desarrolla una resistencia máxima a las manchas y picaduras. Por esta razón, en la práctica común se usa acero de este grado en las zonas donde el ambiente es altamente contaminado con cloruros, compuestos de azufre y sólidos, ya sea individualmente o en combinación, la velocidad de corrosión del acero 316 es de 0.001367 mm/año en ambientes extremos.

De acuerdo con tablas de especificaciones de las normas ASTM A213 y ASME B31.3, se obtienen los siguientes valores:

	Tubo de 1"	Tubo de 0.75"	Tubo de 0.5"	
D	1"	0.75"	0.5"	
S	20 ksi			
Y	0.4			
P	3960 psi			
C	0.015"			
E	1.00			

Para tubería de 1"

$$t = \frac{3960 \text{ psi} \times 1 \text{ in}}{2[(20 \times 10^3 \text{ psi}) + (3960 \text{ psi} \times 0.4)]}$$

$$\therefore t = 0.09173"$$

$$t_m = 0.091 + 0.015 = 0.1067"$$

$$\therefore T = 0.109"$$

Para tubería de 0.75"

$$t = \frac{3960 \text{ psi} \times 0.75 \text{ in}}{2[(20 \times 10^3) + (3960 \times 0.4)]}$$

$$\therefore t = 0.0691"$$

$$t_m = 0.0688 + 0.015 = 0.084"$$

$$\therefore T = 0.095"$$

Para tubería de 0.5"

$$t = \frac{3960 \text{ psi} \times 0.5 \text{ in}}{2[(20 \times 10^3) + (3960 \times 0.4)]}$$

$$\therefore t = 0.046"$$

$$t_m = 0.046 + 0.015 = 0.0608"$$

$$\therefore T = 0.065"$$

Comprobación

$$0.046 < \frac{0.5}{6} \quad 0.0691 < \frac{0.75}{6} \quad 0.091 < \frac{1}{6}$$

$$\frac{PE}{S} < 0.385 = \frac{3600 \text{ psi} \times 1}{20000 \text{ psi}} = 0.12$$

$$0.18 < 0.385$$

Las tuberías que deberán instalarse serán las siguientes:

- Tubo 1"x0.109" sin costura Type MT 316/MT 316L/ TP316/TP316L
- Tubo 0.75"x0.095" sin costura Type MT 316/MT 316L/ TP316/TP316L
- Tubo 0.5"x0.083" sin costura Type MT 316/MT 316L/ TP316/TP316L (podrá utilizarse tubería con espesor de pared 0.065" (cal. 16), ya que la presión de trabajo para esta tubería es de 5100 psi).

De acuerdo a tablas de especificaciones de las normas ASTM A213 y ASME B31.3

*Valores de espesores de pared de tubing comercial (T) sugeridos, deberá consultarse la operación de trabajo para cada tubería en tablas del fabricante en caso de seleccionar un espesor diferente.

Instalación de las tuberías de alta presión

La tubería de alta presión después de la descarga del Compresor tendrá una presión de ruptura igual o mayor a 2.25 veces la presión de operación;

Para GNC se utilizarán tubos de acero sin costura de diámetro hasta DN 50 (NPS 2) con Accesorios roscados para acero inoxidable (tubing), que cumplan con las Normas Aplicables de diseño y fabricación para el tipo y características del tubo;

No utilizarán uniones por soldadura en las tuberías de alta presión.

Los Componentes de las tuberías después de los Reguladores de presión hasta las válvulas de seguridad se deben diseñar para resistir la presión máxima que puede ocurrir como consecuencia de una falla de funcionamiento del Regulador de presión correspondiente y la acción de los sistemas de protección instalados, tales como, Válvulas de Relevo de Presión y Válvulas de Corte.

La presión de diseño de las tuberías de alta presión será al menos 10% mayor a la presión máxima de operación de los compresores.

No se utilizarán bridas en las líneas de alta presión, en donde el espacio lo permita se utilizarán dobleces con un radio mínimo de 76 mm o 4 veces el diámetro o deberán apegarse a lo establecido en las normas aplicables para el tipo y características de la tubería empleada.

Espesores y presiones de trabajo para tubing de acero inoxidable

Tubing de Acero Inoxidable ASTM A213 / A269															
PRESION DE TRABAJO DEL TUBING DE ACERO INOXIDABLE:															
Tubo de acero inoxidable 304 o 316, recocido ASTM A213 / A269. Basadas en una resistencia de rotura a tracción de 5167 bar (72,000 psi). Para temperaturas del metal desde -30°C a 40°C (-20°F a 100°F). Carga de presiones de trabajo admisibles calculadas a partir de valores S de 1378bar (20,000 psi) de acuerdo a código ANSI B31.3:															
OD	Calibres de la pared del Tubing (BWG / pulg.)														
Pulg.	31	30	28	27	25	22	20	18	16	14	13	12	11	10	0.156"
1/16	5600	6,800	8,100	9,400	12,000										
1/8						8,500	10,900								
3/16						5,400	7,000	10,200							
1/4						4,000	5,100	7,500	10,200						
5/16							4,000	5,800	8,000						
3/8							3,300	4,800	6,500						
1/2							2,600	3,700	5,200	6,700					
5/8								2,900	4,000	5,200	6,000				
3/4								2,400	3,300	4,200	4,900	5,600			
7/8								2,000	2,800	3,600	4,200	4,900	5,800		
1									2,400	3,100	3,800	4,200	4,800		
1-1/4										2,400	2,800	3,300	3,600	4,000	4,900
1-1/2											2,300	2,700	3,000	3,400	4,000
2												2,000	2,200	2,500	2,800

Para Tubo sin soldadura Presión de trabajo (psig)
Nota:
Para servicio de gas, use tubo cuya presión de trabajo este fuera del área sombreada

Figura I.13 Espesores de tubería INOX

Tipo de Línea	Diámetro	Longitud (m)	Material	Disposición
Baja	3"	12	Acero al carbono	Visible, ERM-Compresor
Baja	8"	136	Polietileno de Alta Densidad	Enterrada, ERM-Compresor
Alta	1"	300	Acero inoxidable (SS316)	En trincheras, Compresores
Alta	1/2"	40	Acero inoxidable (SS316)	En trincheras, Compresores
Alta	3/8"	20	Acero inoxidable (SS316)	Superficial, Almacenamiento

1.2.3.3 Sistemas de compresión de GNC



Figura I.14 Compresor

El Sistema de Compresión estará constituido por seis compresores single, para incrementar la presión del Gas Natural al nivel requerido y los aparatos, Componentes, dispositivos y Accesorios necesarios para su operación segura.

Los sistemas de compresión que se contemplan instalar constarán de 4 etapas de compresión, con una presión de succión de $\leq 4-7$ bar y con un rango de operación promedio de descarga en la primera etapa de 21.37 bar (310 psi), en la segunda etapa de 57.22 bar (830 psi) y en la tercera etapa de 120.65 bar (1750 psi) y finalmente en una cuarta etapa de 250 bar (3626 psi).

El funcionamiento sistema de compresión será operado por un Controlador Lógico Programable (PLC), que es una computadora industrial dedicada a controlar cada operación del sistema, la cual decide cuándo y qué presión de descarga se requiere. El PLC inicia y detiene el compresor, monitorea continuamente el estado de este, indica las advertencias y activa las condiciones de alarma. Varios sensores monitorean el compresor en términos de presión (entrada, entre etapas, descarga), temperatura (gas, ambiente, compartimiento, descarga) y otros datos, según sea necesario.

El sistema electrónico del sistema de compresión requiere de una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos de control, tales como sensores, transductores de presión y temperatura, indicadores de presión, temperatura, y nivel, válvulas con actuadores neumáticos, etc. Dispositivos con los que se monitorea los parámetros y condiciones de los equipos y de igual manera condiciones para provocar un paro de emergencia

como puede ser detección de una concentración de mezcla de gas explosiva en el ambiente, altas temperaturas en las etapas de compresión, altas presiones de descarga, etc.

Lo que significa que el sistema es inteligente y seguro. Además, desde el “Touch Panel” pueden monitorearse diversos parámetros como presión y temperatura en la succión, descarga de cada etapa, descarga final, nivel, presión y temperatura del aceite, voltaje, corriente y potencia consumida, entre otros.

Los compresores por instalar contarán con filtros a la entrada de la succión del equipo, este filtro removerá partículas y condensados. El mantenimiento de este filtro deberá ser realizado de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Además, entre cada etapa de compresión, entre el intercambiador de calor y la succión, contará con Scrubbers, sirviendo estos como trampa de condensados y filtro de partículas gruesas. Al mismo tiempo proporcionan amortiguamiento de pulsaciones. Estos elementos deben deberán ser drenados de acuerdo con el programa preventivo de mantenimiento.

Cuenta con un panel de prioridad controla la distribución de gas de la descarga del compresor a los bancos de almacenamiento, y la liberación de gas de los bancos a las unidades de distribución. En sistemas de 3 bancos, el panel de prioridad determina la secuencia de cascada de llenado, comenzando por el banco de alta. El panel de prioridad también distribuye a los dispensadores. La lógica del dispensador controla la secuencia de descarga para los dispensadores, comenzando por el banco de baja.

El equipo que será instalado será manufacturado y ensamblado con los siguientes estándares:

Componente/ Ensamble	Código/ Estándar
Unidad de compresión	ANSI NGV/ CSA 12.8/ NFPA 52, B108
Componentes eléctricos	CSA UL
Panel eléctrico/ cableados	CSA C22.1, NFPA 70
Recipientes sujetos a presión	ASME B31.3, CSA B51
Sistema de administración de calidad	ISO 9001
Válvulas de relevo de presión	ASME Section VIII, Div. 1

Para dar cumplimiento a lo mencionado, se presentará el certificado del equipo, el cual es proporcionado posterior a su manufactura y ensamble, por lo que tal documento es recibido en un periodo de tiempo muy cercano al commissioning de la estación.

Requisitos generales. El Sistema de Compresión como unidad, así como el Compresor, aparatos, Componentes, dispositivos y Accesorios que lo integran deberán cumplir con los requisitos siguientes:

- Estará diseñados para el manejo del flujo de Gas Natural a las presiones y temperaturas a las cuales serán sometidos bajo condiciones de operación previstas.

- b. Contar con un certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada, el equipo de compresión será ensamblado y manufacturado con la aplicación de los siguientes códigos aplicables para cada elemento: ANSI NGV 4.8/CSA 12.8, NFPA 52, CSA, UL, NFPA 70, ASME Section VIII, Div. 1, ASME B31.3.
- c. Contar con Válvulas de Relevos de Presión después de cada etapa de compresión, las cuales deben dirigir el Gas Natural liberado al Sistema de Venteo de la Terminal de Carga o de la Estación.
- d. Estará equipado con un Sistema de Paro del Compresor (SPC) y de alarma, en función de la criticidad del evento, que se activará cuando se detecten las condiciones fuera de los límites seguros de operación siguientes:
 - i. Alta concentración de gas en la cabina del compresor. Nivel 1.
 - ii. Alta concentración de gas en la cabina del compresor. Nivel 2.
 - iii. Baja presión de succión.
 - iv. Alta presión de succión.
 - v. ESD oprimido.
 - vi. Falla Ventilador.
 - vii. Alta presión de descarga.
 - viii. Alta temperatura inter-etapas y de descarga.
 - ix. Alta presión de descarga e inter-etapas;
 - x. Bajo nivel de aceite.
 - xi. Falla del motor principal.
 - xii. Falla por corriente del arrancador suave.
 - xiii. Falla de transductores de presión en todas las etapas.

La medición del GNC de salida de los compresores será cuantificada con los medidores de flujo másico en cada surtidor, que serán del tipo Coriolis.

Instalación: La instalación del Sistema de Compresión deberá cumplir con los requerimientos de la NOM-010-ASEA-2016 y con las instrucciones del fabricante.

El Sistema de Compresión deberá tener elementos para evitar que su vibración y movimiento afecten a las tuberías conectadas en su succión y en su descarga.

Los Compresores estarán instalados dentro de un Recinto que cumplirá las condiciones siguientes:

- a. El Recinto que rodea al Compresor y/o almacenamiento se construirá con materiales incombustibles con resistencia al fuego y al calor (resistencia mínima de 3 horas al fuego);

- b. La separación entre Compresores y equipos deberá ser de al menos 1 m;
- c. Deberá haber alrededor de cada equipo de compresión espacio suficiente para facilitar su montaje y mantenimiento. El pasillo alrededor de cada equipo de compresión no deberá ser menor a 0.9 m;
- d. El piso deberá ser de materiales incombustibles y que permitan que los Compresores sean instalados sobre cimentaciones estables;
- e. La superficie de ventilación no deberá ser menor al 5% de la superficie de los muros; el 80% de la ventilación deberá ser en la parte superior y el 20% restante en la parte inferior. Por lo cual tres muros de serán de concreto con materiales incombustibles, un lado será de reja de acero y un no tendrá techo.
- f. Las puertas del Recinto deberán abrir hacia afuera con cierre automático y abrirse desde el interior por empuje. En caso de que tengan cerradura, ésta deberá abrirse libre e inmediatamente desde el interior del Recinto.

Todas las instalaciones eléctricas de la estación de suministro deberán cumplir con lo establecido en la NOM-001-SEDE-2012 (utilización).

Características del equipo de compresión:

Características de los compresores de gas natural de la EDS					
Compresor	Cantidad	Capacidad de flujo de diseño	Capacidad de flujo operativo	Presión de entrada	Potencia
Clean Energy 2.0 Twin	6	1,418 Sm ³ /h	1,350 Sm ³ /h	4-7 bar	300 HP
TOTAL		8,508 Sm ³ /h	8,100 Sm ³ /h		1800 HP

Otras características:

- Potencia del Motor: 300HP
- Alimentación Eléctrica: 460VAC, 60Hz
- Velocidad de Giro: 985RPM
- Modelo IMW50-5750DA-250-3626-4AC-SINGLE

1.2.4. Pruebas de verificación

De acuerdo con la NOM-010-SECRE-2002 se realizarán las especificaciones y requisitos de seguridad en la Estación de Servicio.

- Los sistemas de las estaciones de servicio deben estar diseñados para operar a presiones de llenado de GNC adecuadas para cilindros con presión de servicio de 20 MPa (200 bar) y/o 25 MPa (250 bar).
- En las estaciones de servicio el llenado del cilindro no debe de exceder la presión de operación máxima permitida y debe cargarse de conformidad con la norma de fabricación. La presión de llenado de los cilindros de los vehículos en una estación que cuente con un sistema de compensación de temperatura no debe exceder los 25 MPa (250 bar), cualquiera que sea la temperatura.
- La presión de GNC en los recipientes de la estación de servicio no debe exceder 34.5 MPa (352 kgf/cm², 5000 lb/plg²).
- Los recipientes de GNC de la estación de servicio deben tener certificados de que han sido diseñados, contruidos, inspeccionados, marcados y probados de acuerdo con alguna de las normas siguientes: ISO 9809; ASME Boiler and Pressure Vessel Code, sección VIII o sección X DOT-3AA.
- El GNC debe tener un olor distintivo suficiente para que su presencia sea detectada cuando la proporción en el aire no sobrepase la quinta parte del límite inferior de explosividad, de acuerdo con la NOM-006-SECRE-199, Odorización del Gas Natural.

Sistemas de seguridad de las Estaciones de Suministro de GNC:

La Estación de Suministro de GNC contará con los sistemas de control electrónico siguientes:

- a. Sistema de detección de mezclas explosivas, para detectar condiciones inseguras por medio de detectores de fuego y mezclas inflamables, se contará con un detector de mezclas instalado en la cabina de cada compresor.
- b. Sistema de Paro de Emergencia (SPE), para interrumpir de una forma segura la operación de la Terminal de Carga o de la Estación de Suministro cuando se presente una emergencia.

Los circuitos de control que hayan interrumpido la operación de un sistema por mal funcionamiento deben permanecer en esa condición hasta que sean restablecidos manualmente cuando se asegure que se tienen condiciones operativas seguras.

El restablecimiento de la operación debe ser realizado por personal calificado y se debe avisar a través de una alarma sonora y visual en el momento en que se está efectuando dicho restablecimiento.

Sistema de compresión:

El sistema de compresión contará con los siguientes elementos:

- a. Una válvula de cierre manual antes e inmediato del Sistema de Compresión en un lugar accesible en el exterior del Recinto para controlar el flujo de Gas Natural hacia dicho Sistema;
- b. Una válvula automática normalmente cerrada a la entrada del Sistema de Compresión, generalmente ubicado en el interior del gabinete de compresión y proporcionado por el fabricante, para cortar el flujo de Gas Natural a dicho Sistema cuando:
 - I. Se active un interruptor del Sistema de Paro de Emergencia (SPE);
 - II. Ocurra una falla eléctrica, y
 - III. Se interrumpa el suministro de energía eléctrica para el Sistema de Compresión.
- c. Una Válvula de Retención en la línea de salida del Sistema de Compresión para impedir el flujo inverso de Gas Natural.
- d. Una válvula de cierre manual en el exterior del Recinto del Sistema de Compresión, después de la Válvula de Retención requerida en el inciso anterior, en la línea de suministro de Gas Natural a cada recipiente o cabezal del conjunto de recipientes conectados entre sí, en el caso de Surtidores y de cada Poste.

Surtidores:

El Dispositivo de Ruptura del Surtidor instalado en las Estaciones de Suministro de GNC se cerrará cuando:

- a. El Surtidor o el Poste sean desactivados, alterado o cortado desde su base;
- b. Se interrumpa el suministro de energía eléctrica al Surtidor o al Poste, y
- c. El Sistema de Paro de Emergencia (SPE), se active mediante un interruptor.

La línea de suministro de GNC a cada Surtidor contará con una válvula manual de cerrado rápido ($\frac{1}{4}$ de vuelta), ubicada antes e inmediata al Dispositivo de Ruptura del Surtidor o del Poste, en un lugar Fácilmente accesible para el operador.

El Surtidor contará con una válvula para impedir el flujo de Gas Natural cuando éstos no estén activados, estas válvulas serán las electroválvulas que permitirán el flujo de gas solo cuando el despacho de GNC sea autorizado.

Las Boquillas de Recepción contarán con un mecanismo para despresurizarlas, de acuerdo a las Normas Aplicables de diseño para la tecnología empleada, a una distancia no mayor de 0.20 m del Conector de Llenado.

Purga del sistema de tubería:

Se instalará una válvula de Purga y liberación de Gas Natural del sistema de tuberías de la Estación de Suministro, en un área de acceso restringido y/o con un mecanismo de protección para evitar que sea operada sin autorización.

La Estación contará con un Sistema de Venteo para conducir el Gas Natural Purgado o liberado del sistema de tuberías al exterior.

La descarga de los dispositivos de relevo deberá ventearse a no menos de 3 m por encima del piso. El conducto de venteo no debe reducir la capacidad de descarga.

Sistema de Paro de Emergencia:

Se instalarán activadores de accionamiento manual local para Paro de Emergencia que detendrán los compresores, cerrarán las válvulas de los recipientes de almacenamiento, cortarán la energía eléctrica a los equipos y componentes donde pueda haber gas natural, excepto al sistema de detección de mezclas explosivas, sistema de iluminación y sistema contra incendio.

El restablecimiento de la operación de la operación normal del sistema será realizado por personal calificado. Se avisará a través de una alarma sonora y visual en el momento en que se está efectuando dicho restablecimiento.

Los activadores manuales de Paro de Emergencia del equipo de compresión y de los surtidores se instalarán cuando menos en los siguientes puntos:

1. En cada isla de suministro.
 2. En zonas de oficinas o donde exista personal durante el día y la noche.
 3. Próximo a los accesos de los Recintos de compresión y almacenamiento
 4. Cerca de las zonas de compresión y almacenamiento se colocarán pulsadores grandes tipo hongo a prueba de explosión, localizados a 1.8 m sobre el piso de y debidamente señalizados con la leyenda “Paro de emergencia”.
- a. La Estación de Suministro de GNC contará con activadores del Sistema de Paro de Emergencia que, cuando se accione uno de ellos, realice lo siguiente:
1. Cierre el suministro de energía eléctrica y de Gas Natural hacia el sistema de Compresión de Gas Natural;
 2. Cierre la válvula de cierre automático a la entrada del sistema de compresión;
 3. Desactive los Surtidores
 4. Active una alarma sonora y visual.
- b. Los activadores del Sistema de Paro de Emergencia requeridos en el inciso anterior ubicarán donde sean fácilmente accesibles y claramente visibles en los lugares siguientes:
1. A una distancia no mayor a 10 m del Equipo de Compresión de Gas Natural;

2. A una distancia no mayor a 3 m de cada Punto de Suministro, y
 3. En zonas estratégicamente definidas en las cuales se garantice la presencia de personal calificado laborando.
- c. La ubicación de los activadores del Sistema de Paro de Emergencia estará señalizada en forma prominente con señales que cumplan los requisitos siguientes:
1. La leyenda “PARO DE EMERGENCIA” en letras rojas sobre fondo blanco; de al menos 100 mm de diámetro.
 2. Letras de altura acorde con lo establecido en la normatividad nacional aplicable en materia de Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías, vigente, y
 3. Colocadas en un lugar fácilmente visible adyacente a cada activador del Sistema de Paro de Emergencia.
- d. Los sistemas de control que dejen de operar cuando se activa el Sistema de Paro de Emergencia o se interrumpe la energía eléctrica, deben permanecer sin operar hasta que sean activados manualmente, una vez que se hayan restablecido las condiciones normales y de seguridad del sistema, y
- e. El restablecimiento de la operación deberá ser realizado por personal calificado y se debe avisar a través de una alarma sonora y visual en el momento en que se está efectuando dicho restablecimiento.

Sistema de verificación para el suministro de GNC

El Sistema de Verificación para el suministro de GNC estará integrado por un Lector de Dispositivo Identificador en cada manguera y un Sistema de Información para el Suministro de GNC.

El cableado eléctrico de este sistema debe cumplir con la clasificación de áreas peligrosas establecidas en la normatividad nacional aplicable a Instalaciones Eléctricas vigente y se debe demostrar evidencia del cumplimiento de ésta.

Sistema de puesta a tierra y sistema de protección contra descargas atmosféricas

El sistema de puesta a tierra se diseñará para proteger al personal de operación; durante las actividades de operación y/o mantenimiento, por cualquier sobretensión atmosférica o de otra índole que pueda afectar los equipos e instalaciones de procesos en la estación, así como proteger los equipos asociados al sistema eléctrico, en el sentido de minimizar los daños causados por una falla a tierra a través de una baja impedancia, limitando el voltaje a tierra y facilitando la operación de los dispositivos de protección.

Para el caso del área donde se instalará el compresor, se diseñará una malla de tierra que consistirá en un conductor principal directamente enterrado alrededor del recinto en forma de anillo y con interconexiones centrales formando dos cuadrículas de manera general. El conductor principal será cobre desnudo trenzado tamaño # 1/0 AWG como mínimo, al igual que para las derivaciones hacia los equipos.

En los casos puntuales como la ubicación del (los) transformador(es) transformador y tableros del proyecto, se instalarán barras de puesta a tierra, garantizando al menos dos puntos de conexión por equipo mayor.

Todas las conexiones entre conductores y, entre conductores y barras, serán del tipo exotérmica. Por otro lado, las conexiones a los diferentes equipos y/o estructuras metálicas serán mediante conectores apertados, no soldados.

En todos los casos, para los alimentadores de tableros, motores y tomacorrientes de uso especial, se incluirá un cable de tierra debidamente dimensionado según indique el Código Eléctrico Nacional, independientemente que los equipos estén conectados a la malla general de puesta a tierra. Este conductor será conectado en el lado del equipo al punto de tierra indicado en el punto de conexión eléctrica, y en el lado de la subestación eléctrica a la barra de puesta a tierra del tablero respectivo.

Sistema contra incendios

Se contará con extintores PQS en los siguientes puntos:

- Uno por cada surtidor.
- Dos próximos al recinto de compresión.
- Uno próximo a la estación de regulación y medición.

Se contará con extintores extintor CO₂ en los siguientes puntos:

- Uno próximo al cuarto eléctrico
- Uno próximo al área de transformadores
- Uno próximo al área de oficinas

Además, se contarán con detectores de humo en todos los espacios cerrados o en donde exista una posibilidad de incendio y lámparas de emergencia en las zonas operativas.

Sistema eléctrico de potencia e iluminación, primario.

El sistema de alimentación primario será alimentado de la red de alta tensión de la red eléctrica derivándose a la estación de suministro con una acometida mediante un poste eléctrico, para el inicio de operaciones se contará

con un transformador para la alimentación de los tableros, cuando se agregan los equipos de compresión para la segunda fase igualmente se agregarán los transformadores necesarios. Esta energía será utilizada como sistema primario de potencia para los equipos para gas natural, alumbrado y servicios de la estación. No se contempla la instalación de una planta de emergencia, únicamente se contará con lámparas de emergencia en donde el tráfico de personas sea constante y en el área de equipos de suministro y compresión de gas natural.

Requisitos generales

Ubicación de los equipos. La ubicación de los equipos de compresión, almacenamiento y suministro de las Estaciones de Suministro de GNC cumplirán con los requisitos siguientes:

- Estar localizados en exteriores arriba del nivel del piso, instalados sobre cimentaciones o estructuras adecuadamente diseñadas con sistemas de anclaje para cumplir con los requisitos de los fabricantes y de las Normas Aplicables al diseño de acuerdo con las condiciones sísmicas y climáticas de la región.
- Los equipos no deben estar ubicados debajo de líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica, ni estar expuestos a daños causados por la falla de estas líneas.
- Los equipos de compresión, almacenamiento y suministro deben cumplir con las siguientes distancias:
 - El sistema de almacenamiento estacionario y el sistema de compresión deben estar ubicados a una distancia mínima de:

Local/objeto	Distancia en Metros		
	Volumen total de almacenamiento en litros de agua		
Almacenamiento de GNC	Hasta 4,000	Desde 4,000 a 10,000	Sobre 10,000
Estacionamiento público	3	4	10
Aberturas o ventanas en cualquiera construcción	3	4	10
Límite del predio y fuente de ignición	3	4	10

- Los equipos de compresión, almacenamiento y suministro deben estar ubicados, como mínimo, a:
 - 3 m del límite de la calle o banqueta pública;

- b. 3 m entre un recipiente Estacionario y material que se pueda incendiar rápidamente;
- c. 6 m entre un recipiente Estacionario y la pared exterior más cercana de tanques abiertos que contengan líquidos combustibles o inflamables, y
- d. 15 m a las vías de ferrocarril.

Los equipos de compresión y almacenamiento deberán estar instalados en un área protegida contra daños físicos y el ingreso de personas no autorizadas mediante una cerca o pared, un cuarto o Recinto de Materiales no combustibles que rodee completamente los equipos. El Recinto no podrá ser utilizado para ningún otro fin. Cuando se utiliza una cerca o pared abierta, ésta debe tener una altura mínima de 2 m medido desde el nivel del piso.

El Recinto estará construido con Materiales no combustibles o de combustión limitada, que al menos tendrá un lado predominantemente abierto y no tendrá techo para dispersar el Gas Natural que se escape cuando ocurra un incidente.

Dicho Recinto deberá tener una puerta de acceso que se abra hacia afuera y si tiene cerradura, ésta debe contar en su interior con un mecanismo de liberación rápida que se pueda abrir sin llave.

- El equipo deberá ser instalado de tal manera que tenga un acceso adecuado para la operación, inspección y mantenimiento;
- Los pasillos que conducen a la salida deberán tener un ancho mínimo de 1 m, y
- El Recinto debe contar con la señalización restrictiva que contenga al menos la leyenda "PERSONAL AUTORIZADO ÚNICAMENTE", "NO FUMAR" y "GAS INFLAMABLE", de acuerdo con lo establecido en la normatividad nacional vigente en la materia.

Los frentes expuestos al peligro de impacto de vehículo, de la Estación de Suministro de GNC, deberán estar protegidos por barreras de protección iguales o equivalentes a las protecciones especificadas, que garantice la salvaguarda del sistema de almacenamiento, sistema de compresión y el sistema de suministro:

- a) Postes.

Deberán estar espaciados no más de 1.00 m entre caras interiores, enterrados verticalmente no menos de 0.90 m bajo NPT, con altura mínima de 0.90 m sobre NPT. Deberán ser de cualquiera de los siguientes materiales:

1. Tubería de acero al carbono: Cédula 80, de al menos 102.00 mm de diámetro nominal, y

2. Tubería de acero al carbono: Cédula 40, de al menos 102.00 mm de diámetro nominal, rellena con concreto.

b) Protecciones en “U” (grapas).

Se deberá emplear tubería de acero al carbono, cédula 40 con o sin costura, de al menos 102.00 mm de diámetro nominal, enterradas verticalmente no menos de 0.90 m bajo NPT. La parte alta del elemento horizontal debe quedar a una altura mínima de 0.75 m sobre NPT. La separación máxima entre las caras de cada grapa, y entre grapas, debe ser de 1.00 m.

Las protecciones antes señaladas estarán marcadas con franjas diagonales alternas amarillas y negras, y estar ubicadas a cuando menos 1.00 m del sistema expuesto a impacto vehicular.

Al término de la construcción de un sistema nuevo o como resultado de una modificación técnica, se deberá realizar la revisión de seguridad de pre-arranque para la Estación de Suministro, con el propósito de comprobar que éstas pueden iniciar sus operaciones en condiciones seguras.

Se deberá efectuar una revisión documental y física a la instalación con el propósito de evaluar que se cuente con al menos, los aspectos siguientes:

- a. La construcción debe cumplir con las especificaciones de diseño y las recomendaciones del fabricante;
- b. Manuales de operación, los cuales deben contener la información para la operación del sistema (diagramas de tubería e instrumentación, condiciones operativas, planos constructivos, diagramas unifilares, planos de clasificación de áreas eléctricas, manuales del fabricante, entre otros);
- c. Manual de seguridad;
- d. Análisis de Riesgo actualizado y que las recomendaciones emitidas hayan sido atendidas;
- e. Procedimientos de pre-arranque, operación que integren las medidas de seguridad para cada actividad. Estos Procedimientos deben estar actualizados y disponibles en el sitio de trabajo;
- f. Personal competente para la ejecución de sus actividades;
- g. Plan de Respuesta a Emergencias, se debe contar con un plan específico para el sistema nuevo en el cual se consideren todos los escenarios de emergencia identificados en el Análisis de Riesgos;
- h. Reportes de la integridad mecánica de los equipos que conforman las Terminales o Estaciones de GNC;
- i. Procedimiento de administración de cambio, que se tenga el control de cambios en la etapa de construcción;

- j. Se debe conservar durante la vida útil de la Terminal o Estación de GNC, los manuales, resultados, gráficas y registros de las pruebas realizadas, las acciones derivadas de las mismas y la bitácora de esas actividades, y proporcionarlas a la Agencia y a la Unidad de Verificación cuando le sean requeridas, y
- k. El Análisis de Capas de Protección y las recomendaciones resultantes implementadas en el Proyecto, cuando no se puedan cumplir las distancias establecidas en la Terminal de Carga, Terminal de Descarga o Estación de Suministro.

Previo al inicio de operaciones de un sistema nuevo, o como resultado de una modificación técnica, deberá actualizarse el Análisis de Riesgos correspondiente, de conformidad con la regulación técnica vigente en la materia.

La operación de la Estación de GNC sólo podrá ser realizada por personal calificado para las funciones asignadas.

Una vez concluida la fase de construcción de la Estación de GNC nueva, se deben realizar Pruebas estáticas, Procedimientos de inicio de operaciones y Pruebas de desempeño para inicio de operaciones a todo el Sistema de la Terminal o Estación de GNC.

Cuando proceda una modificación técnica, se deberán realizar las pruebas correspondientes únicamente en lo concerniente a dichas modificaciones.

Pruebas en recipientes, tuberías y Accesorios de la Estación de GNC.

- Antes del inicio de operaciones de la Terminal o Estación de GNC deben realizarse las pruebas hidrostática o neumática del sistema, y
- La tubería y Accesorios de la Terminal o Estación de GNC deben probarse hidrostáticamente a 1.5 veces o neumáticamente a 1.1 veces la Presión de diseño.

No se contempla la instalación de una planta de energía eléctrica de emergencia.

Áreas de maniobras

Los caminos de ingreso y egreso, y las áreas de carga GNC deben estar habilitados, delimitados, señalizados e iluminados para permitir el libre tránsito. Se deberán implementar las consideraciones siguientes:

1. Ser aptos para el tránsito de vehículos de conformidad a la normatividad vigente aplicable;

2. Los caminos deberán tener un ancho mínimo de 6 m y el trazado y radio de las curvas deben permitir la maniobra adecuada de los vehículos, sin obstáculos ni restricciones para entrar y salir en forma directa;
3. Deberán contar con protecciones contra impacto vehicular.0.15

Requerimientos de Seguridad Operativa para el inicio de operaciones.

Se deberá contar con Procedimientos aplicables al inicio de operaciones Estación de GNC o de cualquier Componente.

Para las pruebas de desempeño para evaluar el cumplimiento de las especificaciones de diseño de la Estación de GNC, se deberá contar con Procedimientos donde se establezcan los parámetros y aspectos operativos.

Se deberá establecer un programa de verificación de las pruebas de desempeño.

Se deberá obtener un Dictamen de Diseño de una Unidad de Verificación, en el que conste que la ingeniería de detalle de las instalaciones nuevas, ampliadas o con modificaciones al proceso, se realizó conforme a lo establecido en norma NOM-010-ASEA-2016.

Este Dictamen deberá incluir el listado de las Normas, códigos, estándares y Procedimientos aplicados por el Regulado en el diseño de los Componentes, equipos, Accesorios y materiales de la Estación de GNC.

El Dictamen de Diseño deberá ser conservado por el Regulado durante el ciclo de vida de la instalación; y podrá ser presentado, en su oportunidad, a las autoridades correspondientes, para acreditar que el Diseño de las instalaciones o equipos son acordes con la normativa aplicable.

Cuando por causa de algún accidente en las instalaciones de la Estación de GNC, se requiera el rediseño de su infraestructura, el Regulado debe realizar un nuevo diseño, el cual deberá ser verificado y dictaminado por la Unidad de Verificación.

Se deberá obtener un Dictamen de Pre-arranque de una Unidad de Verificación, en el que conste que las instalaciones y los equipos cumplen con lo previsto en la norma NOM-010- ASEA-2016.

Se deberá dar aviso a la Agencia del inicio de operaciones, en un plazo máximo de 10 días posterior a éste, mediante declaración, bajo protesta de decir verdad, que la Construcción y los equipos son acorde con lo dispuesto en la norma mencionada, así como la ingeniería de detalle y las modificaciones que se hayan incorporado a dicha ingeniería durante la etapa de Construcción.

El aviso al que se refiere el párrafo anterior debe acompañarse del Dictamen de Diseño y del de Pre-arranque, emitidos por la Unidad de Verificación.

Adicionalmente, para la operación de la estación, se deberá contar con los siguientes dictámenes de Normas Oficiales Mexicanas:

- NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (utilización).
- NOM-002-STPS-2010 Condiciones de seguridad – Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- NOM-002-SECRE-2010 Instalaciones de aprovechamiento de gas natural.
- NOM-020-STPS-2011 Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas – Funcionamiento – Condiciones de Seguridad.
- NOM-026-STPS-2008 Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías

Códigos y estándares de referencia

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI)	
ANSI/AGA NGV 1	Standard for compressed Natural Gas Vehicle
ANSI/AGA NGV2	Basic Requirements for Compressed Natural Gas Vehicle (NGV) Fuel Containers
ANSI/ ASME B31.1	Power Piping
ANSI/ ASME B31.3	Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping
ANSI/ ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping System
AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME)	
ASME Section VIII, Division 1 and 2	Boiler and Pressure Vessel Code
AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API)	
API Specification 618	Reciprocating Compressors for General Refinery Service
NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA)	
NFPA 52	Compressor Natural Gas (CNG) Vehicle Fuel Systems

I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

I.3.1. Especificación del cuarto de control

Uno de los más importantes puntos que no se debe olvidar en este tipo de estaciones es la seguridad, la cual ha sido considerada para que el personal operario tenga acceso a esta de manera inmediata. Es decir, existen botones de paro de emergencia, en cada unidad de despacho, equipos de compresión, secadores, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales, al ser activados, desenergizan totalmente los sistemas de compresión, cierran válvulas de succión y descarga de secadores, compresores y panel de prioridades. Seguido de lo anterior la activación de una alarma sonora/luminosa indica situación anormal de operación. Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que origino el paro de los equipos. Además cada equipo de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como en la cascada de almacenamiento y el panel de prioridad, cuenta con válvulas de seguridad o de relevo de presión calibradas 1.2 veces la presión de operación, para los surtidores se tienen manómetros para indicar la presión de llenado, el cual indica la presión de llenado del vehículo, a su vez estos equipos también cuentan con válvulas de seguridad que se disparan al rebasar la presión de ajuste para el llenado del cilindro del automóvil, así también en la descarga de los compresores hacia surtidores se cuenta con válvulas que operan por exceso de flujo, es decir, cuando se detecta que no existe una oposición al flujo del gas, este elemento se cierra automáticamente, bloqueando totalmente el flujo de gas. En las cabinas de los compresores se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo. Los valores para alarma y disparo son del 9.4% LEL y 56.6% LEL, respectivamente, equivalente al 0.5% y 3% en volumen de gas natural como lo marca la NOM-010-ASEA-2016.

I.3.2. Sistemas de aislamiento

Se tiene un área destinada para equipos y compresores al aire libre, los cuales tendrán en su perímetro un muro de concreto reforzado similar al muro de Conteo. Los demás muros perimetrales serán de block de concreto, cimentados sobre una zapata corrida de concreto reforzado.

Además, la estación cuenta con espacio para la Estación de Regulación y Medición. Dicho espacio será de muro de carga de block de concreto, con losa maciza, castillos y zapata corrida de concreto reforzado.

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

En este apartado se identificarán los posibles peligros asociados a la operación del gas natural, las metodologías empleadas para llevar a cabo dicha identificación son las siguientes:

- Determinación de la peligrosidad del gas natural, análisis con base a la hoja de datos de seguridad de dichas sustancias (**Anexo**).
- Análisis HAZOP, análisis realizado de acuerdo a lo establecido en la norma de referencia **NRF-018-PEMEX-2014** para la elaboración de estudios de riesgo utilizando la matriz para la identificación de riesgos incluida en la misma norma.

Los sistemas de compresión que se contemplan instalar constarán de 4 etapas de compresión, con una presión de succión de $\leq 4-7$ bar y con un rango de operación promedio de descarga en la primera etapa de 21.37 bar (310 psi), en la segunda etapa de 57.22 bar (830 psi) y en la tercera etapa de 120.65 bar (1 750 psi) y finalmente en una cuarta etapa de 250 bar (3 626 psi). El gas se recibe del patín de medición. El gas pasa por una válvula de corte automático por alta y baja presión y posteriormente a un filtro coalescedor¹ para retención de líquidos y partículas sólidas.

De la salida del compresor sale una derivación en tubería que conduce el gas natural comprimido hacia los 6 surtidores de alto flujo. Estos surtidores cuentan con mangueras de 1" de diámetro para el llenado de los vehículos automotores.

Tabla I.10 Sustancias manejadas en el sistema de compresión

Sustancia	Características de peligrosidad	Ubicación
Gas natural	Inflamable	Sistema de compresión

El gas natural tiene altos niveles de explosividad e inflamabilidad, es más ligero que el aire, con una densidad relativa de 0.61, por tal motivo se disipa rápidamente en la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales.

Golpes accidentales en el equipo de compresión, daños en la instrumentación o tubería, falla en la conexión en el dispensario podrían ser causa de formación de fugas con tamaños variables que de encontrar alguna fuente de ignición podrían dar lugar a incendios o explosiones dependiendo de la naturaleza propia de la fuga.

¹ Un coalescedor es un contenedor que acelera la unión o la cohesión de dos o más partículas dispersas para formar partículas más grandes

A continuación, se presentan a detalle las características del gas natural;

Tabla I.11 Datos del Gas Natural

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO			
Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No.		HDSSQ-001	
Nombre del Producto		Gas Natural	
Nombre Químico		Metano	
Familia Química		Hidrocarburos del Petróleo	
Fórmula Molecular		Mezcla (CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈)	
COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES			
Material	%	Número CAS (Chemical Abstracts Services)	LEP (Límite de Exposición Permisible)
Gas Natural (Metano ²)	88	74-82-8	Asfixiante Simple
Etano	9		Odorífico
Propano	3		
Etil Mercaptano ³	17-28 ppm		
IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS			
HR: 3 ⁴		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. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.	

² Las simulaciones realizadas se realizan con esta sustancia química

³ El CAS del Etil Mercaptano es 75-08-01 y el ACGIH TLV: 0.5 ppm

⁴ HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto

Efectos Potenciales para la Salud		El Gas Natural no tiene color, sabor, ni olor, por lo que es necesario administrar un odorífico para advertir su presencia en caso de fuga	
PELIGROS DE EXPLOSIÓN E INCENDIO			
Punto de Flash	Temperatura de Auto ignición	Límites de Explosividad	Punto de Flash (Descripción)
-222.0° C	650.0 °C	Inferior 4.5% Superior 14.5%	Punto de Flash: Una sustancia con punto de flash de 38°C o menor se considera peligrosa; entre 38 °C y 93 °C, moderadamente inflamable; mayor a 93 °C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del gas natural (– 222.0 °C)
PROPIEDADES FÍSICAS/QUÍMICAS			
Fórmula Molecular		Mezcla (CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈)	
Peso Molecular		18.2	
Temperatura de Ebullición @ 1 atmósfera		- 160.0 °C	
Temperatura de Fusión		- 182.0 °C	
Densidad de los Vapores (Aire = 1) @ 15.5 °C		0.61 (Más ligero que el aire)	
Densidad del Líquido (Agua = 1) @ 0°/4 °C		0.554	
Relación de Expansión		1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas	
Solubilidad en Agua @ 20 °C		Ligeramente soluble (de 0.1 @ 1.0%)	
Apariencia y Color		Gas incoloro, insípido y con ligero olor a huevos podridos (por la adición de mercaptanos para detectar su presencia en caso de fugas de acuerdo con Norma Pemex No 07.3.13	
ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD			
Estabilidad Química		Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.	
Productos Peligrosos de Descomposición		Los gases o humos que produce su combustión son: bióxido de carbono y monóxido de carbono (gas tóxico).	
Peligros de Polimerización		No polimeriza	
INFORMACIÓN TOXICOLOGICA			

El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira. En altas concentraciones pueden producir asfixia.

INFORMACIÓN ECOLÓGICA

El gas natural es un combustible limpio, los gases producto de la combustión, tienen escasos efectos adversos en la atmósfera. Sin embargo, las fugas de metano están consideradas dentro del grupo de Gases de Efecto Invernadero, causantes del fenómeno de calentamiento global de la atmósfera (con un potencial 21 veces mayores que el CO₂). El gas natural no contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono. Su combustión es más eficiente y limpia por lo que se considera un combustible ecológico que responde satisfactoriamente a los requerimientos del INE, SEMARNAT y la Secretaría de Energía, así como a la normatividad que entró en vigor a partir de 1998.

DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS

El gas natural no deja residuos.

INFORMACIÓN SOBRE SU TRANSPORTACIÓN

Nombre Comercial	Gas Natural
Identificación *DOT	1971 y 1972 (Organización de Naciones Unidas)
Clasificación de Riesgo *DOT	Clase 2; División 2.1

Fuente: Hoja de datos de seguridad del gas natural (Se presenta como Anexo)

1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

No se tienen antecedentes de incidentes o accidentes registrados en alguna de las instalaciones de las estaciones de carburación de la empresa NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I DE C.V.

1.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización

Los escenarios determinados para el análisis de consecuencias son los que resultaron de la jerarquización de riesgos aplicando la metodología **Análisis HAZOP** para la simulación de los eventos y la determinación de los radios de afectación se utilizó el **programa ALOHA® 5.4.7.0**, desarrollado en conjunto por la **NOAA** y **EPA**, para la simulación de escenarios de riesgo en un estudio de riesgo ambiental.

Tabla I.12 Metodologías de análisis y evaluación de riesgos aplicadas al proyecto



Tipo		Nombre
Metodología Cualitativa de Análisis de Riesgo		Análisis de Peligros y Operatividad – Hazop
Tipo		Nombre
Metodología cuantitativa de Análisis de Riesgo	Análisis de consecuencia	Simulación de consecuencias con software especializado ALOHA 5.5.7.0

Para la definición de los escenarios se siguió un enfoque sistemático basado en los criterios sugeridos por el **American Institute of Chemical Engineers (AICHE)**. De acuerdo con estos criterios las fugas de materiales deben considerar tamaños grandes, medianos, pequeños de los orificios para así cubrir en los resultados todas las posibilidades de radios de afectación. Dadas las dimensiones de la tubería empleada en el sistema de distribución, en estas simulaciones los diámetros de fuga se definieron como **fuga transversal**, es decir ruptura total de la tubería para fuga grande, **100 mm para fuga mediana** y **25 mm para fuga pequeña**.

- **Análisis HAZOP:**

Un Estudio de Peligro y Operabilidad, HAZOP, por sus siglas en inglés Hazard and Operability Study, es una metodología estructurada de manera simple para identificar peligros mediante el empleo de razonamiento lógico a partir del diseño original de un sistema determinado. La metodología consiste en suponer que el diseño original es el adecuado para el funcionamiento del sistema, además de seguro y operable, de esta manera se estudian las desviaciones de los parámetros clave con respecto al diseño original, ayudándose con palabras guía para controlar la evaluación.

El análisis se realizó en la Estación de servicio Hipódromo, previo al inicio de la revisión se impartió, como se acostumbra en este tipo de estudios, un curso de la metodología a fin de que todos los miembros del equipo se familiaricen con la secuencia del análisis y se homologuen los criterios.

Una vez que se conoce la metodología del análisis HAZOP, se llevan a cabo las sesiones de trabajo para cada nodo identificado y se indican los parámetros de operación relevantes, se resume el modo normal de operación, así como las características de peligrosidad de las sustancias manejadas en el nodo. Los nodos en que se dividió el sistema fueron los siguientes:

Nodo 1. Etapa de medición

Nodo 2. Etapa de regulación

Nodo 3. Sistema compresor

Nodo 4. Sistema de almacenamiento (cascada pulmón)

Nodo 5. Suministro de gas natural a surtidores

A continuación, se presentan los nodos identificados:

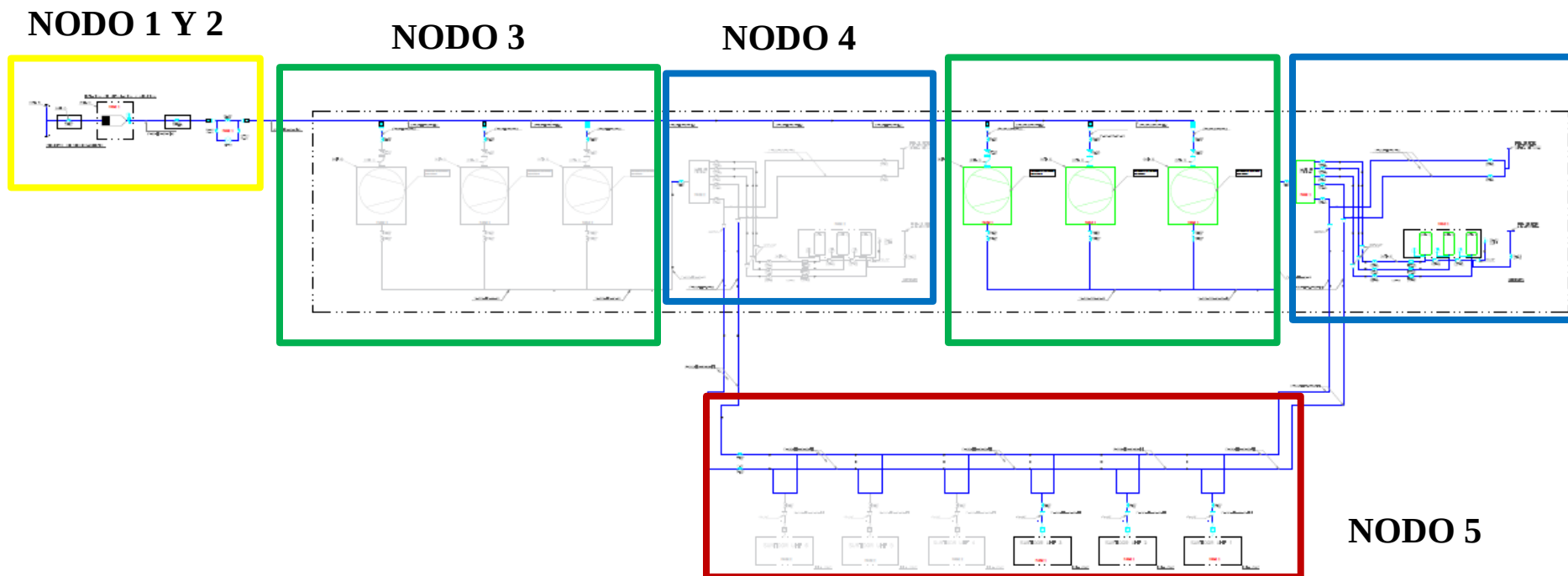


Figura I.15 Identificación de los Nodos en el sistema de gas natural

Se presenta como **Anexo** el plano DTI para mejor visualización, así como los planos de Alta y Baja Presión, utilizados y analizados para el desarrollo de las hojas HAZOP.

Posteriormente para cada nodo se procede a elaborar la lista de desviaciones al modo normal de operación que puedan darse. Para facilitar y sistematizar esta etapa, las desviaciones se obtienen combinando alguna palabra guía, tal como Más, Menos, No, etc., con cada uno de los parámetros de operación que aplican al nodo.

La siguiente tabla muestra la lista de desviaciones originalmente propuesta por Imperial Chemical Industries, Ltd. (ICI) junto con una explicación de su interpretación:

Tabla I.13 Desviaciones utilizadas en el Análisis HAZOP

Desviación	Interpretación
No flujo	Suspensión o completa ausencia del flujo
Menos flujo	Disminución en el flujo por debajo del valor o rango de diseño
Más flujo	Incremento en el flujo por arriba del valor o rango de diseño
Flujo inverso	Tener flujo en sentido contrario al especificado en el diseño
Alta presión	Existencia de una presión mayor a la del valor o rango de diseño
Baja presión	Existencia de una presión menor a la del valor o rango de diseño
Alta temperatura	Existencia de una temperatura mayor a la del valor o rango de diseño
Baja temperatura	Existencia de una temperatura menor a la del valor o rango de diseño
Alto nivel	Tener un nivel que rebase el valor o rango de diseño
Bajo nivel	Tener un nivel que esté por debajo del valor o rango de diseño
Parte de...	Que la proporción entre los componentes de un material o sustancia sea diferente a la proporción normal o de diseño
También...	Que existan materiales o sustancias adicionales al material o sustancia especificado en el diseño
Otro...	Que el material o sustancia original sea sustituido por otro
Arranque	Variaciones al modo normal de arrancar un proceso o equipo
Paro	Variaciones al modo normal de parar un proceso o equipo
Alivio	Presencia o ausencia, o fallas de los sistemas de alivio

Desviación	Interpretación
Instrumentación	Alteraciones en el funcionamiento normal de un instrumento
Muestreo	Variaciones al modo normal de tomar muestras en el sistema
Falla de servicios	Ausencia o variación en el suministro de electricidad, vapor, agua, aire, etc.
Corrosión/erosión	Presencia de desgaste interno o externo en las paredes de equipos y tuberías
Mantenimiento	Variaciones al modo normal de realizar las actividades de mantenimiento
Tierras/estática	Ausencia o falla de estos sistemas
Fenómenos naturales	Efectos nocivos en el sistema por erosión, frío intenso, sismo, huracán, tornado, inundación, etc.

Para cada desviación se define la causa o causas inmediatas que podrían provocarla. Una vez definido el listado de causas se procede a especificar la consecuencia o consecuencias de cada causa teniendo cuidado de no confundir la consecuencia con la desviación. La captura de éstas se hizo en una hoja de trabajo siguiendo la estructura típica de un HAZOP, enseguida se enumeran las salvaguardas, que son medidas de seguridad, ya sea para prevención o control de los eventos. De esta manera cada causa se analiza considerando sus efectos y medidas de protección, y si al final de dicho análisis resulta que la situación no es segura entonces se emiten recomendaciones.

Al analizar todas las desviaciones de un nodo, se procede con el nodo siguiente, a medida que se avanza en los nodos se encuentran situaciones similares para componentes similares de equipo o situaciones, en estos casos se hace referencia a las secciones previas donde ya se había realizado el análisis, se valoró la frecuencia y la consecuencia del evento, tomando en cuenta la efectividad de las salvaguardas, y sus calificaciones se escribieron en las columnas correspondientes con los siguientes criterios:

Frecuencia:

A continuación, se muestra la frecuencia de ocurrencia de los eventos.

Tabla I.14 Frecuencia de ocurrencia de los eventos (NRF-018-PEMEX-2014)

Frecuencia		Criterios de ocurrencia
Categoría	Tipo	Cualitativo
Alta	F4	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años
Media	F3	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones
Baja	F2	Concebibile; nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en alguna instalación similar
Remota	F1	Esencialmente imposible. No es realista que Ocurra

Consecuencia:

En la siguiente tabla se muestran las consecuencias en forma descriptiva.

Tabla I.15 Consecuencias Tipo de evento y categoría (NRF-018-PEMEX-2014)

Afectación	Menor C1	Moderado C2	Grave C3	Catastrófico C4
A LAS PERSONAS				
Seguridad y salud de los vecinos	Sin afectación a la seguridad y la salud pública	Alerta vecinal; afectación potencial a la seguridad y la salud pública	Evacuación; Lesiones menores o afectación a la seguridad y salud pública moderada; costos por afectaciones y daños entre 5 y 10 millones de pesos	Evacuación; lesionados; una o más fatalidades; afectación a la seguridad y salud pública; costos por lesiones y daños mayores a 10 millones de pesos
Seguridad y salud del personal y proveedor y/o contratista	Sin lesiones; primeros auxilios	Atención Médica; Lesiones menores sin incapacidad; efectos a la salud reversibles	Hospitalización; múltiples lesionados, incapacidad parcial o total temporal; efectos moderados a la salud	Una o más fatalidades; Lesionados graves con daños irreversibles; Incapacidad parcial o total permanentes

Afectación	Menor C1	Moderado C2	Grave C3	Catastrófico C4
AL AMBIENTE				
Efectos en el Centro de Trabajo	Olores desagradables; ruidos continuos; emisiones en los límites de reporte; polvos y partículas en el aire	Condiciones peligrosas; informe a las autoridades; emisiones mayores a las permitidas; polvos, humos, olores significantes	Preocupación en el sitio por: fuego y llamaradas; ondas de sobre presión; fuga de sustancias tóxicas	Continuidad de la operación amenazada; incendios, explosiones o nubes tóxicas; evacuación del personal.
Efectos fuera del Centro de Trabajo	Operación corta de quemadores; olores y ruidos que provocan pocas quejas de vecinos	Molestias severas por presencia intensa de humos, partículas suspendidas y olores; quemadores operando continuamente; ruidos persistentes y presencia de humos	Remediación requerida; fuego y humo que afectan áreas fuera del centro de trabajo; Explosión que tiene efectos fuera del centro de trabajo; presencia de contaminantes significativa	Descargas mayores de gas o humos. Evacuación de vecinos, escape significativo de agentes tóxicos; daño significativo a largo plazo de la flora y fauna ó repetición de eventos mayores
Descargas y Derrames	Derrames y/o descarga dentro de los límites de reporte; contingencia controlable.	Informe a las Autoridades. Derrame significativo en tierra hacia ríos o cuerpos de agua. Efecto local. Bajo potencial para provocar la muerte de peces.	Contaminación de un gran volumen de agua. Efectos severos en cuerpos de agua; mortandad significativa de peces; incumplimiento de condiciones de descarga permitidas; reacción de grupos ambientalistas.	Daño mayor a cuerpos de agua; se requiere un gran esfuerzo para remediación. Efecto sobre la flora y fauna. Contaminación en forma permanente del suelo o del agua.
AL NEGOCIO				
Pérdida de producción, daños a las instalaciones	Menos de una semana de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de la	De 1 a 2 semanas de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de la producción, hasta	De 2 a 4 semanas de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de la producción de hasta	Más de un mes de paro. Daños a propiedades o a las instalaciones; pérdida

Afectación	Menor C1	Moderado C2	Grave C3	Catastrófico C4
	producción, menor a 5 millones de pesos	10 millones de pesos	20 millones de pesos	mayor a 20 millones de pesos
Efecto legal	Incidente reportable	Se da una alerta por parte de las Autoridades	Multas significativas; suspensión de actividades	Multa mayor, proceso judicial
Daños en propiedad de terceros	Las construcciones son reutilizables, con reparaciones menores. Poco riesgo para los ocupantes	Las reparaciones son mayores, con costos similares a edificaciones nuevas. Riesgo de alguna lesión a ocupantes	Pérdida total de los bienes o de la funcionalidad de los bienes; posibilidad de lesiones o fatalidades	Demolición y reedificación de inmuebles; sustitución del edificio. Posible lesión fatal a algún ocupante
A LA IMAGEN				
Atención de los medios al evento	Difusión menor del evento, prensa y radio locales	Difusión local significativa; entrevistas, TV local	Atención de medios a nivel nacional	Cobertura nacional. Protestas públicas. Corresponsales extranjeros

Con los valores de frecuencia y consecuencia se buscó su intersección en la matriz de riesgo de Petróleos Mexicanos, para determinar su nivel de grado de riesgo (GR).

En la siguiente tabla se puede apreciar la matriz antes mencionada.

Tabla I.16 Matriz de riesgos (NRF-018-PEMEX-2014)

F R E C U E N C I A	Alta F4	B	B	A	A
	Media F3	C	C	B	A
	Baja F2	D	C	B	A
	Remota F1	D	D	C	B
		Menor C1	Moderada C2	Grave C3	Catastrófica C4
CONSECUENCIA					

Los criterios de calificación del nivel de riesgo establecidos por Petróleos Mexicanos son:

Tipo A – Riesgo intolerable: El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Tipo “A” representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Tipo C o de preferencia a Tipo D, en un lapso de tiempo menor a 90 días.

Tipo B – Riesgo indeseable: El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse controles temporales inmediatos en sitio, para reducir el riesgo.

Tipo C – Riesgo aceptable con controles: El riesgo es significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. Las medidas de solución para atender los hallazgos deben darse en los próximos 18 meses. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.

Tipo D – Riesgo razonablemente aceptable: El riesgo requiere control, pero es de bajo impacto y puede programarse su atención conjuntamente con otras mejoras operativas.

En todos aquellos eventos donde se obtengan niveles de aceptación de riesgo con calificaciones **A, B o C** se deben emitir recomendaciones orientadas a disminuir el grado de riesgo.

- **Condiciones de simulación**

En el presente proyecto se consideran las siguientes condiciones para efectuar la **simulación de los riesgos identificados**

- a) Las propiedades físicas y químicas del gas combustible que se transporta, permanecen constantes con respecto al tiempo.
- b) Se consideró una temperatura promedio ambiente de **24 °C**⁵ (temperatura promedio durante el año en la región), y una humedad relativa de **73.5%**.⁶
- c) Para esta zona geográfica, la velocidad del viento se consideró de **8 km/h equivalente a 2.22 m/s**.⁷

⁵ **Fuente:** <https://es.windfinder.com/windstatistics/>

⁶ **Fuente:** https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/240054/Anexo_1_Meteorologico.pdf

⁷ **Fuente:** <https://es.windfinder.com/windstatistics/>

d) Bajo condiciones atmosféricas sin gran perturbación, y considerando la combinación de velocidad del viento y radiación solar y/o nubosidad, la estabilidad atmosférica es de tipo "F", moderadamente estable.

e) El tiempo durante el cual el fluido se fuga está en función del tiempo de la detección y control del evento. Este caso se considera un tiempo máximo de **15 minutos**, ya que siempre estará presente personal en la Estación de Servicio.

Cabe mencionar que, para la generación de una nube tóxica, incendio o explosión, se deberá haber presentado una fuga previamente.

Para fines de este estudio la determinación de los radios potenciales de afectación se llevará a cabo para los eventos ocasionados por fugas de gas natural, representando los respectivos radios en diagramas de pétalos (Ver apartado II.3).

Como **Anexo** se presentan las hojas de trabajo del análisis HAZOP en donde se reportan todos los tipos de riesgo encontrados para cada una de las desviaciones que se analizaron.

Como resultado de la aplicación de la metodología HAZOP, previamente expuesta, se determinaron situaciones de riesgo tipo B, C y D en el sistema de compresión de gas natural, cabe mencionar que no se identificaron situaciones de riesgo tipo A.

Es importante mencionar que para las situaciones de riesgo “Tipo C – Riesgo aceptable con controles” y “Tipo D – Riesgo razonablemente aceptable” se emiten todas las recomendaciones necesarias, con el objetivo de evitar que se presenten, sin embargo, el enfoque principal es en las situaciones de riesgo “Tipo B – Riesgo indeseable” con el objetivo principal de reducir y/o disminuir su gravedad.

Por lo tanto, se proponen los siguientes escenarios de fuga de gas natural en diferentes puntos del sistema de compresión de gas natural:

Tabla I.17 Escenarios de fuga de gas natural

Escenario	Fuga	Equipo
Escenario 1	Fuga de gas natural en Estación de regulación y medición	Tubería
Escenario 2	Fuga de gas natural en Compresor	Tubería
Escenario 3	Fuga de gas natural en Sistema de Almacenamiento	Tubería y cilindros
Escenario 4	Fuga de gas natural en Dispensario	Manguera

En la siguiente tabla se muestra la descripción de los eventos probables, en base a los cuáles se realizó el análisis de consecuencias:

Tabla 1.18 Descripción de los eventos probable

No.	Escenario	Consideraciones
Gas natural		
1	Fuga de gas natural en Estación de regulación y medición	Fuga en tubería; 1. Diámetro de la tubería: 8’’⁸ Ø (HDPE⁹) 2. Presión operación: 7 bar (107.52 psi) 3. Fugas a simular¹⁰: Fuga trasversal (Ruptura Ø total de la tubería), 100 mm Ø y 25 mm Ø
2	Fuga de gas natural en Compresor	Fuga en tubería; 1. Diámetro de tubería: 1’’ Ø (Tubing SS316¹¹) 2. Presión: 250 bar (3,626 psi) 3. Fugas a simular: Fuga trasversal (Ruptura Ø total de la tubería), 100 mm Ø y 25 mm Ø
3	Fuga de gas natural en Sistema de Almacenamiento	Fuga en tubería; 1. Diámetro de tubería: 1’’ Ø (Acero Inoxidable SS316¹²) 2. Presión: 250 bar (3,626 psi) 3. Fugas a simular: Fuga trasversal (Ruptura Ø total de la tubería), 100 mm Ø y 25 mm Ø
		Fuga en un cilindro; 1. Dimensiones del recipiente (Acero al Cromo Molibdeno) 1 cilindro¹³ Volumen: 2,370 Litros 2. Presión: 250 bar (3,626 psi)

⁸ La longitud de la tubería en la EMR es de 16 m, sin embargo, para la simulación con el Aloha se hizo con 21 m, esto debido a las condiciones preestablecidas por el software

⁹ Polietileno de alta densidad

¹⁰ Importante aclarar que pueden o no aplicar; si el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular, no aplica, por este motivo no es posible realizar la simulación.

¹¹ Acero inoxidable

¹² Acero inoxidable

¹³ Las dimensiones del cilindro son; Longitud: 12.110 metros, Volumen: 2,370 litros (Ver Ficha técnica del sistema de almacenamiento como Anexo), sin embargo, el programa ALOHA para un recipiente de Volumen: 2,370 litros y con una longitud de 12.110 metros, realiza su propio cálculo de diámetro: 0.5 metros; es así como se realiza la simulación.

No.	Escenario	Consideraciones
		3. Fugas a simular: Fuga trasversal (Ruptura Ø total del cilindro), 100 mm Ø y 25 mm Ø Fuga en total de cilindros; 1. Dimensiones del sistema de almacenamiento (Acero al Cromo Molibdeno) 6 cilindros¹⁴ (2 módulos 1x3) Volumen: 14,220 Litros 2. Presión: 250 bar (3,626 psi) 3. Fugas a simular: Fuga trasversal (Ruptura Ø total del sistema de almacenamiento total cilindros), 100 mm Ø y 25 mm Ø
4	Fuga de gas natural en Dispensario	1. Diámetro de manguera: 3/4'' Ø 2. Presión: 200 bar (2928 psi) 4. Fugas a simular¹⁵: Fuga trasversal (Ruptura Ø total de la tubería), 100 mm Ø y 25 mm Ø

¹⁴ Las dimensiones totales del sistema en cálculos aproximados para efectos de simulación son; Longitud total: 24.220 metros (Correspondientes a la longitud de 12.110 por los 2 módulos 1x3), Volumen: 14,220 litros (Ver Ficha técnica del sistema de almacenamiento como Anexo), sin embargo, el programa ALOHA para una longitud de 24.220 metros y Volumen: 14,220L realiza su propio cálculo del diámetro: 0.86 metros; es así como se realiza la simulación.

Importante aclarar que pueden o no aplicar; si el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular, no aplica, por este motivo no es posible realizar la simulación.

¹⁵ Importante aclarar que pueden o no aplicar; si el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular, no aplica, por este motivo no es posible realizar la simulación.

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES

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

Como resultado de la aplicación de la metodología HAZOP, previamente expuesta, se determinaron situaciones de riesgo tipo B, C y D en el sistema de compresión de gas natural, cabe mencionar que no se identificaron situaciones de riesgo tipo A.

Es importante mencionar que para las situaciones de riesgo “Tipo C – Riesgo aceptable con controles” y “Tipo D – Riesgo razonablemente aceptable” se emiten todas las recomendaciones necesarias, con el objetivo de evitar que se presenten, sin embargo, el enfoque principal es en las situaciones de riesgo “Tipo B – Riesgo indeseable” con el objetivo principal de reducir y/o disminuir su gravedad.

Ver **Tabla 1. Situaciones de riesgo “Tipo B – Riesgo indeseable”** resultantes del análisis HAZOP en el ejercicio HAZOP presentado como **Anexo**.

De acuerdo con la metodología que se propuso (HAZOP) para la identificación de los puntos de riesgo de las instalaciones y de la evaluación del riesgo (programa ALOHA® 5.4.7.0), el orden en que se pueden presentar los eventos de riesgo puede ser de forma aislada o secuencial.

Como resultado de la revisión documental de los combustibles, se identifican de manera preliminar y no jerarquizada los riesgos siguientes:

- **Incendio por fuga de gas natural**
- **Explosión por fuga de gas natural**
- **Nube toxica por fuga de gas natural¹⁶**

Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento

Se presentan los diagramas de pétalos que comprenden las zonas de alto riesgo y amortiguamiento, para cada uno de los escenarios establecidos.

Como **Anexo** se presentan las memorias correspondientes a los radios de afectación de cada uno de los escenarios:

¹⁶ El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira. En altas concentraciones pueden producir asfixia.

- Memorias ALOHA® 5.4.7.0 de cada uno de los escenarios
- Archivo con extensión .kmz de cada uno de los radios obtenidos para cada escenario establecido¹⁷

Una vez identificados los eventos probables, se realizó el análisis de consecuencias para poder describir los escenarios de ocurrencia de cada uno de los eventos probables de riesgo.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, se utilizaron los criterios que se indican en la Tabla II.2, normados por la SEMARNAT:

Tabla II.1 Criterios utilizados para definir y justificar las zonas de seguridad

Zonas	Toxicidad (Concentración)	Inflamabilidad (Radiación térmica)	Explosividad (Sobrepresión)
Zona de alto Riesgo por Daños a Equipos ¹⁸	NA	Rango de 12.5 KW/m ² a 35.5 KW/m ²	Rango ¹⁹ de 3 lb/in ² a 10 lb/in²
Zona de Alto Riesgo ²⁰	IDLH 5000 ppm	5 KW/m ² o 1 500 BTU/Pie ² h	1,0 lb/in²
Zona de Amortiguamiento ²¹	TLV 1000 ppm	1,4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0,5 lb/in²

NOTAS:

1. En las modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse estabilidad clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.
2. Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento el 10% de la energía liberada.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las simulaciones de cada escenario;

¹⁷ En caso de generarse; debido al diámetro de la fuga a simular vs el diámetro de la tubería

¹⁸ Para efectos de los diagramas esta zona será identificada como “Zona color naranja”

¹⁹ Libra por pulgada cuadrada lb/in² abreviada como psi

²⁰ Para efectos de los diagramas esta zona será identificada como “Zona color roja”

²¹ Para efectos de los diagramas esta zona será identificada como “Zona color amarillo”

Escenarios:

Tabla II.2 Radios de alto riesgo y amortiguamiento para los eventos identificados en la Estación de regulación y medición (Escenario 1)

Evento	Consecuencias	Zona de riesgo		
		Zona de alto Riesgo por Daños a Equipos	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
Estación de regulación y medición (Escenario 1)				
Fuga transversal	Incendio	10	39	73
	Explosión	No se generó	No se generó	74
	Toxicidad	NA	927	2,600
Fuga 100 mm ²²	Incendio	10	18	33
	Explosión	No se generó	No se generó	62
	Toxicidad	NA	338	849
Fuga 25 mm	Incendio	Menor a 10	Menor a 10	Menor a 10
	Explosión	No se generó	No se generó	17
	Toxicidad	NA	50	116

Tabla II.3 Radios de alto riesgo y amortiguamiento para los eventos identificados en los Compresores (Escenario 2)

Evento	Consecuencias	Zona de riesgo		
		Zona de alto Riesgo por Daños a Equipos	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
Compresores (Escenario 2)				
Fuga transversal	Incendio	Menor a 10	23	43
	Explosión	No se generó	No se generó	37
	Toxicidad	NA	242	734
Fuga 100 mm ²³	Incendio	NA	NA	NA
	Explosión	NA	NA	NA
	Toxicidad	NA	NA	NA

²² NA; No Aplica, debido a que el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular.

²³ NA; No Aplica, debido a que el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular.

Evento	Consecuencias	Zona de riesgo		
		Zona de alto Riesgo por Daños a Equipos	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
Fuga 25 mm ²⁴	Incendio	NA	NA	NA

Tabla II.4 Radios de alto riesgo y amortiguamiento para los eventos identificados en el Sistema de Almacenamiento (Escenario 3)

Evento	Consecuencias	Zona de riesgo		
		Zona de alto Riesgo por Daños a Equipos	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
Sistema de Almacenamiento (Escenario 3) - Tubería				
Fuga transversal	Incendio	Menor a 10	21	38
	Explosión	No se generó	No se generó	34
	Toxicidad	NA	216	651
Fuga 100 mm ²⁵	Incendio	NA	NA	NA
	Explosión	NA	NA	NA
	Toxicidad	NA	NA	NA
Fuga 25 mm ²⁶	Incendio	NA	NA	NA
	Explosión	NA	NA	NA
	Toxicidad	NA	NA	NA
Sistema de Almacenamiento (Escenario 3) – Cilindro 2370 L				
Fuga transversal	Incendio	10	35	66
	Explosión	No se generó	No se generó	66
	Toxicidad	NA	307	561
Fuga 100 mm	Incendio	10	35	65
	Explosión	No se generó	No se generó	66
	Toxicidad	NA	307	561
Fuga 25 mm	Incendio	10	24	45
	Explosión	No se generó	No se generó	65

²⁴ NA; No Aplica, debido a que el diámetro de la tubería es igual al tamaño de la perforación a simular, por lo tanto, es igual a la fuga transversal ya simulada.

²⁵ NA; No Aplica, debido a que el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular.

²⁶ NA; No Aplica, debido a que el diámetro de la tubería es igual al tamaño de la perforación a simular, por lo tanto, es igual a la fuga transversal ya simulada.

Evento	Consecuencias	Zona de riesgo		
		Zona de alto Riesgo por Daños a Equipos	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
	Toxicidad	NA	297	552
Sistema de Almacenamiento (Escenario 3) – Sistema total 14220 L				
Fuga transversal	Incendio	19	83	157
	Explosión	No se generó	No se generó	77
	Toxicidad	NA	601	1100
Fuga 100 mm	Incendio	19	73	137
	Explosión	No se generó	No se generó	77
	Toxicidad	NA	601	1100
Fuga 25 mm	Incendio	10	28	52
	Explosión	No se generó	No se generó	70
	Toxicidad	NA	470	964

Tabla II.5 Radios de alto riesgo y amortiguamiento para los eventos identificados en los Surtidores (Escenario 4)

Evento	Consecuencias	Zona de riesgo		
		Zona de alto Riesgo por Daños a Equipos	Alto riesgo (m)	Amortiguamiento (m)
Surtidores (Escenario 4)				
Fuga transversal	Incendio	Menor a 10	17	32
	Explosión	No se generó	No se generó	29
	Toxicidad	NA	191	567
Fuga 100 mm ²⁷	Incendio	NA	NA	NA
	Explosión	NA	NA	NA
	Toxicidad	NA	NA	NA
Fuga 25 mm ²⁸	Incendio	NA	NA	NA
	Explosión	NA	NA	NA
	Toxicidad	NA	NA	NA

²⁷ NA; No Aplica, debido a que el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular.

²⁸ NA; No Aplica, debido a que el diámetro de la tubería es igual al tamaño de la perforación a simular, por lo tanto, es igual a la fuga transversal ya simulada.

De acuerdo con los resultados mostrados en las tablas anteriores, se puede observar que todos los eventos tienen consecuencias de incendio, siendo los radios de riesgo mayores los obtenidos para el segundo y tercer escenario, es decir, para el compresor y los surtidores, para los niveles de radiación de alto riesgo y amortiguamiento (5 Kw/m² y 1.4 Kw/m²).

En el caso de explosión, a pesar de que se alcanza a generar dicha consecuencia para todos los eventos, únicamente se obtuvieron radios para una sobrepresión de 0.5 lb/plg² (Amortiguamiento).

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada evento, así como las gráficas indicando las variaciones de radiación térmica y sobrepresión vs distancia para la fuga simulada.

Escenario 1. Fuga de gas natural en la estación de regulación y medición

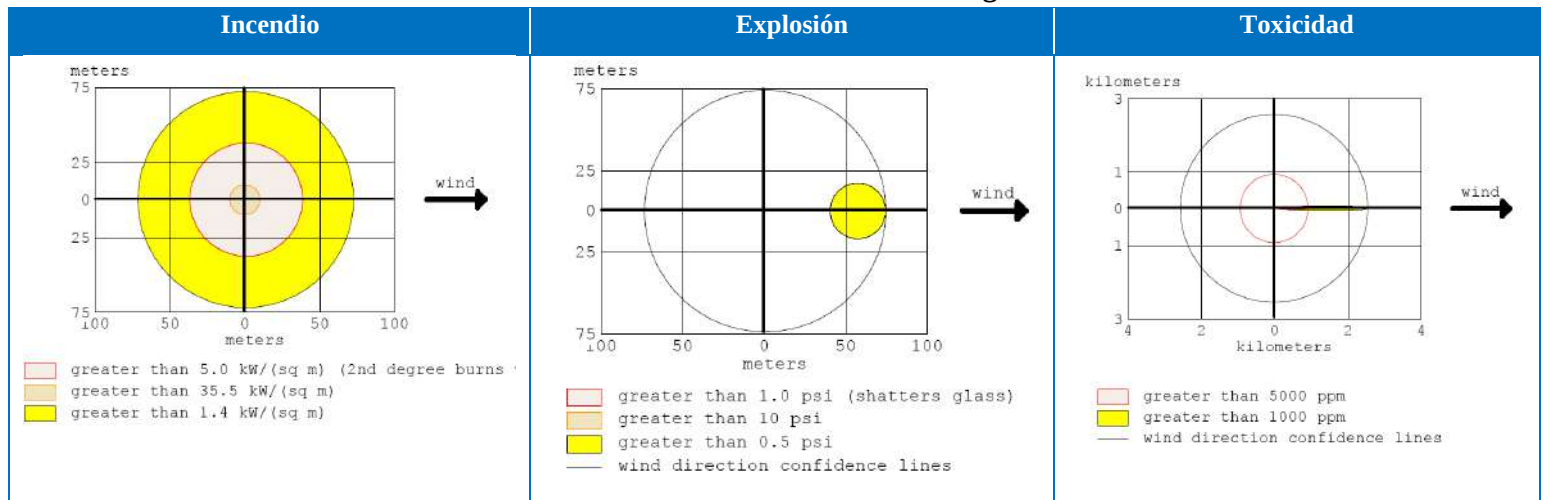
Tabla II.6 Escenario 1. Fuga de gas natural en el patín de regulación con la posible formación de un incendio

Tamaño de fuga	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radios de afectación por incendio (m)			Radios de afectación por explosión (m)			Radios de afectación por toxicidad (m)	
				35.5 KW/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
Fuga transversal	64,415	1,990	18	10	39	73	No se generó	No se generó	74	927	2,600
100 mm	11,120	481	8	10	18	33	No se generó	No se generó	62	338	849
25 mm	298	30.1	2	Menor a 10	Menor a 10	Menor a 10	No se generó	No se generó	17	50	116

A continuación, se muestran los radios de afectación de la fuga transversal en la primera regulación del patín de regulación a una presión de **7 bar**, con los niveles de radiación térmica, sobrepresión y toxicidad seleccionados.

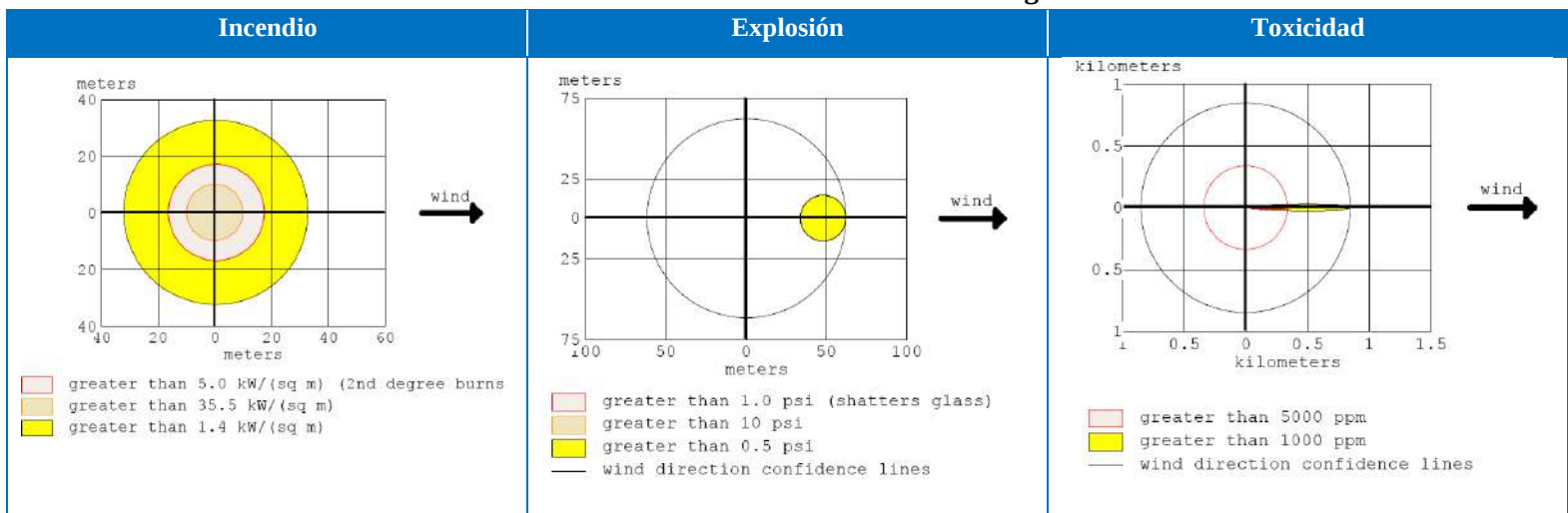
Como se puede observar en las gráficas se presentaron radios de alto riesgo y amortiguamiento para incendio y toxicidad, mientras que para explosión solo se alcanzaron a generar las consecuencias con una sobrepresión de 0.5 lb/plg² (Amortiguamiento).

Tabla II.7 Radios de afectación Escenario 1 - Fuga Transversal



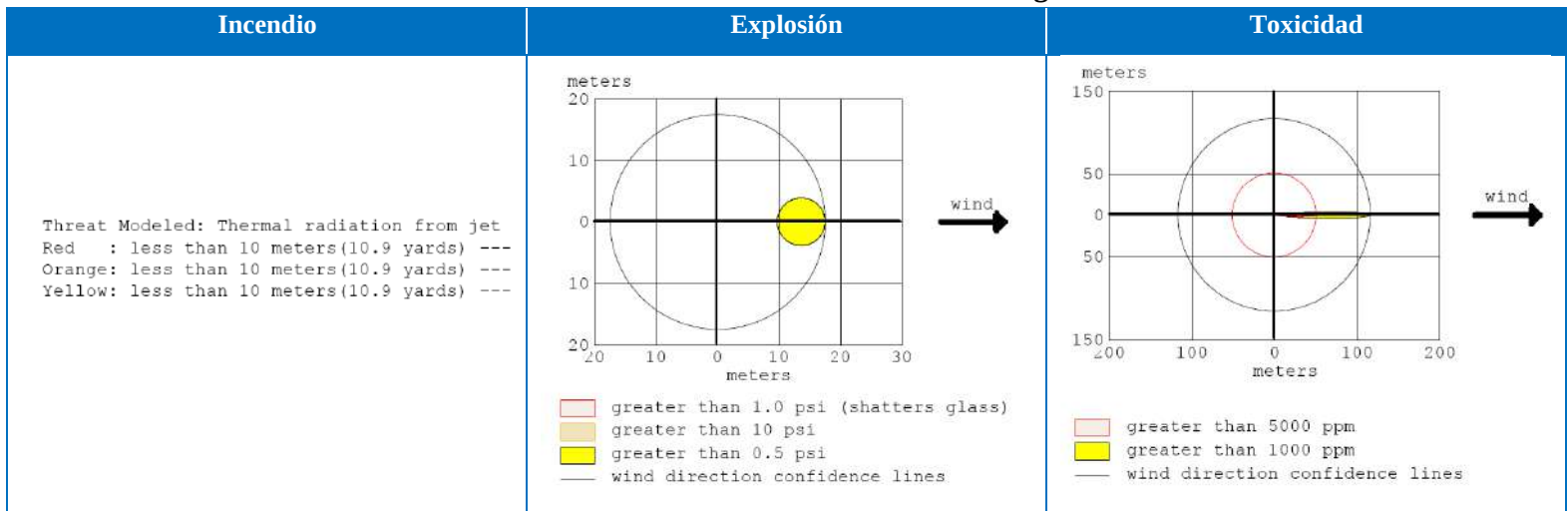
En la siguiente tabla se muestran los radios de afectación de la fuga 100 mm en la primera regulación del patín de regulación a una presión de **7 bar**, con los niveles de radiación térmica, sobrepresión y toxicidad seleccionados, como se puede observar en las siguientes gráficas se presentaron radios de alto riesgo y amortiguamiento para toxicidad e incendio, mientras que para explosión solo se alcanzaron a generar las consecuencias con una sobrepresión de 0.5 lb/plg² (Amortiguamiento)

Tabla II.8 Radios de afectación Escenario 1 - Fuga 100 mm



En la siguiente tabla se muestran los radios de afectación de la fuga 25 mm en la primera regulación del patín de regulación a una presión de **7 bar**, con los niveles de radiación térmica, sobrepresión y toxicidad seleccionados, como se puede observar en las siguientes gráficas se presentaron radios de alto riesgo y amortiguamiento para toxicidad, mientras que para incendio no se presentaron radios de alto riesgo ni amortiguamiento, y para explosión solo se alcanzaron a generar las consecuencias con una sobrepresión de 0.5 lb/plg² (Amortiguamiento)

Tabla II.9 Radios de afectación Escenario 1 - Fuga 25mm



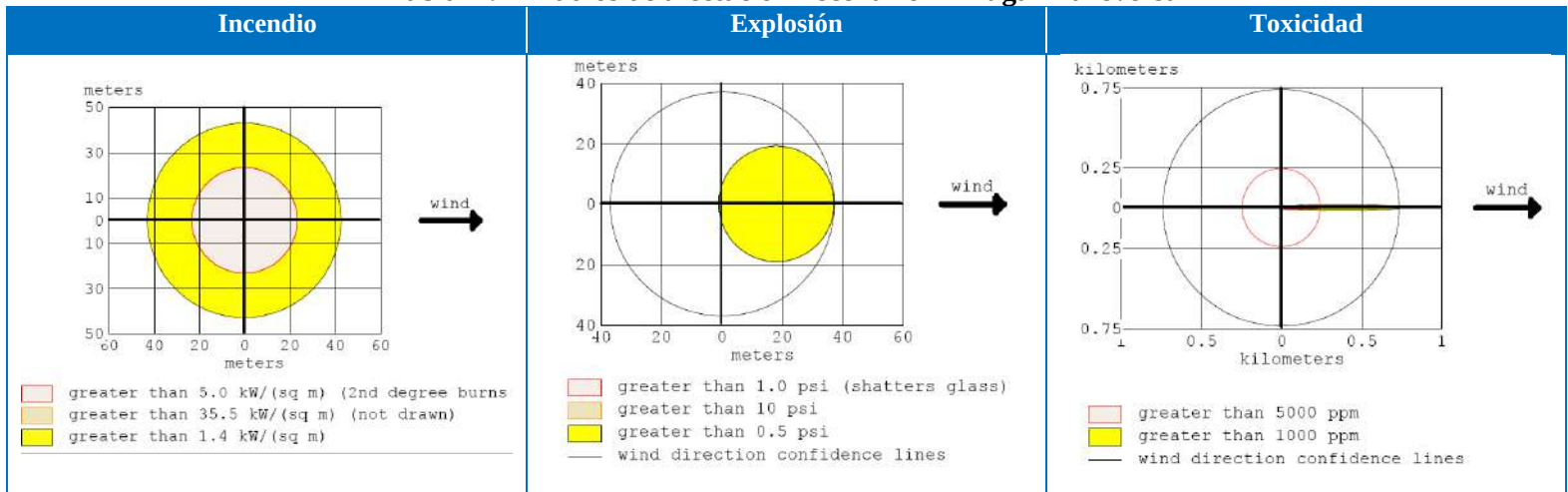
Escenario 2. Fuga de gas natural en compresores

Tabla II.10 Escenario 2. Fuga de gas natural en compresores

Tamaño de fuga	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radios de afectación por incendio (m)			Radios de afectación por explosión (m)			Radios de afectación por toxicidad (m)	
				35.5 KW/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
Fuga transversal	26,785	1,270	3	Menor a 10	23	43	No se generó	No se generó	37	242	734

Se muestran los radios de afectación de la transversal en los compresores a una presión de **3,626 psi (250 bar)**, con los niveles de radiación térmica, sobrepresión y toxicidad seleccionados, como se puede observar en las siguientes gráficas se presentaron radios de alto riesgo y amortiguamiento para incendio y toxicidad, mientras que para explosión solo se alcanzaron a generar las consecuencias con una sobrepresión de 0.5 lb/plg² (Amortiguamiento).

Tabla II.11 Radios de afectación Escenario 2 - Fuga Transversal



Escenario 3. Fuga de gas natural en el sistema de almacenamiento (cascada pulmón)

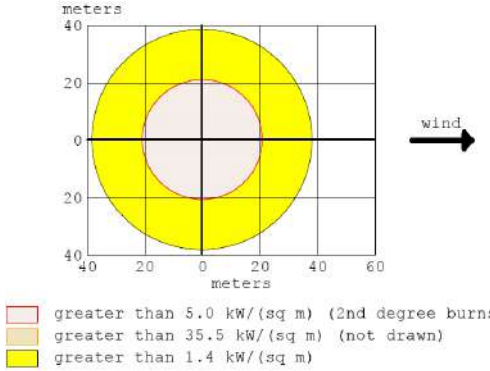
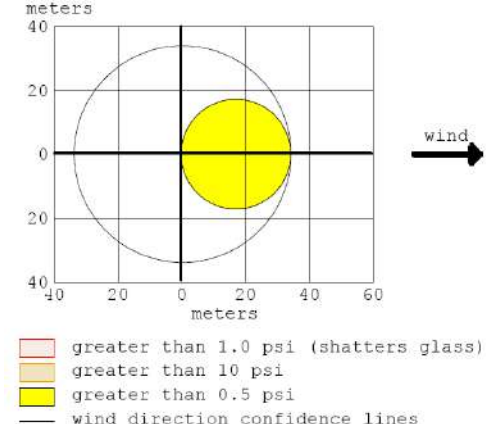
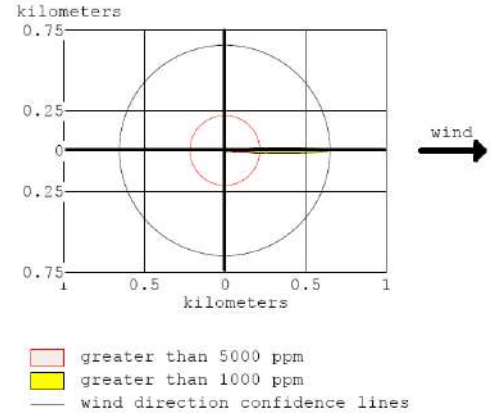
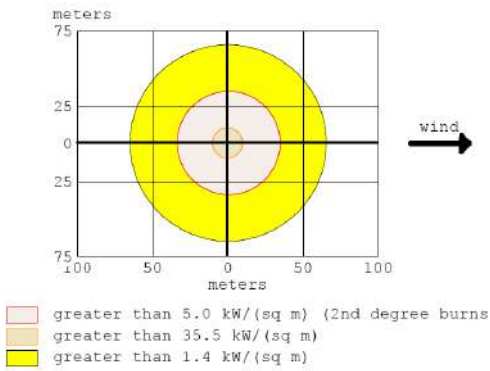
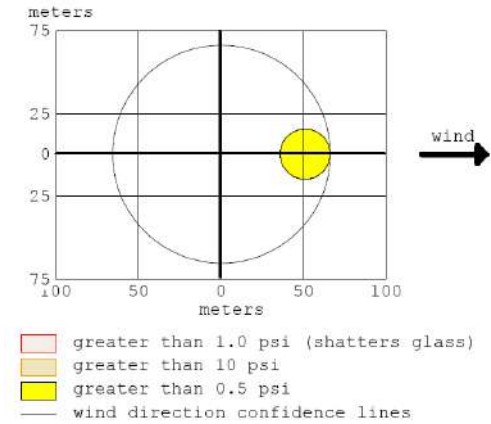
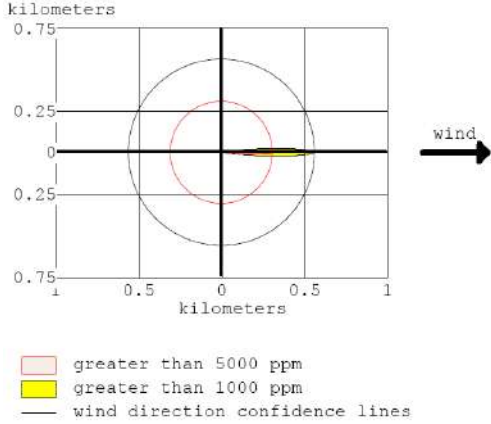
Tabla II.12 Escenario 3. Fuga de gas natural en el sistema de almacenamiento

Tamaño de fuga	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radios de afectación por incendio (m)			Radios de afectación por explosión (m)			Radios de afectación por toxicidad (m)	
				35.5 KW/m²	5 Kw/m²	1.4 Kw/m²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
Tubería											
Fuga transversal	20,998	1,270	3	Menor a 10	21	38	No se generó	No se generó	34	216	651
Fuga en un cilindro: 2370											
Fuga transversal	303	13,620	16	10	35	66	No se generó	No se generó	66	307	561
100 mm	303	10,740	15	10	35	65	No se generó	No se generó	66	307	561
25 mm	303	670	9	10	24	45	No se generó	No se generó	65	297	552
Fuga en el total de cilindros; 14220L											
Fuga transversal	1,816	117,600	39	19	83	157	No se generó	No se generó	77	601	1,100
100 mm	1,816	10,700	31	19	73	137	No se generó	No se generó	77	601	1,100
25 mm	1,816	670	11	10	28	52	No se generó	No se generó	70	470	964

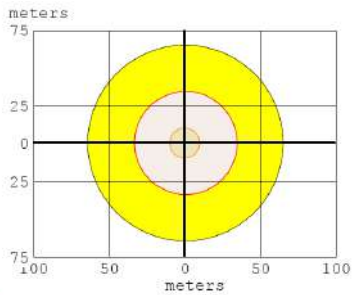
A continuación, se muestran los radios de afectación del sistema de almacenamiento en el cual se realizó la simulación en la tubería, así como también en un cilindro de 2,370 L y en la totalidad de cilindros, equivalente a

14220 L (6 cilindros) a una presión de **3,626 psi (250 bar)**, con los niveles de radiación térmica, sobrepresión y toxicidad seleccionados, como se puede observar en las siguientes gráficas se presentaron radios de alto riesgo y amortiguamiento para incendio y toxicidad, mientras que para explosión solo se alcanzaron a generar las consecuencias con una sobrepresión de 0.5 lb/plg² (Amortiguamiento).

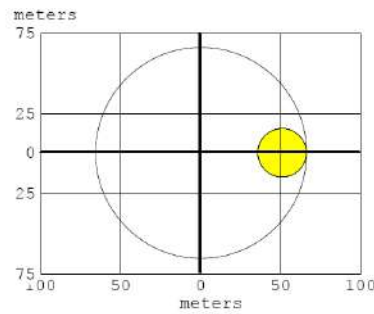
Tabla II.13 Radios de afectación Escenario 3 - Fuga Transversal

Tubería – Fuga transversal		
Incendio	Explosión	Toxicidad
 greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns) greater than 35.5 kW/(sq m) (not drawn) greater than 1.4 kW/(sq m)	 greater than 1.0 psi (shatters glass) greater than 10 psi greater than 0.5 psi — wind direction confidence lines	 greater than 5000 ppm greater than 1000 ppm — wind direction confidence lines
Cilindro 2,370L - Fuga transversal		
Incendio	Explosión	Toxicidad
 greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns) greater than 35.5 kW/(sq m) greater than 1.4 kW/(sq m)	 greater than 1.0 psi (shatters glass) greater than 10 psi greater than 0.5 psi — wind direction confidence lines	 greater than 5000 ppm greater than 1000 ppm — wind direction confidence lines

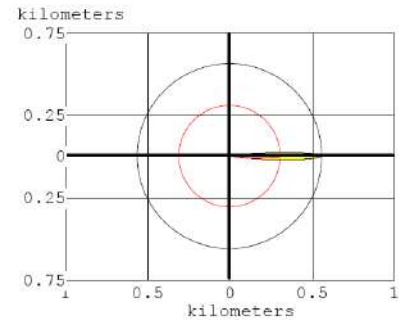
Cilindro 2,370L - Fuga 100 mm



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns)
- greater than 35.5 kW/(sq m)
- greater than 1.4 kW/(sq m)

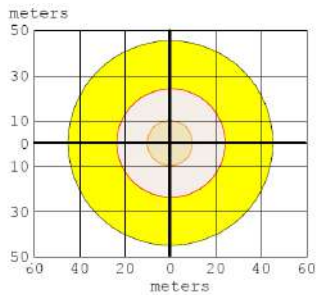


- greater than 1.0 psi (shatters glass)
- greater than 10 psi
- greater than 0.5 psi
- wind direction confidence lines

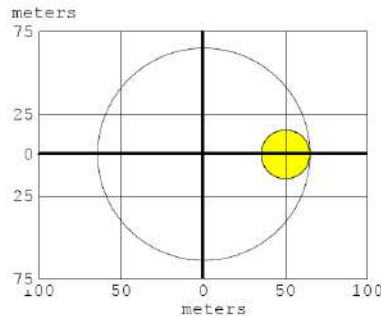


- greater than 5000 ppm
- greater than 1000 ppm
- wind direction confidence lines

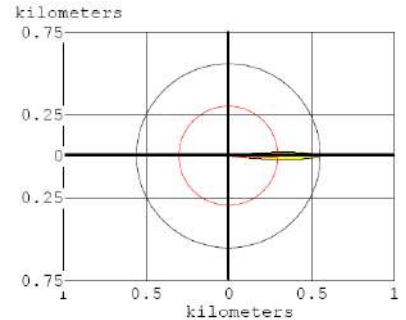
Cilindro 2,370L - Fuga 25 mm



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns)
- greater than 35.5 kW/(sq m)
- greater than 1.4 kW/(sq m)



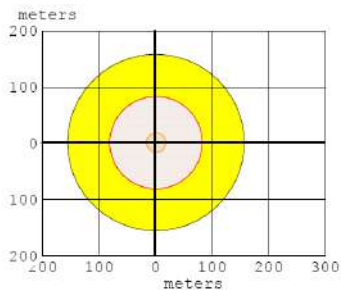
- greater than 1.0 psi (shatters glass)
- greater than 10 psi
- greater than 0.5 psi
- wind direction confidence lines



- greater than 5000 ppm
- greater than 1000 ppm
- wind direction confidence lines

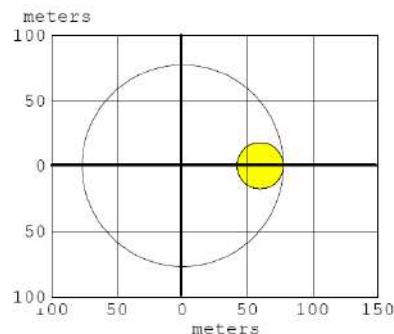
Todo el sistema 14,220 L- Fuga transversal

Incendio



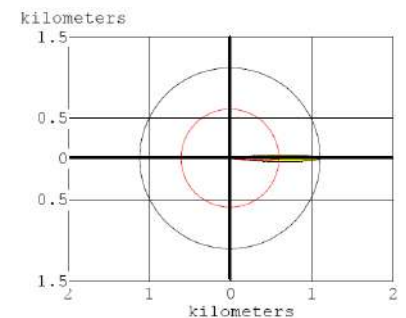
- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns)
- greater than 35.5 kW/(sq m)
- greater than 1.4 kW/(sq m)

Explosión



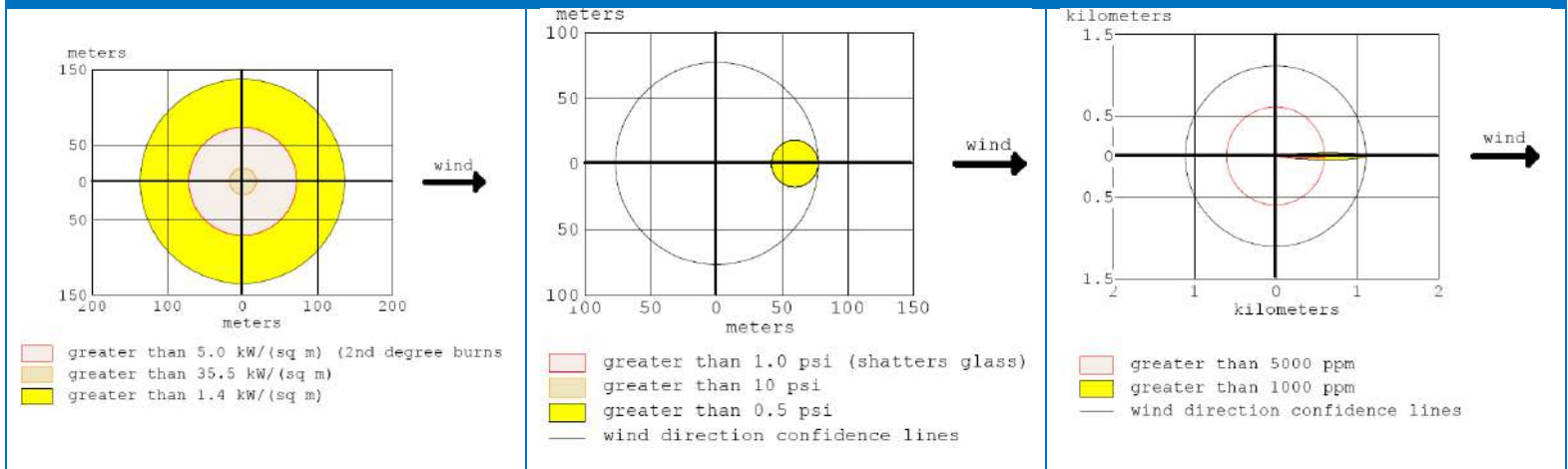
- greater than 1.0 psi (shatters glass)
- greater than 10 psi
- greater than 0.5 psi
- wind direction confidence lines

Toxicidad

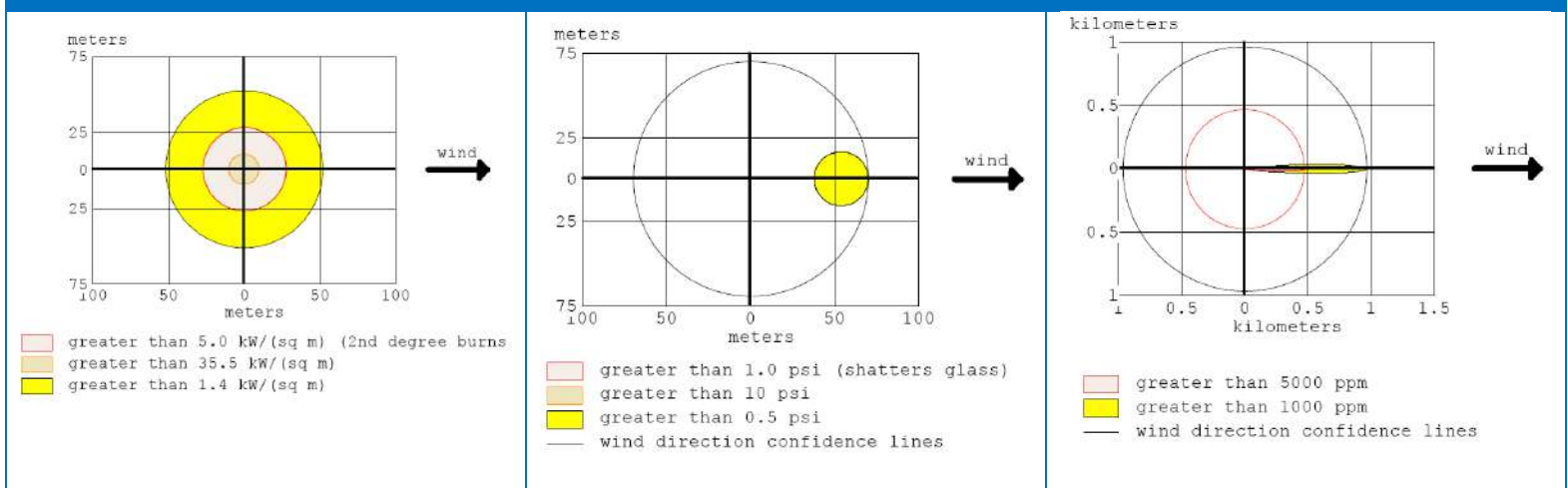


- greater than 5000 ppm
- greater than 1000 ppm
- wind direction confidence lines

Todo el sistema; 14,220 L - Fuga 100 mm



Todo el sistema; 14,220L - Fuga 25 mm



Escenario 4. Fuga de gas natural en los surtidores

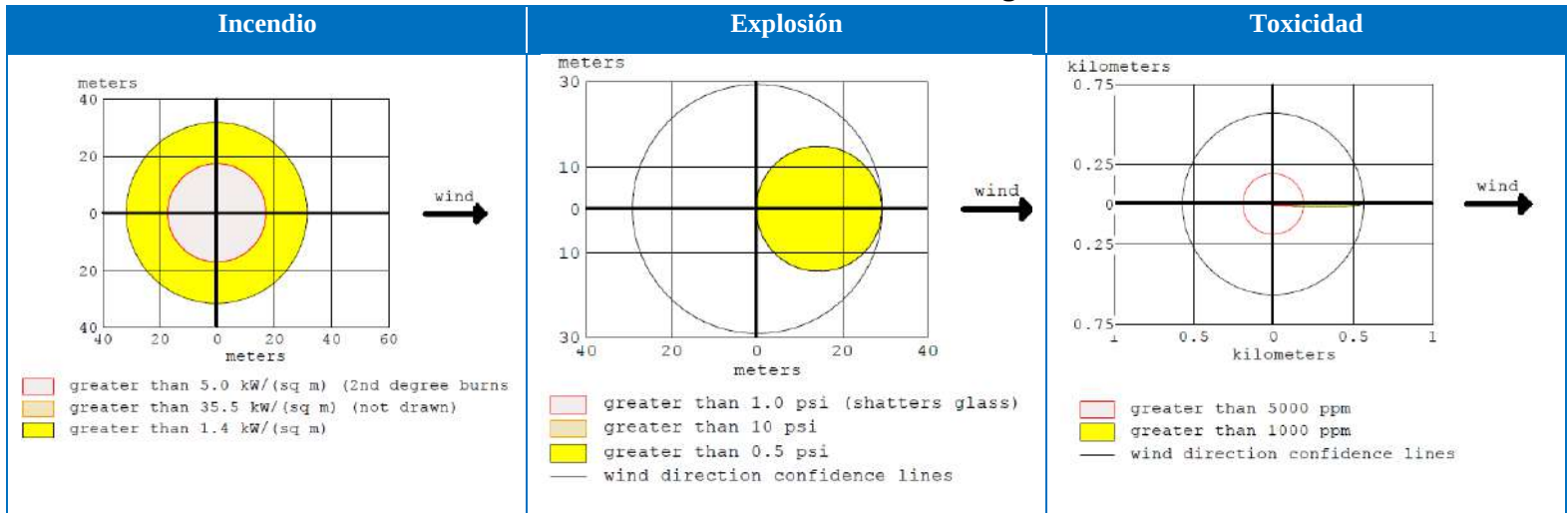
Tabla II.14 Escenario 3. Fuga de gas natural en surtidores

Tamaño de fuga	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radios de afectación por incendio (m)			Radios de afectación por explosión (m)			Radios de afectación por toxicidad (m)	
				35.5 KW/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
Fuga transversal	14,370	577	2	Menor a 10	17	32	No se generó	No se generó	29	191	567

Se muestran los radios de afectación de la transversal en los surtidores a una presión de **2928 psi (200 bar)**, con los niveles de radiación térmica, sobrepresión y toxicidad seleccionados, como se puede observar en las siguientes

gráficas se presentaron radios de alto riesgo y amortiguamiento para incendio y toxicidad, mientras que para explosión solo se alcanzaron a generar las consecuencias con una sobrepresión de 0.5 lb/plg² (Amortiguamiento).

Tabla II.15 Radios de afectación Escenario 4 - Fuga Transversal



Análisis de consecuencias

De acuerdo a los resultados mostrados en las tablas anteriores y en los diagramas de pétalos que se muestran a continuación en donde se indican los radios de alto riesgo y amortiguamiento para cada uno de los escenarios analizados en la Estación de servicio Hipódromo, en los resultados obtenidos se puede observar que los escenarios que presentan los radios de alto riesgo y amortiguamiento mayores corresponden al Escenario 3, referente a una fuga transversal en el sistema total de almacenamiento.

Jerarquización de riesgos:

La siguiente tabla muestra la jerarquización de los riesgos detectados, con base en los radios de afectación de radiación térmica (incendio), evento con mayor grado de riesgo, especificando a su vez los radios obtenidos para sobrepresión y toxicidad, ordenados de mayor a menor nivel de Riesgo;

Tabla II.16 Jerarquización de riesgos

No.	Escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Tipo de caso ²⁹	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radio de afectación por incendio (m)			Radio de afectación por explosión (m)			Radio de afectación por toxicidad (m)	
							35.5 Kw/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
1	3	Fuga transversal (En total del Sistema)	PC	1,816	117,600	39	19	83	157	No se generó	No se generó	77	601	1,100
2	3	Fuga 100 mm (En total del sistema)	CA	1,816	10,700	31	19	73	137	No se generó	No se generó	77	601	1,100
3	1	Fuga transversal	CA	64,415	1,990	18	10	39	73	No se generó	No se generó	74	927	2,600
4	3	Fuga transversal (En cilindro)	CA	303	13,620	16	10	35	66	No se generó	No se generó	66	307	561
5	3	Fuga 100 mm (En Cilindro)	CA	303	10,740	15	10	35	65	No se generó	No se generó	66	307	561
6	3	Fuga 25 mm (En total del sistema)	CA	1,816	670	11	10	28	52	No se generó	No se generó	70	470	964
7	3	Fuga 25 mm (En Cilindro)	CA	303	670	9	10	24	45	No se generó	No se generó	65	297	552
8	2	Fuga transversal	CA	26,785	1,270	3	Menor a 10	23	43	No se generó	No se generó	37	242	734
9	3	Fuga transversal (Tubería)	CA	20,998	1,270	3	Menor a 10	21	38	No se generó	No se generó	34	216	651

²⁹ **Tipo de caso:** CMP: Caso más Probable; PC: Peor caso (Catastrófico), considerar sólo Ruptura total de tubería o recipiente, CA: Caso Alternativo, cualquier otro que sea de interés particular para la evaluación de consecuencias. (Fuente: Guía para la elaboración del análisis de Riesgo para el sector hidrocarburos)

No.	Escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Tipo de caso ²⁹	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radio de afectación por incendio (m)			Radio de afectación por explosión (m)			Radio de afectación por toxicidad (m)	
							35.5 Kw/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
10	1	Fuga 100 mm	CMP	11,120	481	8	10	18	33	No se generó	No se generó	62	338	849
11	4	Fuga transversal	CA	14,370	577	2	Menor a 10	17	32	No se generó	No se generó	29	191	567
12	1	Fuga 25 mm	CA	298	30.1	2	Menor a 10	Menor a 10	Menor a 10	No se generó	No se generó	17	50	116

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

De acuerdo con los resultados mostrados en las tablas anteriores, en donde se indican los radios de alto riesgo y amortiguamiento para cada uno de los escenarios analizados en el Sistema de Gas Natural Comprimido, se puede observar que el escenario que presenta los radios de alto riesgo y amortiguamiento mayores es el escenario **No. 3**; relativo a la **cascada pulmón** en donde se maneja una presión de **3,626 psi (250 bar)**, específicamente en la simulación correspondiente a la fuga transversal de todo el sistema; 14,220 L, este se cataloga como el **“PC: Peor Caso” o como “Catastrófico”**; al obtenerse radios de 157 metros para la zona de alto riesgo y 83 metros para la zona de amortiguamiento; para radiación, en cuanto a la consecuencia de explosión no se alcanza a generar para el nivel de 1 psi (alto riesgo) dado que no se alcanza el límite inferior de explosividad del gas natural para esta sobrepresión, sin embargo, se prevé un radio de amortiguamiento de 77 m para una sobrepresión de 0.5 psi (Amortiguamiento) y para una nube tóxica de 601 metros y 1,100 metros respectivamente.

Es importante mencionar que el escenario No. 3 correspondiente a la cascada pulmón, es el escenario con los radios mayores, ya que se realizan simulaciones de fuga en tubería, en un cilindro (2,370L) y en el total del sistema (14,220L), sin embargo, el **“PC: Peor Caso” o como “Catastrófico”** es el anteriormente mencionado, los demás eventos se catalogan como **“CA: Caso Alterno”**.

Es importante identificar las fuentes de ignición que pudiera encontrar en ese radio, así como evitar que la temperatura se eleve o que la fuga sea de larga duración a fin de evitar que se genere un daño mayor.

Como **“CMP: Caso más probable”** por su importancia y por la frecuencia de los clientes, se cataloga así al escenario **No. 4**, referente a una fuga de gas natural en los surtidores, aquí se simuló una fuga de gas natural en la manguera de 1 pulgada de diámetro, manejando una presión de operación de **2,928 psi (200 bar)**. Las consecuencias obtenidas fue un radio de alto riesgo de 17 metros y una zona de amortiguamiento de 32 metros para una radiación térmica de 5 y 1.4 Kw/m², respectivamente, asimismo se generó una explosión con un radio de amortiguamiento de 29 m para una sobrepresión de 0.5 psi, no alcanzando a generarse nivel de riesgo de 1 psi (alto riesgo) y para una nube tóxica de 191 metros y 567 metros respectivamente.

Los escenarios No.1 correspondiente a fuga de gas natural en la EMR y el No.2 correspondiente a fuga de gas natural en los compresores se catalogan como **“CA: Casos Alternos”** ya que no se descarta su presencia durante la vida útil de la Estación de Servicio, es por eso que para todos los escenarios establecidos se indican las siguientes recomendaciones;

Tabla II.17 Recomendaciones derivadas del análisis HAZOP

Número	Recomendaciones derivadas del análisis HAZOP
1	Apegarse a los Procedimientos de operación y mantenimiento
2	Apegarse al programa anual de capacitación al personal
3	Apegarse al programa anual de simulacros
4	Apegarse al programa de mantenimiento del equipo contra incendios (inventario; incluye el botiquín)
5	Apegarse al programa de prevención de accidentes
6	Contar con listas de verificación.
7	Contar con un Programa de retorno seguro a operaciones
8	Contrato de suministro de gas natural siempre vigente.
9	Creación del Centro Operativo de Emergencias
10	Instalación de señalética informativa, preventiva y restrictiva.
11	Mantener la identificación de válvulas, equipos e instrumentos en sitio.
12	Realizar una posible alianza a algún CLAM.

Para los escenarios de riesgo simulados, en el siguiente apartado, se realiza un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo, en caso de la materialización de estos, con otras áreas de interés o posiblemente afectadas, equipos, que se encuentren dentro de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento para el Análisis de Riesgo, considerando la descripción de las posibles afectaciones respecto a los receptores de riesgo de interés.

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

La estación de servicio de gas natural comprimido se pretende ubicar en Carretera Nacional México – Laredo #9401, Manzana 080, Lote 237, Col. Norte América No. 1, CP: 88293, Nuevo Laredo, Tamaulipas. La siguiente figura muestra la ubicación de la EDS Hipódromo:



Figura II.1 Ubicación de la Estación de servicio Hipódromo

Como puede observarse en los siguientes diagramas de pétalos³⁰ que muestran las zonas de alto riesgo y amortiguamiento para los eventos asociados a sistema de compresión de gas natural, la mayoría de los escenarios con radios de alto riesgo (5 Kw/m^2) salen del límite de propiedad del predio, lo que implica que las interacciones también se darán con las colindancias.

En las siguientes figuras se muestran los radios correspondientes a los Escenarios de la Estación de servicio Hipódromo:

³⁰ Para efectos de los diagramas las zonas serán identificadas como:

Incendio --- Radio rojo: Incendio alto riesgo; Radio amarillo: Incendio amortiguamiento; Radio naranja: Incendio afectación a equipos

Explosión --- Radio rojo: Explosión alto riesgo; Radio amarillo: Explosión amortiguamiento; Radio naranja: Explosión afectación a equipos

Toxicidad --- Dardo rojo: Toxicidad alto riesgo; Dardo amarillo: Toxicidad amortiguamiento

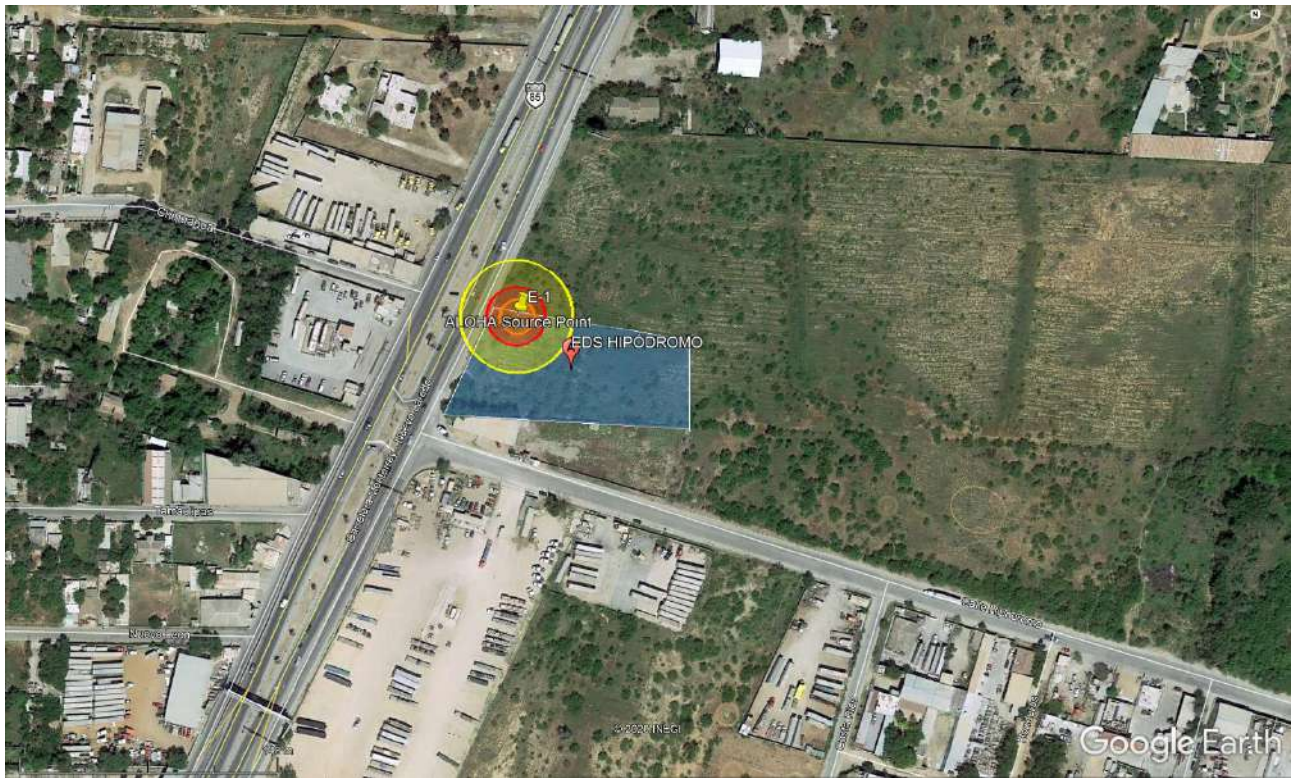


Figura II.3 Radios de incendio para una fuga de 100 mm en la salida de la estación de regulación y medición

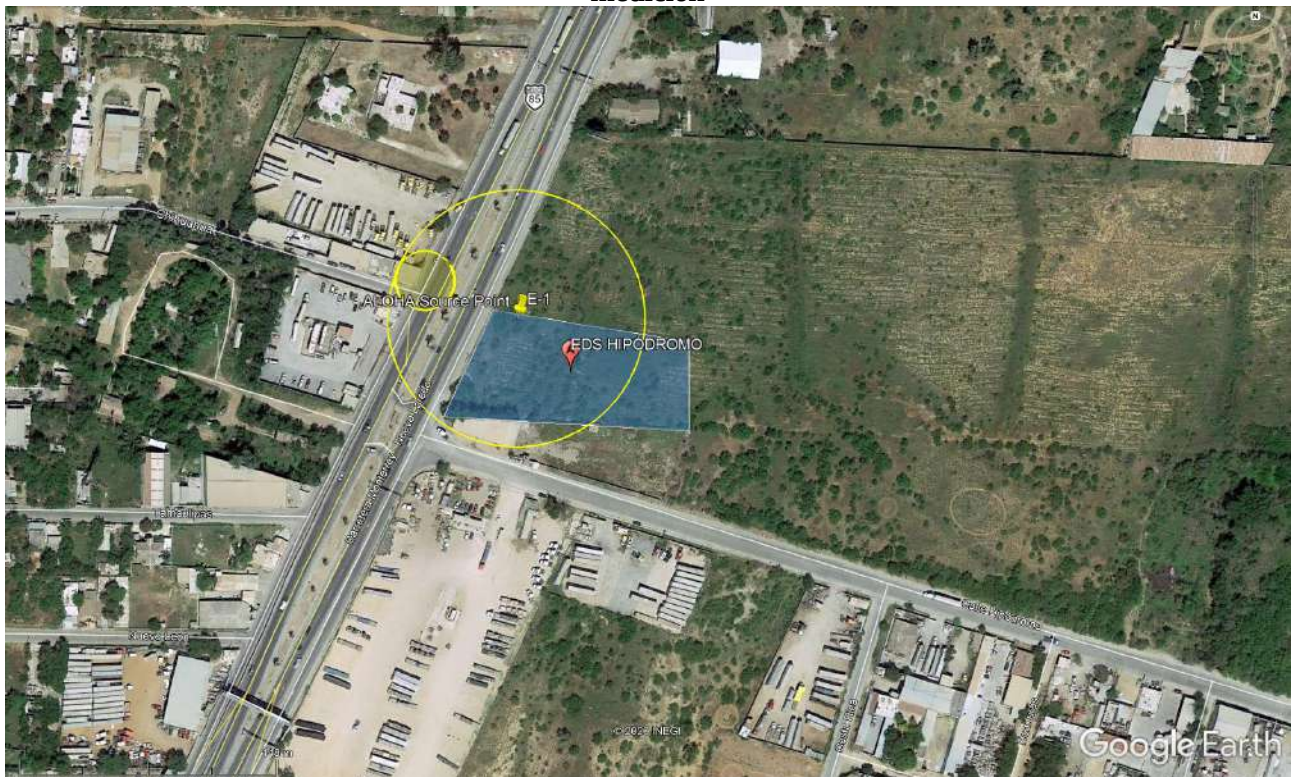


Figura II.4 Radios de explosión para una fuga transversal en la salida de la estación de regulación y medición

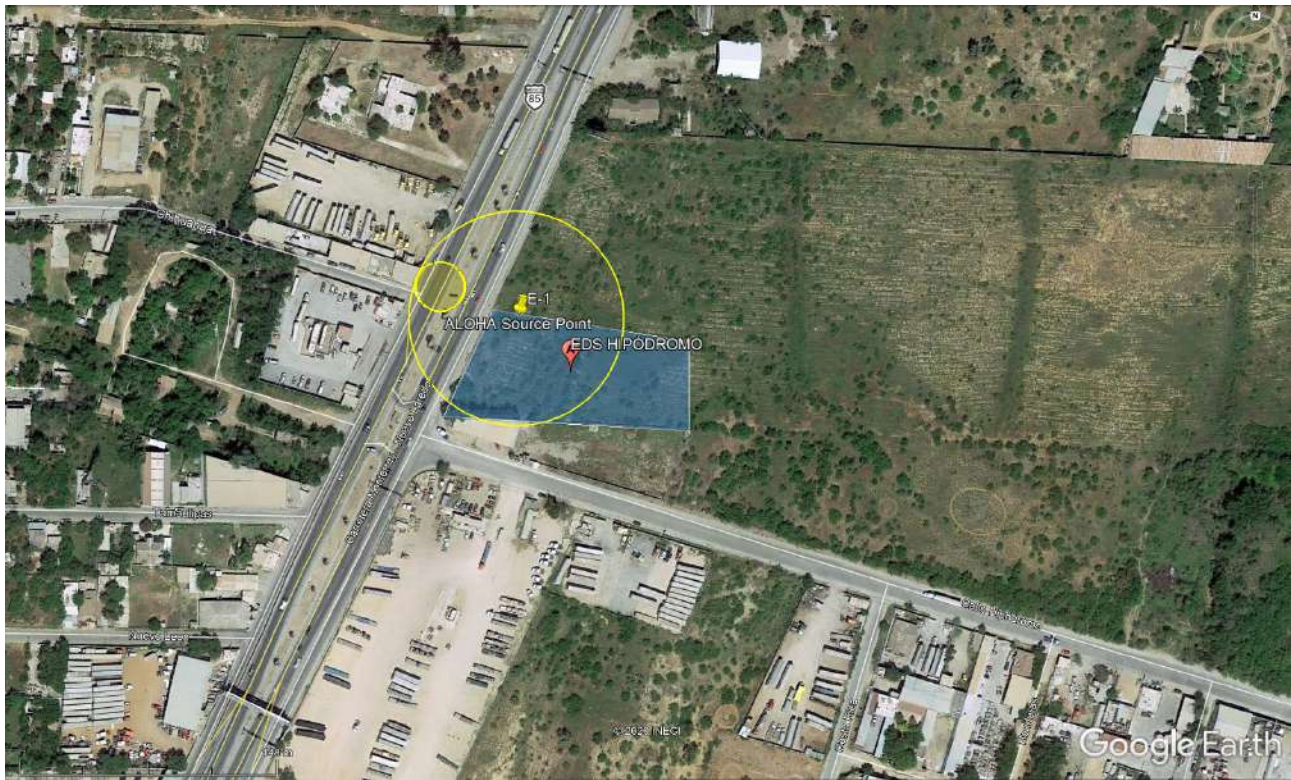


Figura II.5 Radios de explosión para una fuga de 100 mm en la salida de la estación de regulación y medición

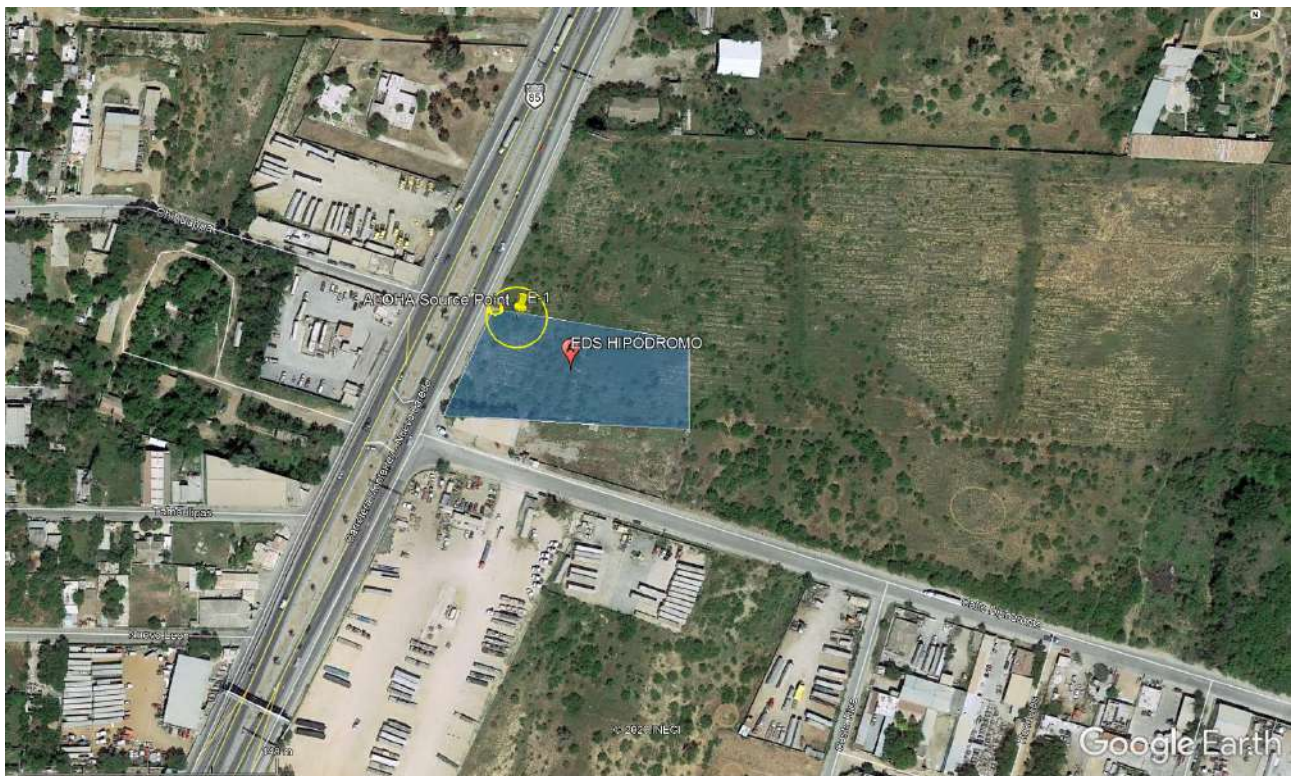


Figura II.6 Radios de explosión para una fuga de 25 mm en la salida de la estación de regulación y medición

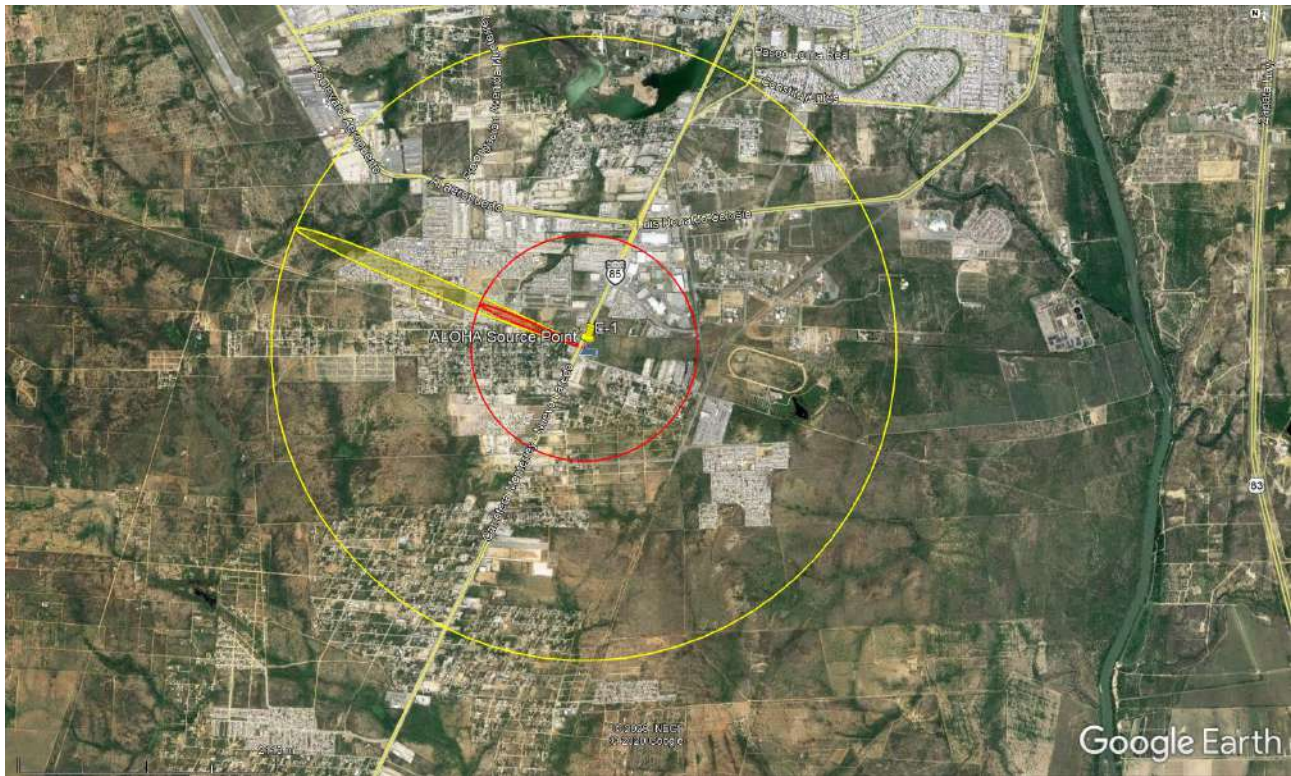


Figura II.7 Radios de toxicidad para una fuga transversal en la salida de la estación de regulación y medición



Figura II.8 Radios de toxicidad para una fuga de 100 mm en la salida de la estación de regulación y medición



Figura II.9 Radios de toxicidad para una fuga de 25 mm en la salida de la estación de regulación y medición

Como se mencionó en el análisis de consecuencias, este escenario fue catalogado como “CA: Caso Alternativo” por su nivel de importancia dados los radios de alto riesgo obtenidos. Como se puede observar en los diagramas de pétalos anteriores la afectación por un incendio derivado de una fuga transversal en el patín de regulación a una presión de 7 bar, cuyo radio de alto riesgo es de 39 m, sobresalen del polígono del predio de la estación de compresión.

Las principales afectaciones se darían dentro de la EMR, las cuales serían las oficinas, área de refresh, cuarto de conteo, parte del área de circulación y canopy; al exterior la afectación principal sería para las colindancias al Oeste; Carretera Monterrey – Nuevo Laredo, y al Norte: Terreno Natural, al igual que en parte al Sur con una construcción abandonada. El personal afectado sería básicamente el que se llegue a encontrar en las áreas mencionadas y el que transite por la vialidad o camine por la banqueta, por lo que es importante que se tenga amplio conocimiento de los riesgos involucrados por el manejo de gas natural comprimido y la respuesta ante alguna contingencia presentada, así mismo se recomienda contar con un sistema de comunicación de peligros con los predios colindantes.

Escenario 2. Fuga de gas natural en compresores

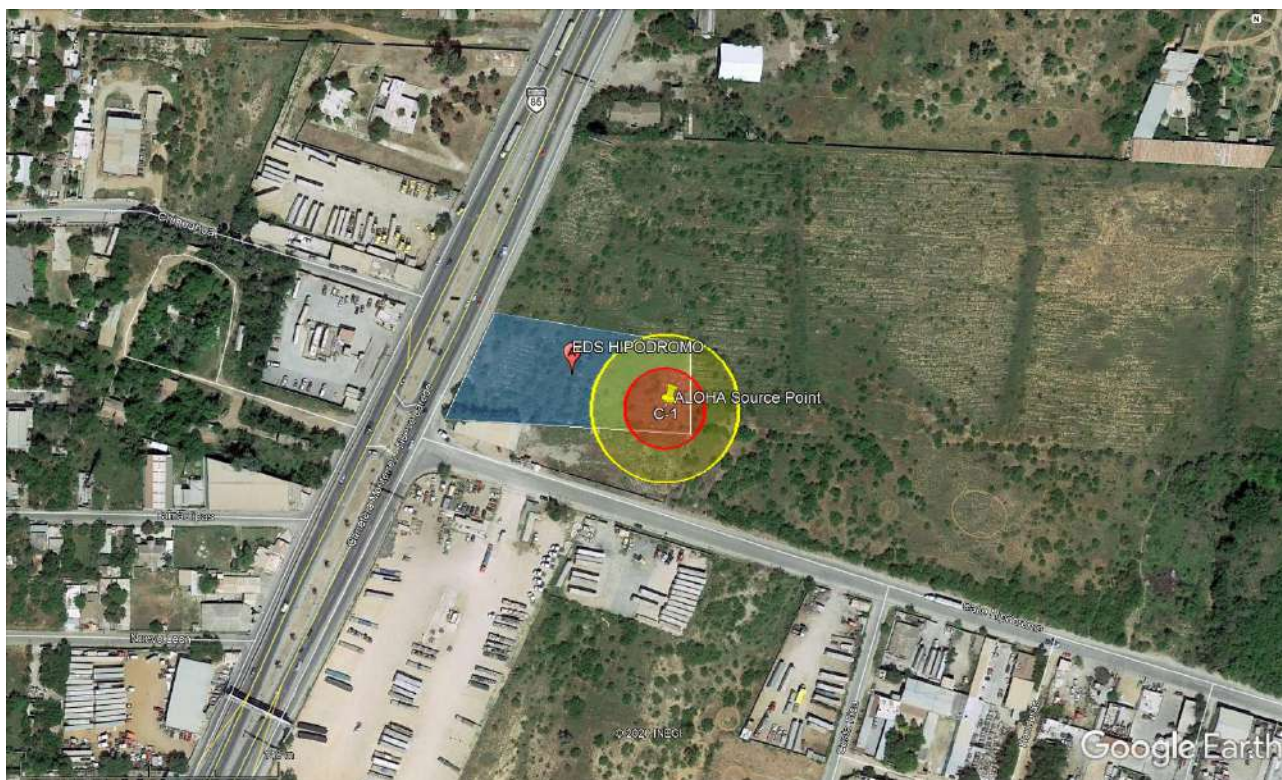


Figura II.10 Radios de incendio para una fuga transversal en el compresor C-1 de gas natural.

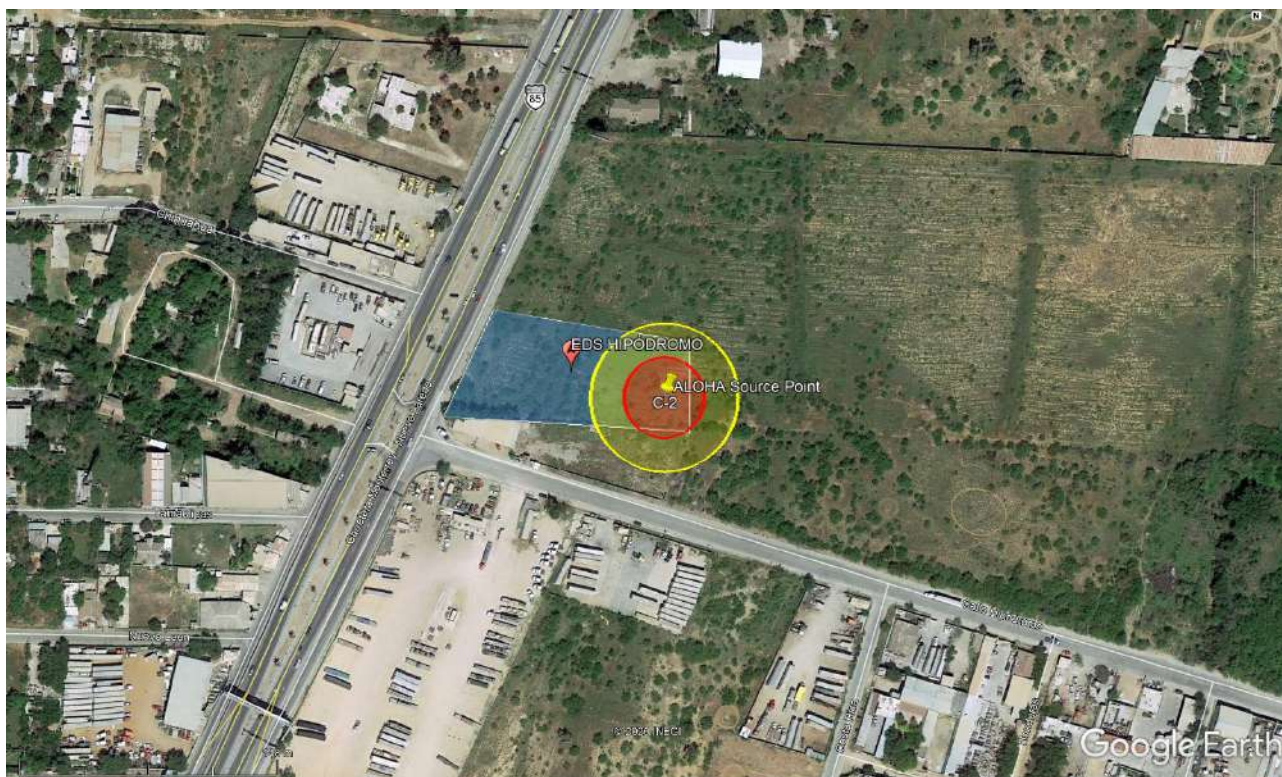


Figura II.11 Radios de incendio para una fuga transversal en el compresor C-2 de gas natural.

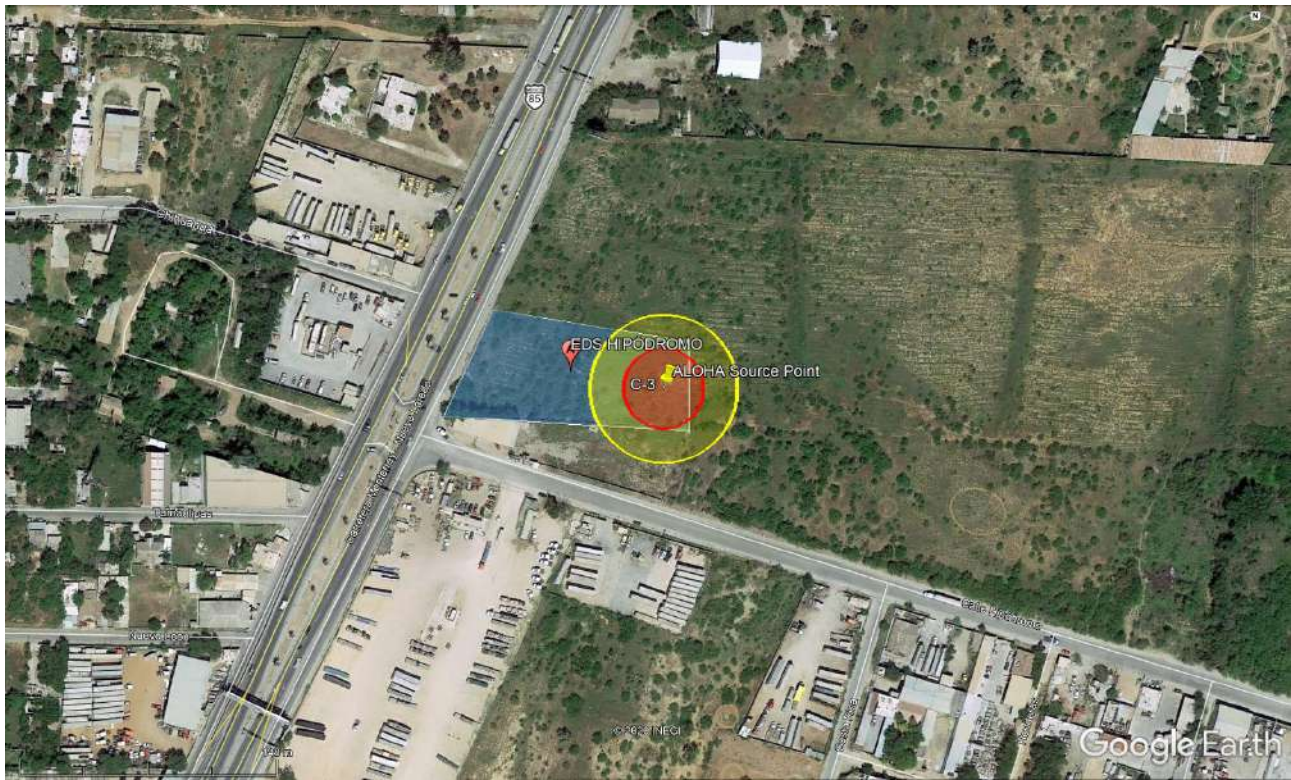


Figura II.12 Radios de incendio para una fuga transversal en el compresor C-3 de gas natural.



Figura II.13 Radios de incendio para una fuga transversal en el compresor C-4 de gas natural.

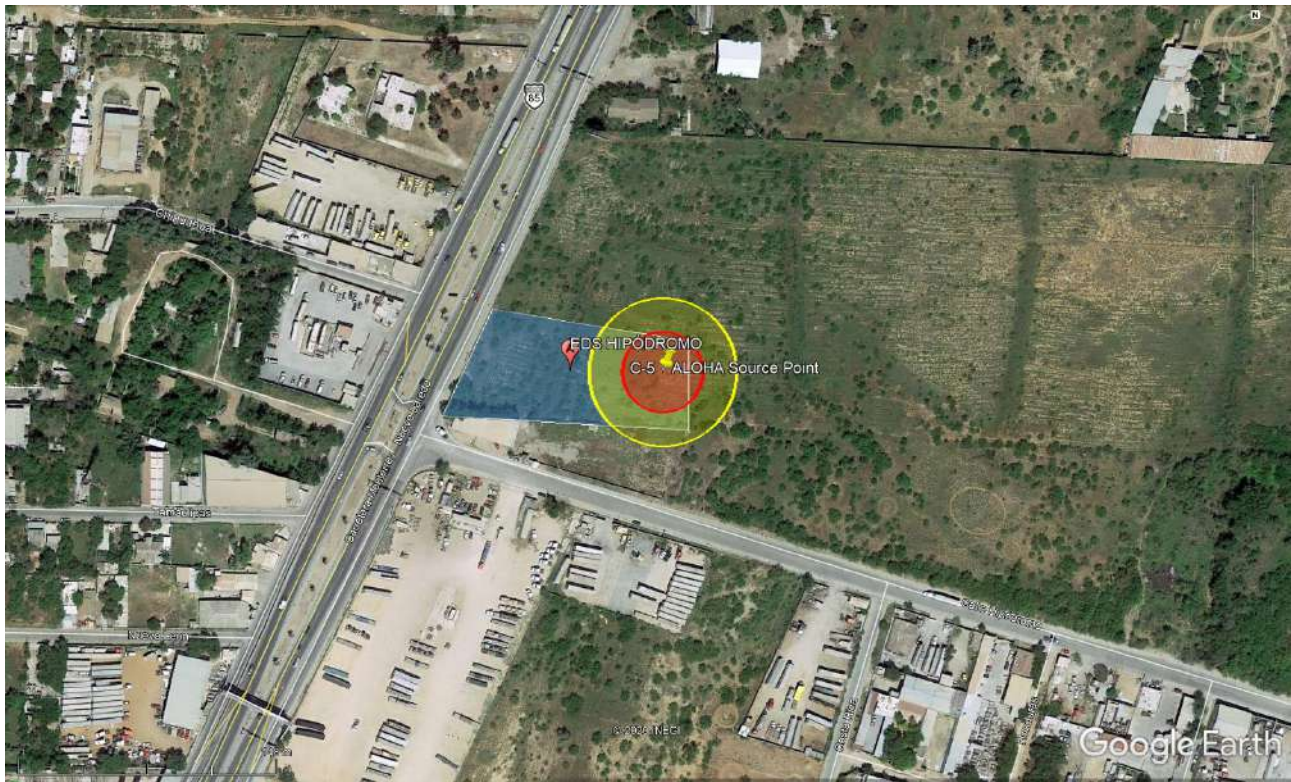


Figura II.14 Radios de incendio para una fuga transversal en el compresor C-5 de gas natural.



Figura II.15 Radios de incendio para una fuga transversal en el compresor C-6 de gas natural.

Los radios en las imágenes anteriores muestran los resultados obtenidos de la simulación de una fuga transversal en los compresores de la estación a una presión de 3,626 psi (250 bar).

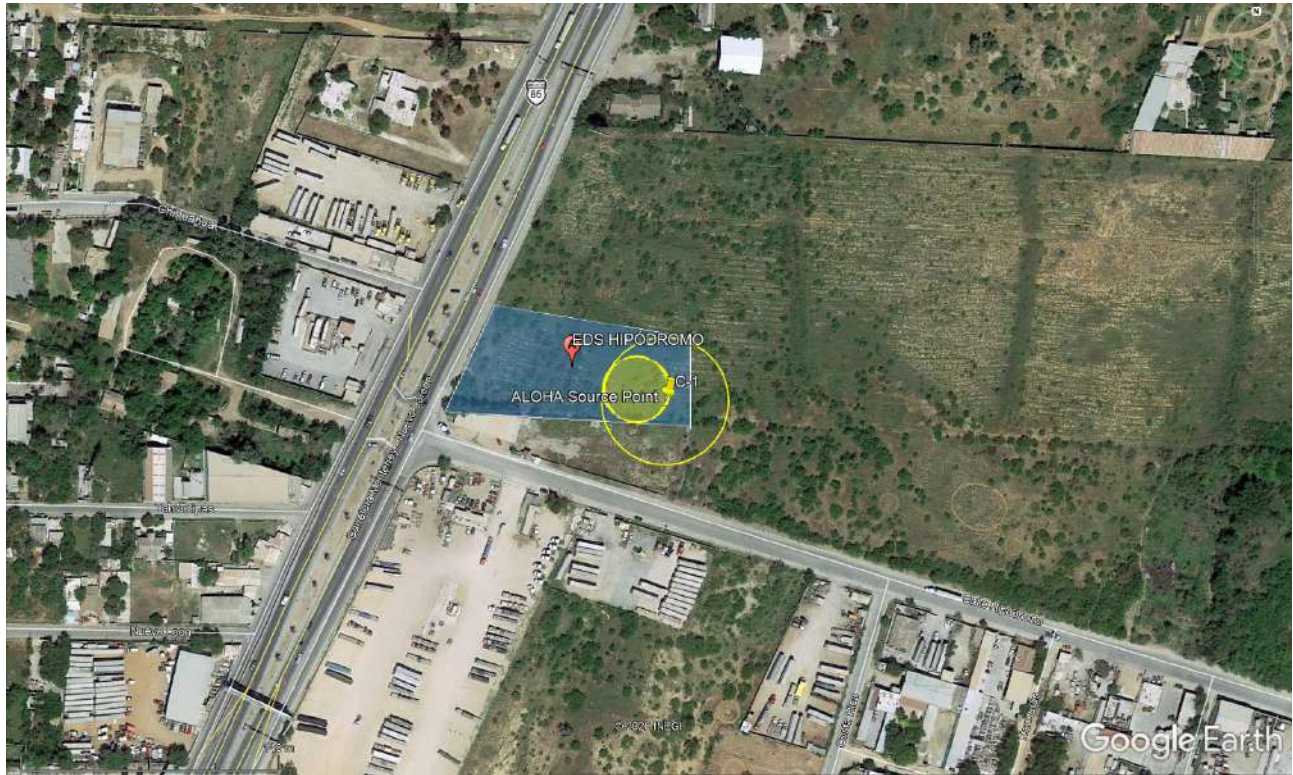


Figura II.16 Radios explosión para una fuga transversal en el compresor C-1 de gas natural.

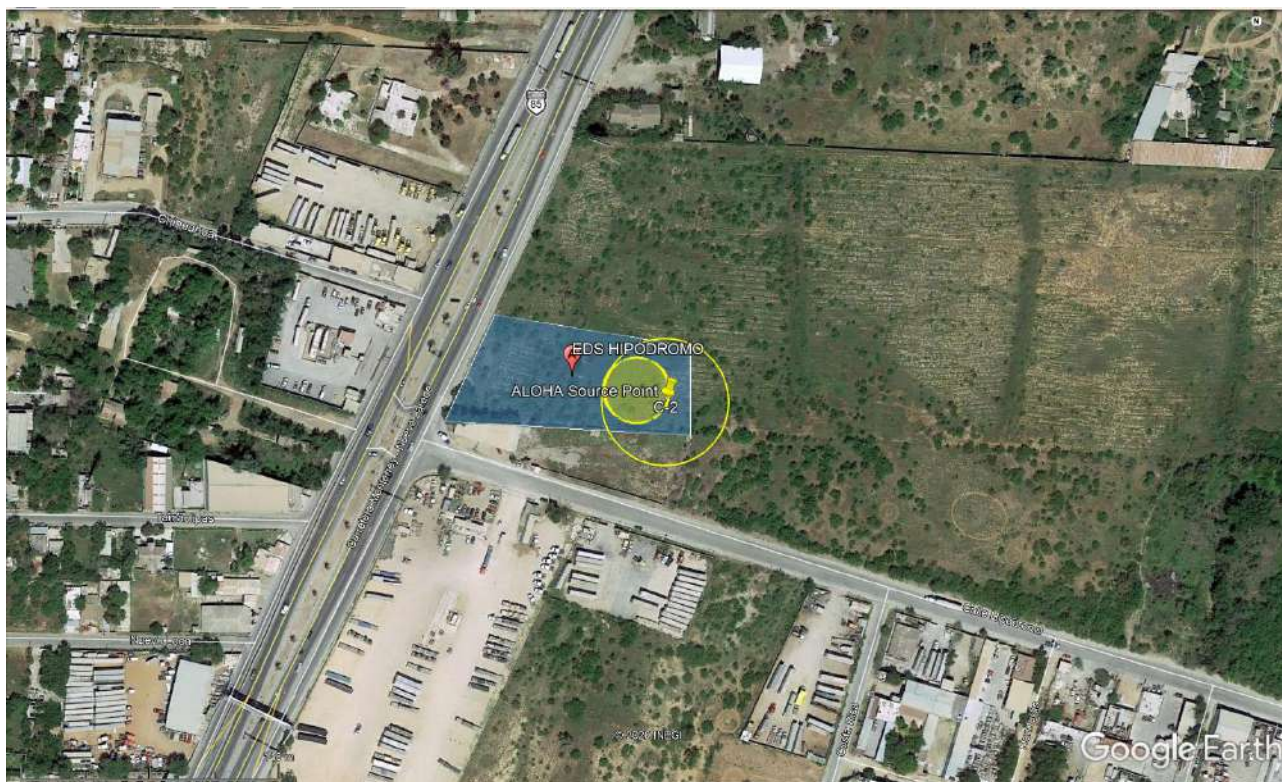


Figura II.17 Radios explosión para una fuga transversal en el compresor C-2 de gas natural.

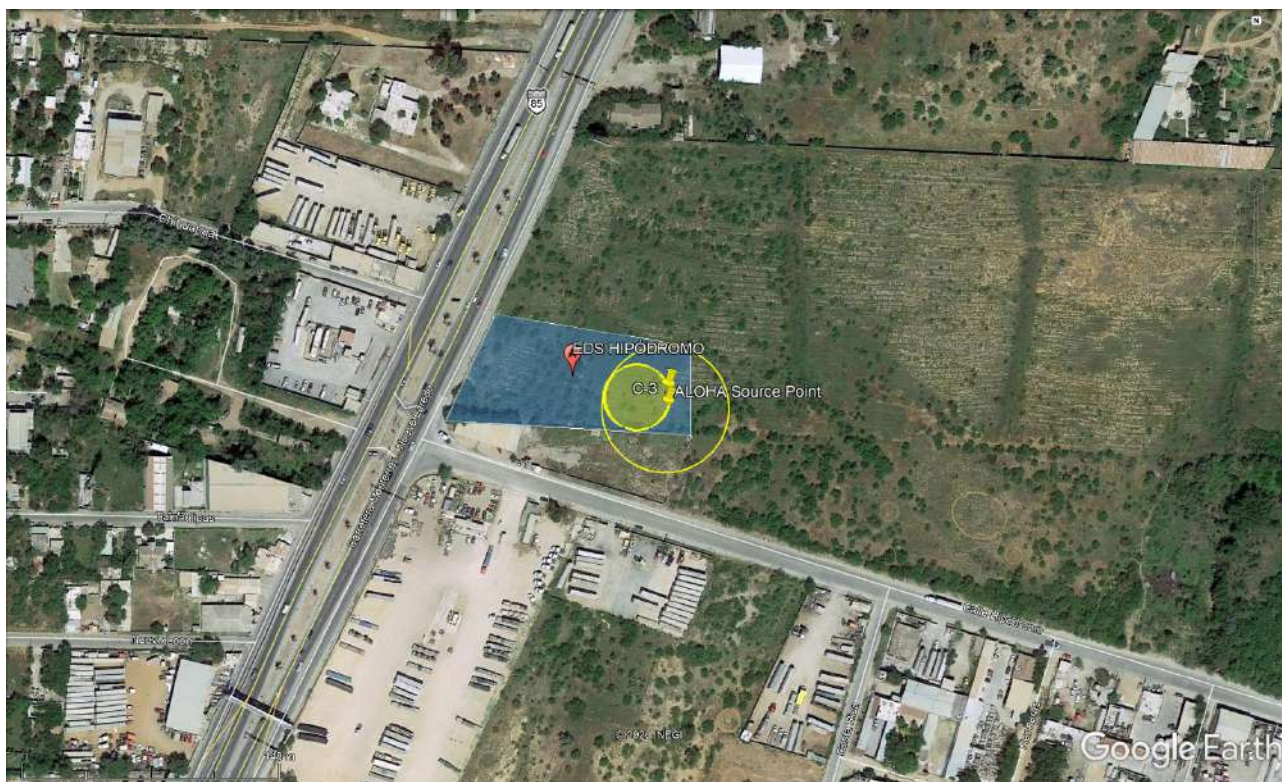


Figura II.18 Radios explosión para una fuga transversal en el compresor C-3 de gas natural.

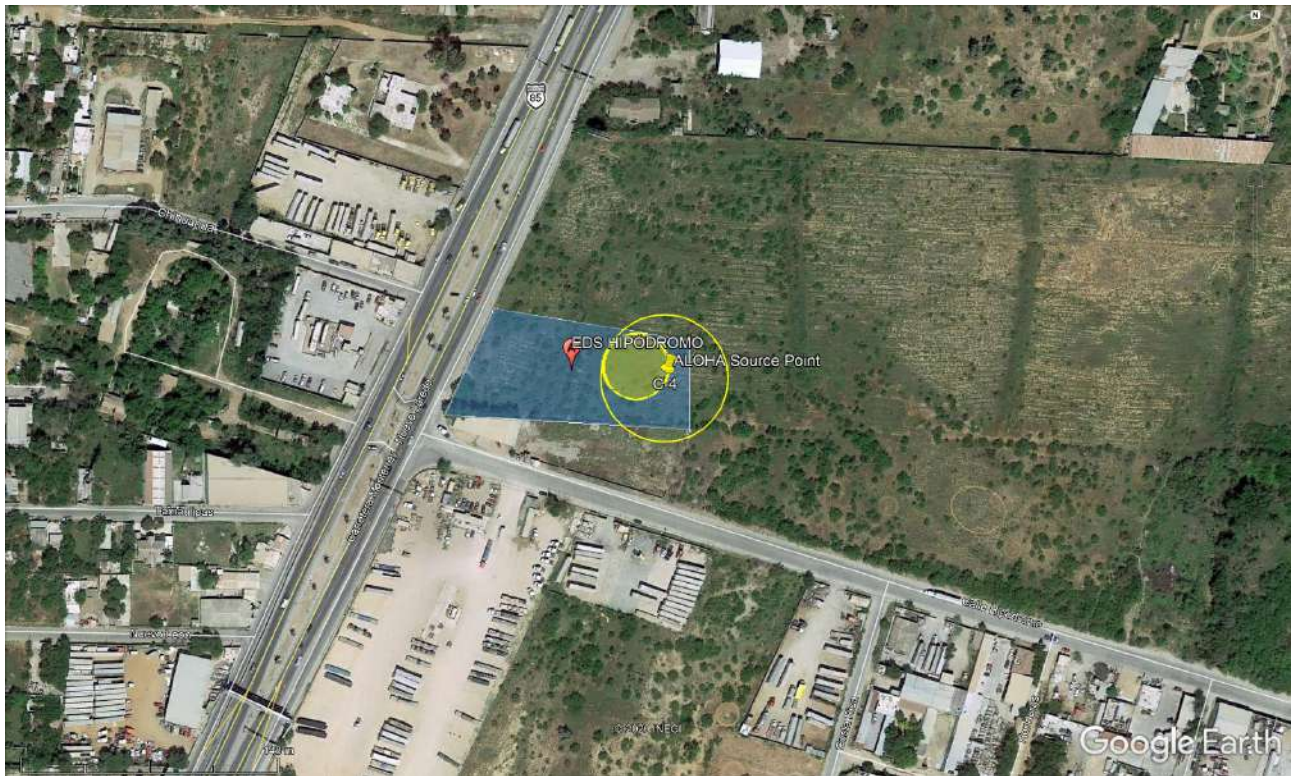


Figura II.19 Radios explosión para una fuga transversal en el compresor C-4 de gas natural.

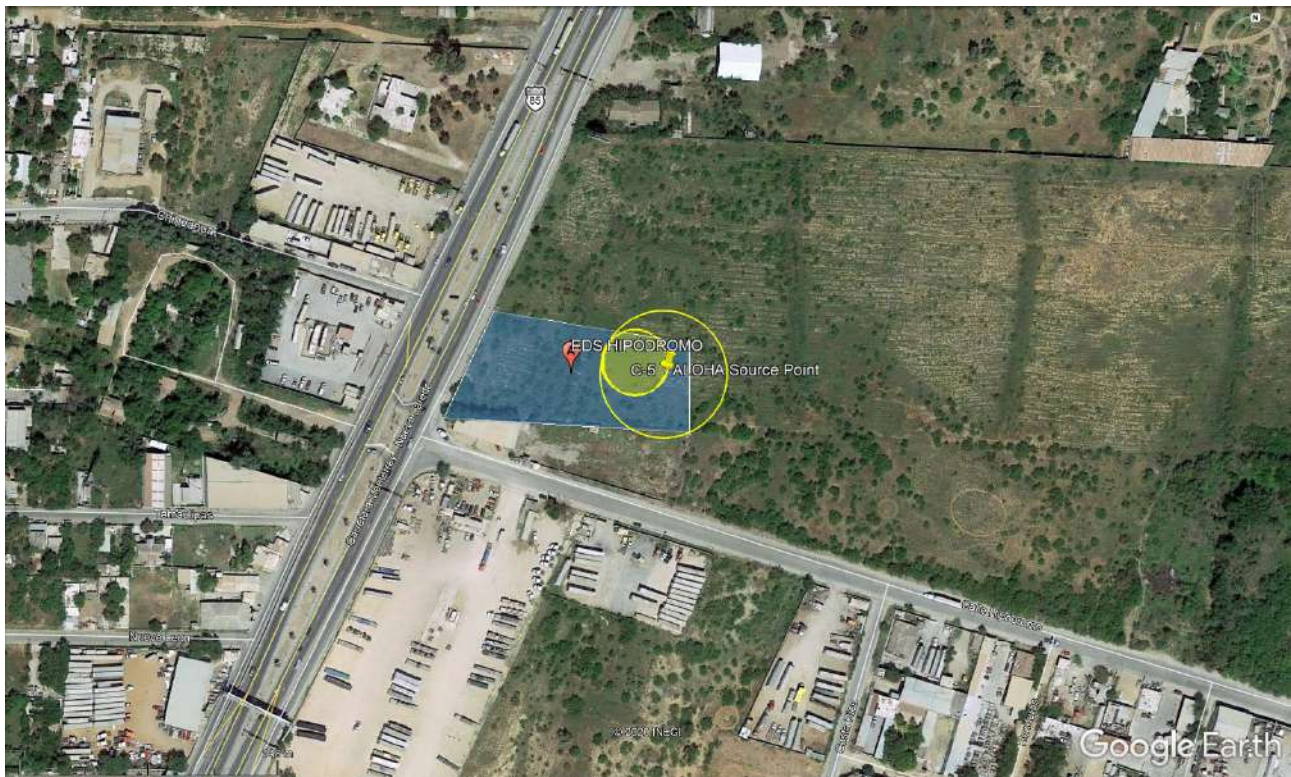


Figura II.20 Radios explosión para una fuga transversal en el compresor C-5 de gas natural.

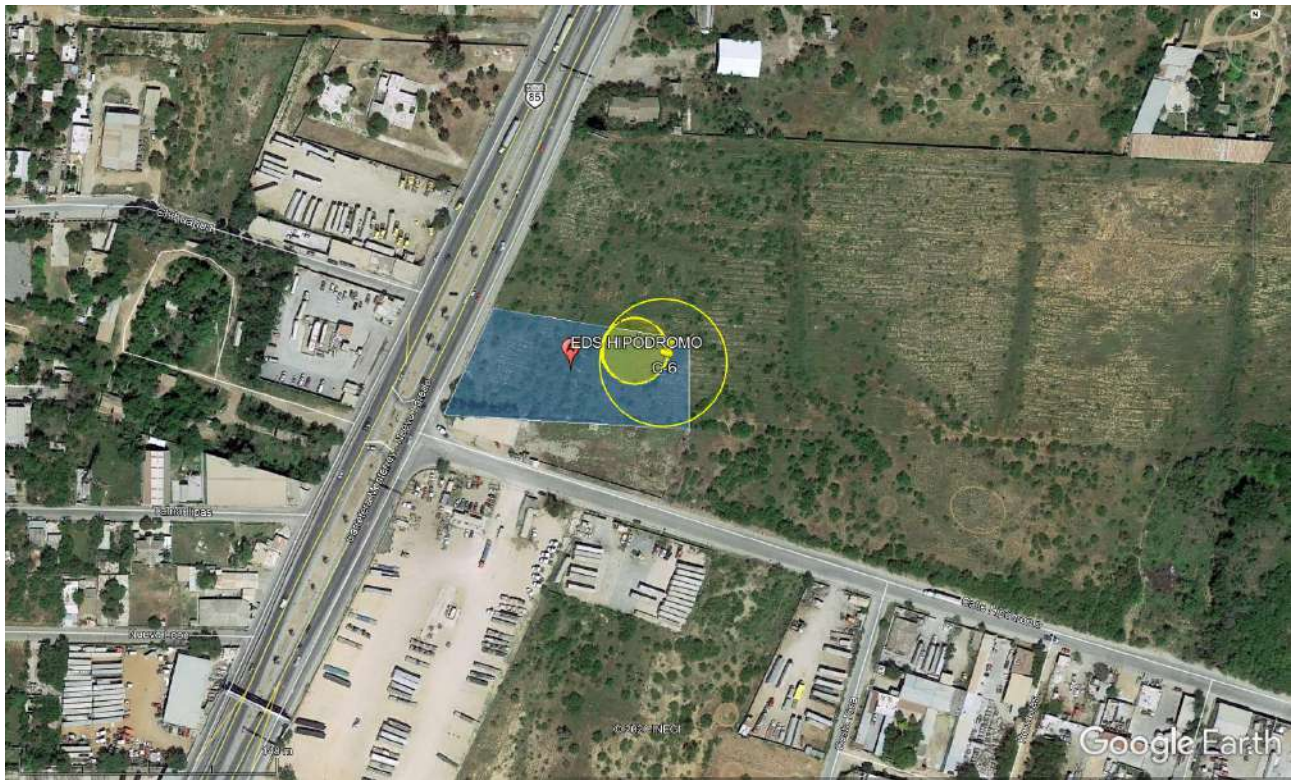


Figura II.21 Radios explosión para una fuga transversal en el compresor C-6 de gas natural.



Figura II.22 Radios de toxicidad para una fuga transversal en el compresor C-1 de gas natural.



Figura II.23 Radios de toxicidad para una fuga transversal en el compresor C-2 de gas natural.



Figura II.24 Radios de toxicidad para una fuga transversal en el compresor C-3 de gas natural.



Figura II.25 Radios de toxicidad para una fuga transversal en el compresor C-4 de gas natural.



Figura II.26 Radios de toxicidad para una fuga transversal en el compresor C-5 de gas natural.



Figura II.27 Radios de toxicidad para una fuga transversal en el compresor C-6 de gas natural.

Cabe mencionar que se podrían dar daños y lesiones al personal que opera la estación de compresión, estas lesiones podrían llegar a quemaduras de segundo grado dependiendo del tiempo de exposición a una radiación de 5 Kw/m^2 .

Derivado de esto se propone un estricto control de fuentes de ignición, así como una rápida respuesta a emergencias a fin de no generar altas temperaturas durante un tiempo prolongado, así como planes de respuesta a emergencia y la infraestructura necesaria para combatir dichos eventos y una comunicación eficiente con los establecimientos ubicados al norte, este y oeste del predio.

Escenario 3. Fuga de gas natural en el sistema de almacenamiento (cascada pulmón)

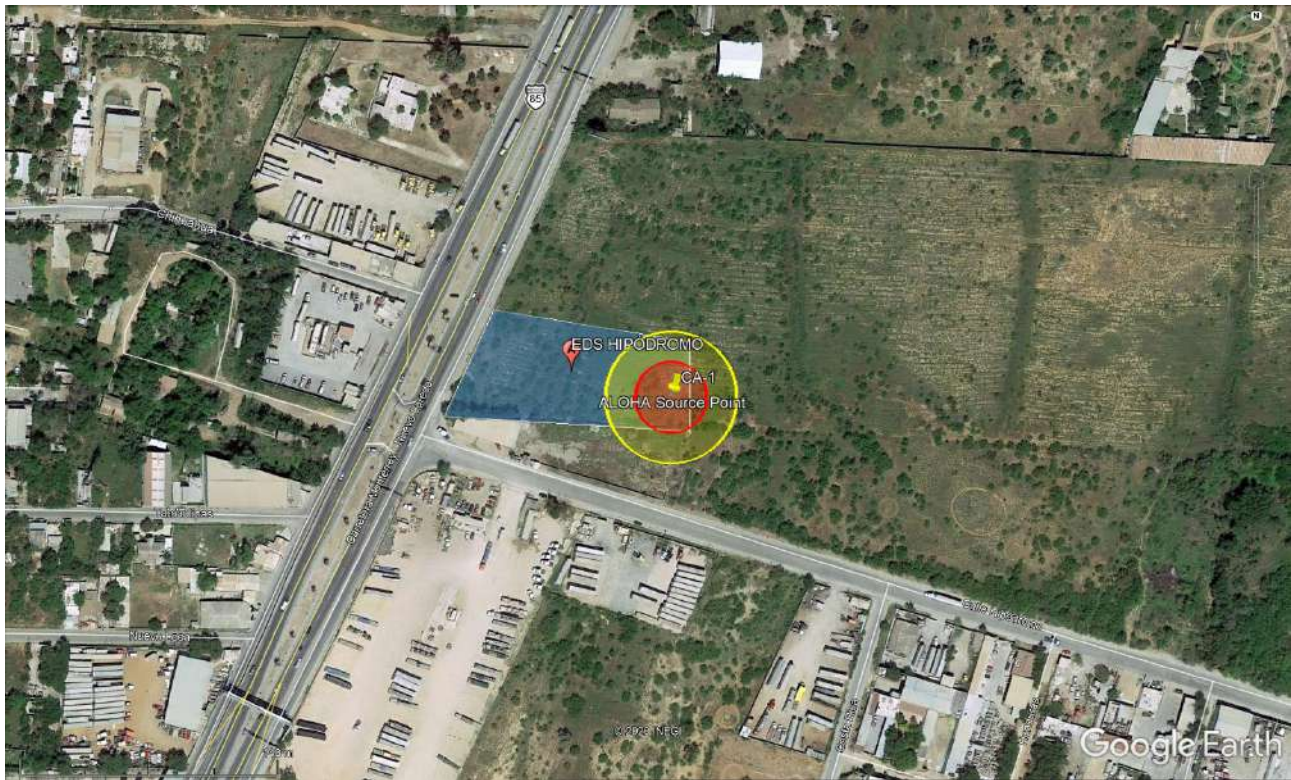


Figura II.28 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 1 – tubería

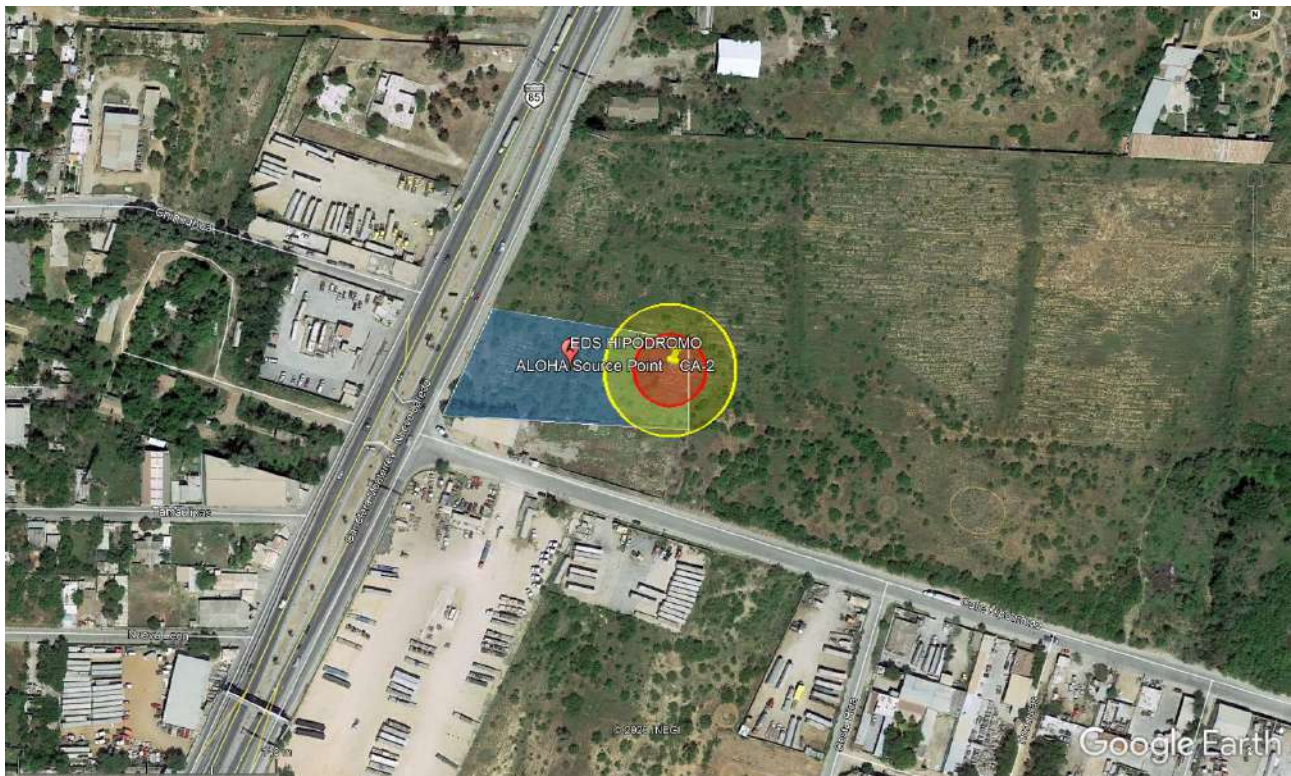


Figura II.29 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 2 - tubería

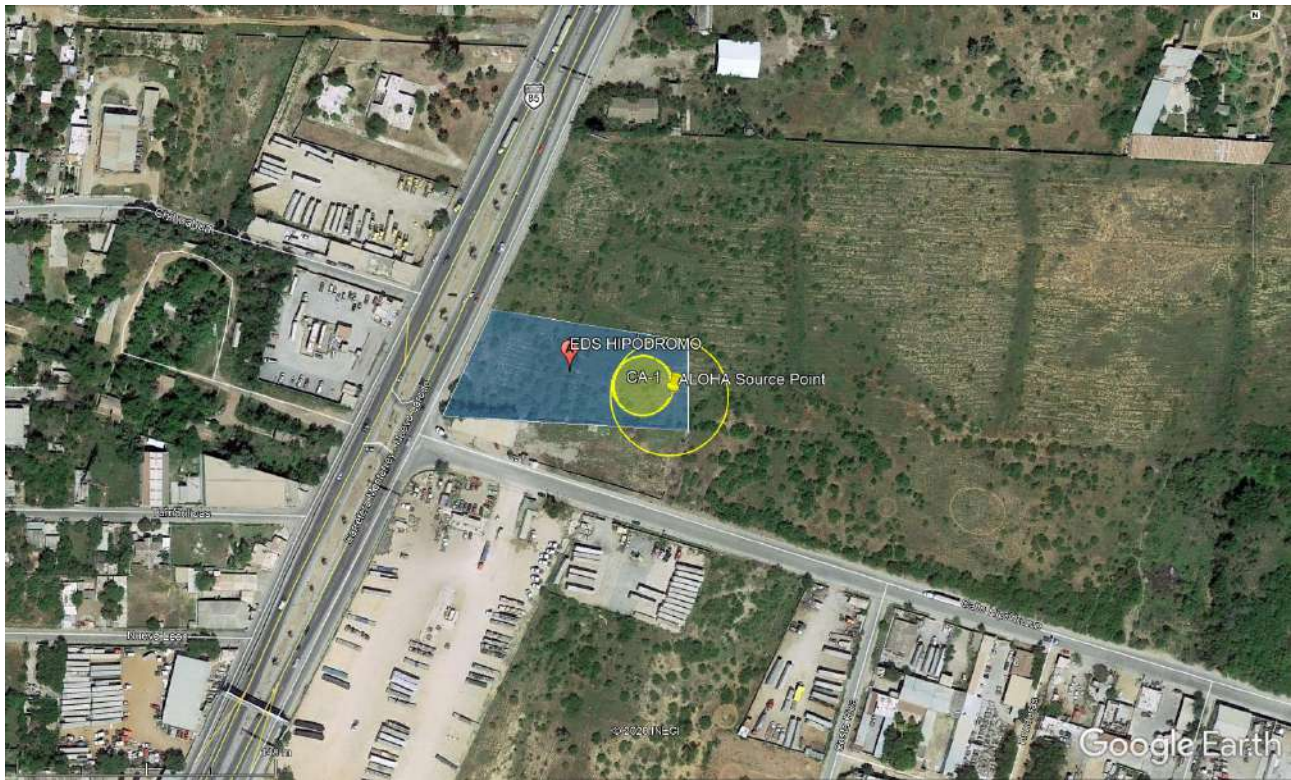


Figura II.30 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 1 – tubería

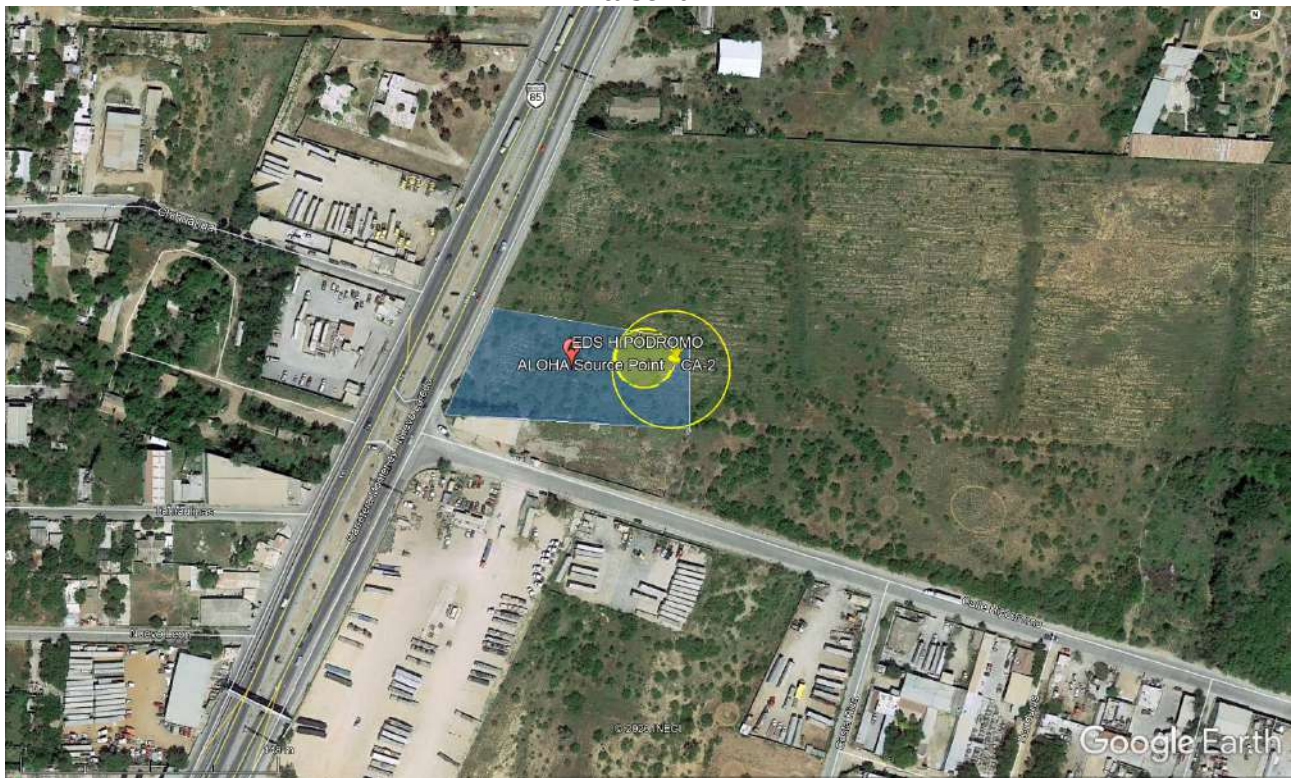


Figura II.31 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 2 - tubería



Figura II.32 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 1 – tubería

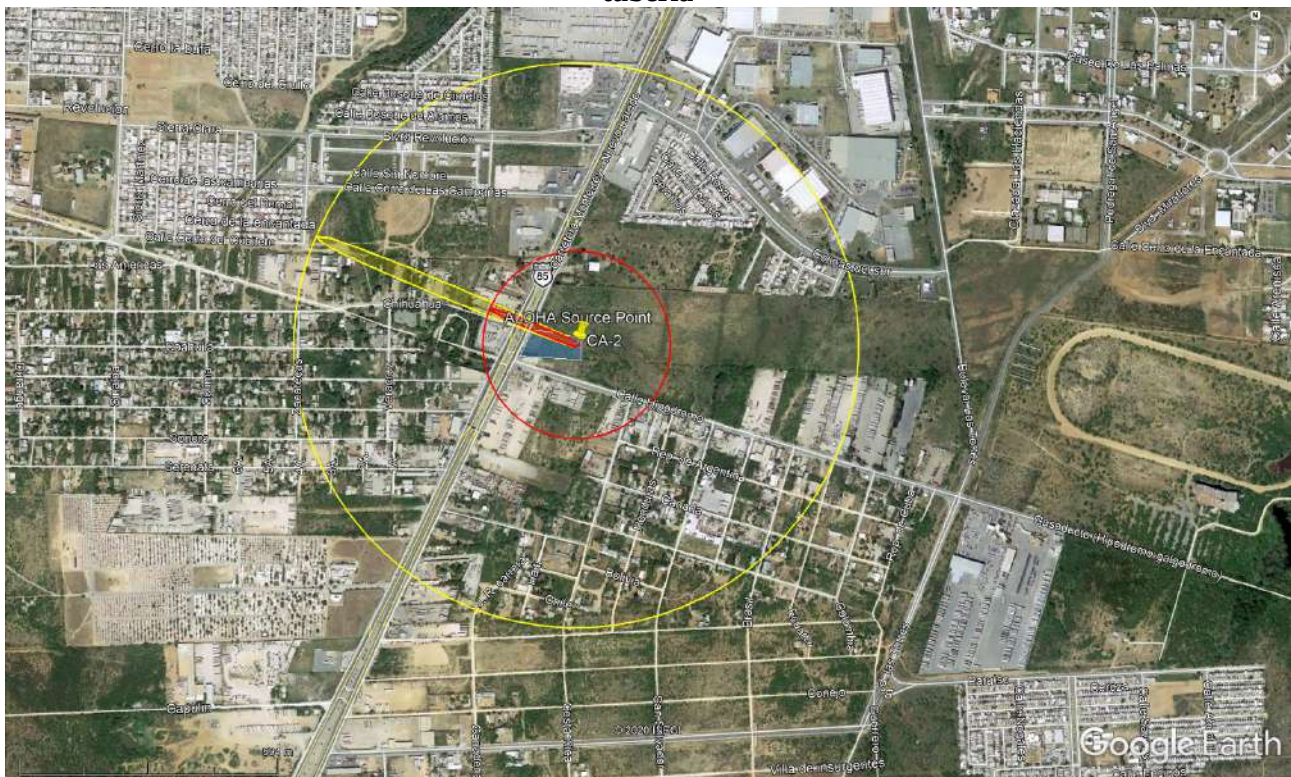


Figura II.33 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 2 - tubería



Figura II.34 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 1 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.35 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 2 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.36 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 1 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.37 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 2 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.38 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 1 - Cilindro (2,370 Litros)

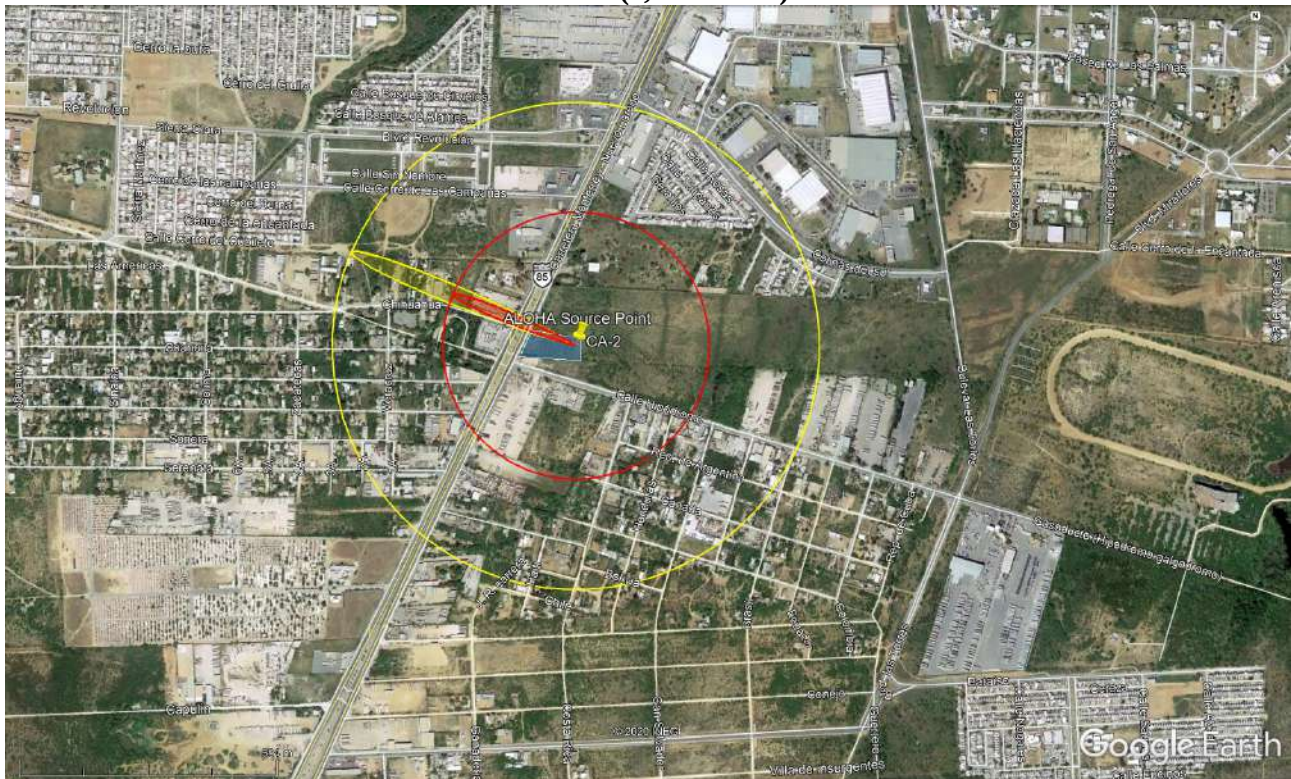


Figura II.39 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 2 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.40 Radios de incendio para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.41 Radios de incendio para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.42 Radios de explosión para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.43 Radios de explosión para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Cilindro (2,370 Litros)

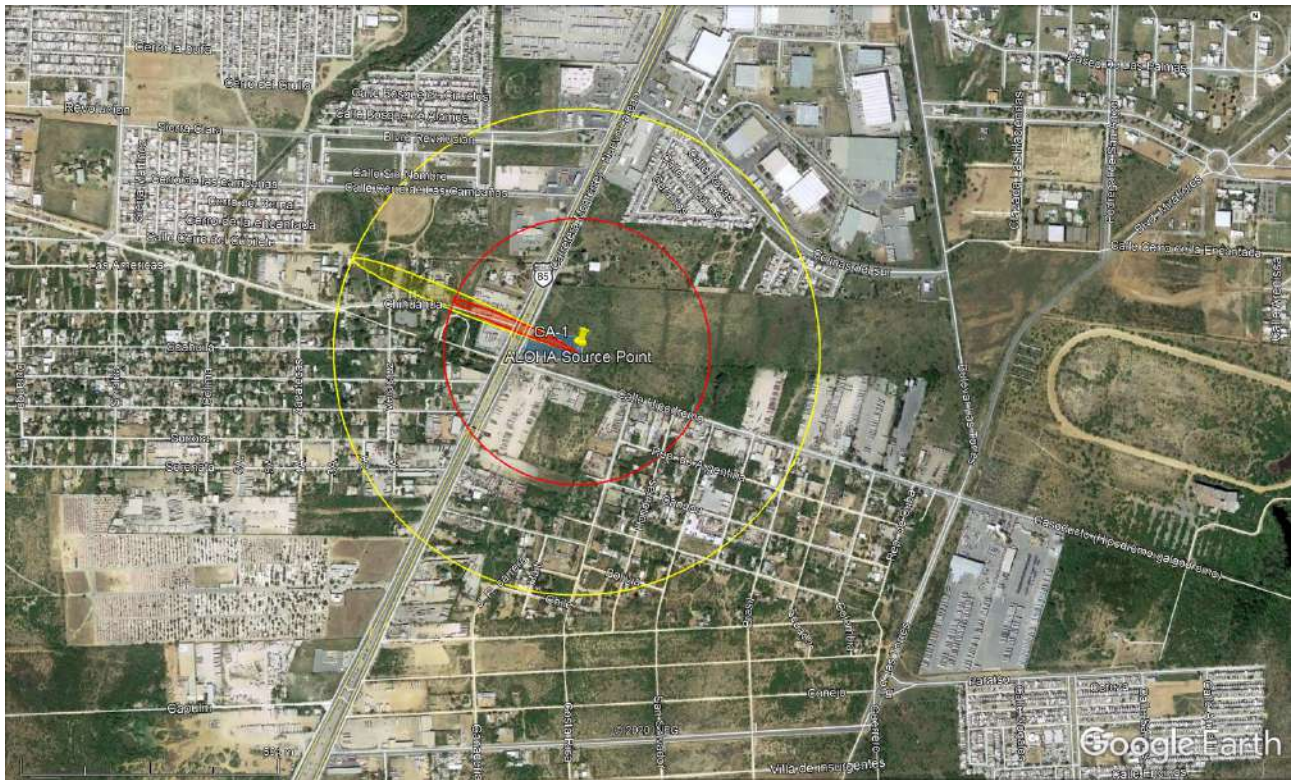


Figura II.44 Radios de toxicidad para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.45 Radios de toxicidad para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Cilindro (2,370 Litros)

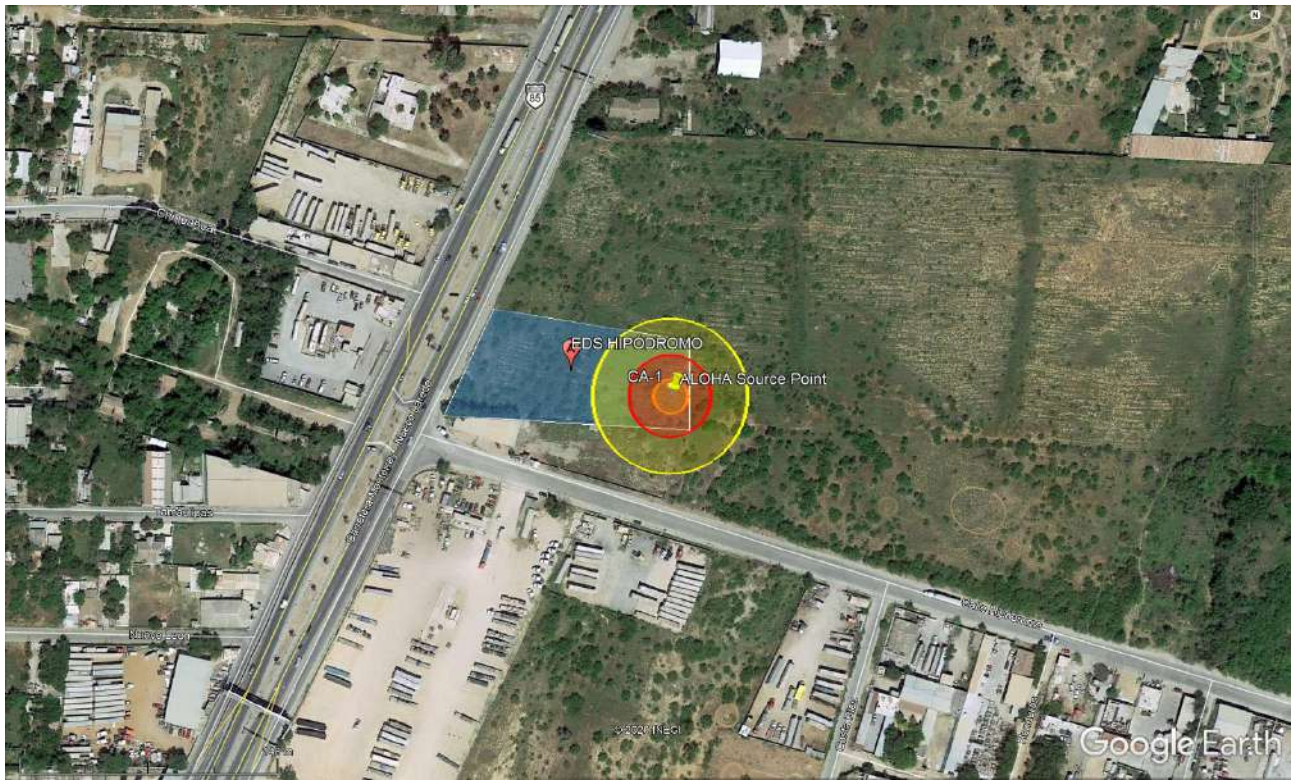


Figura II.46 Radios de incendio para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Cilindro (2,370 Litros)

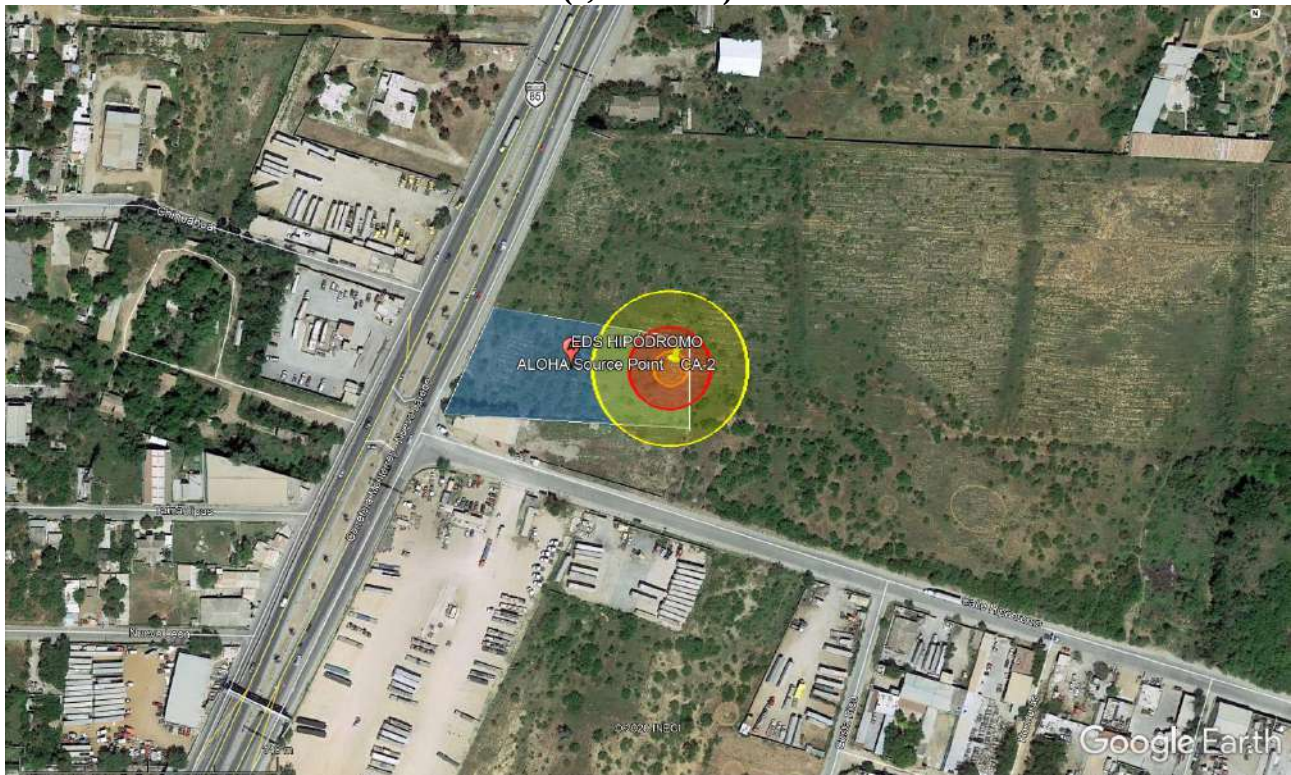


Figura II.47 Radios de incendio para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.48 Radios de explosión para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.49 Radios de explosión para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Cilindro (2,370 Litros)

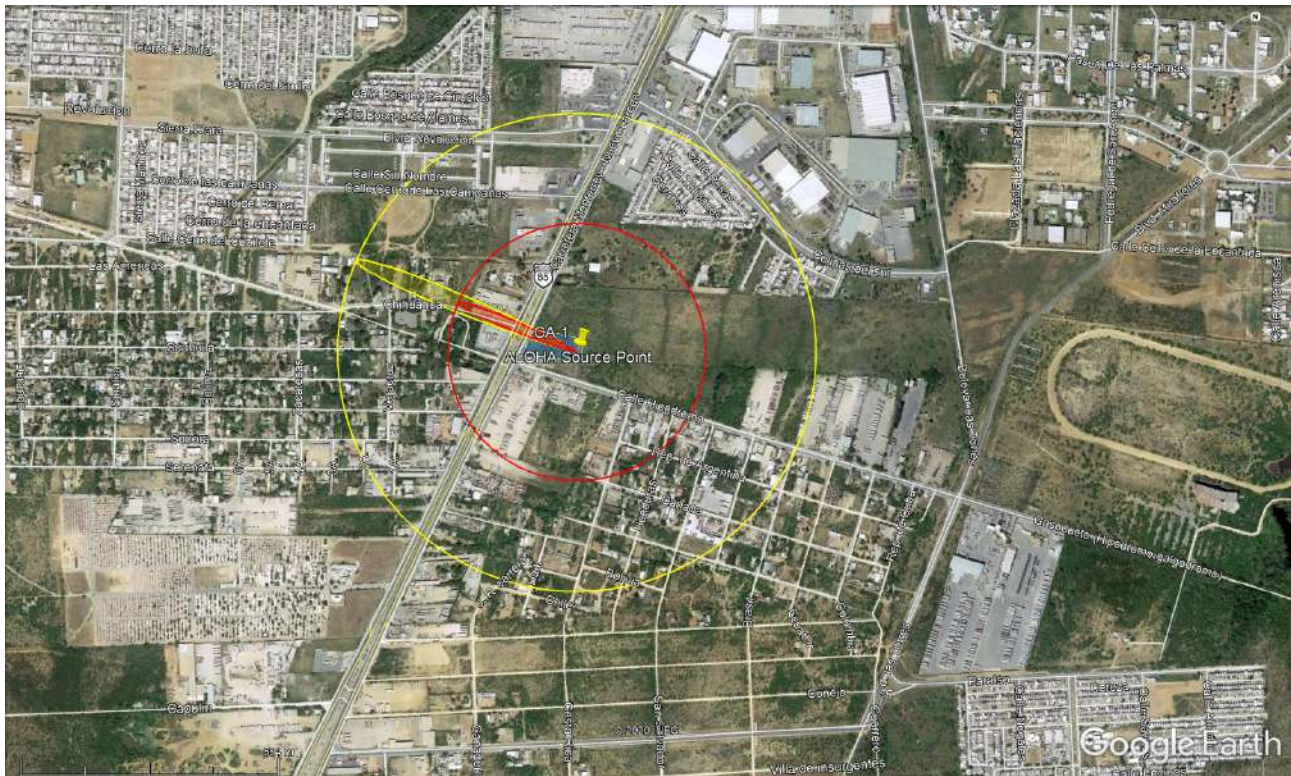


Figura II.50 Radios de toxicidad para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Cilindro (2,370 Litros)



Figura II.51 Radios de toxicidad para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Cilindro (2,370 Litros)

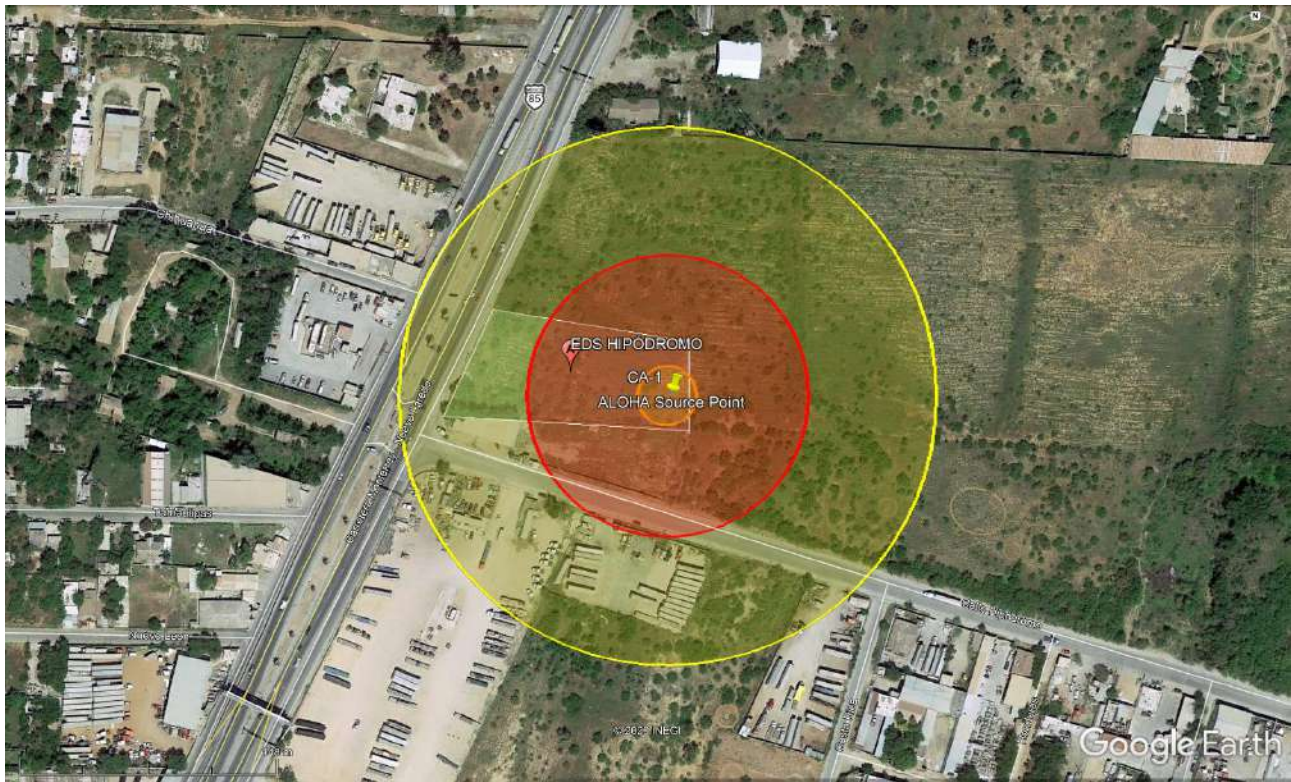


Figura II.52 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 1 - Sistema Total (14,220 Litros)

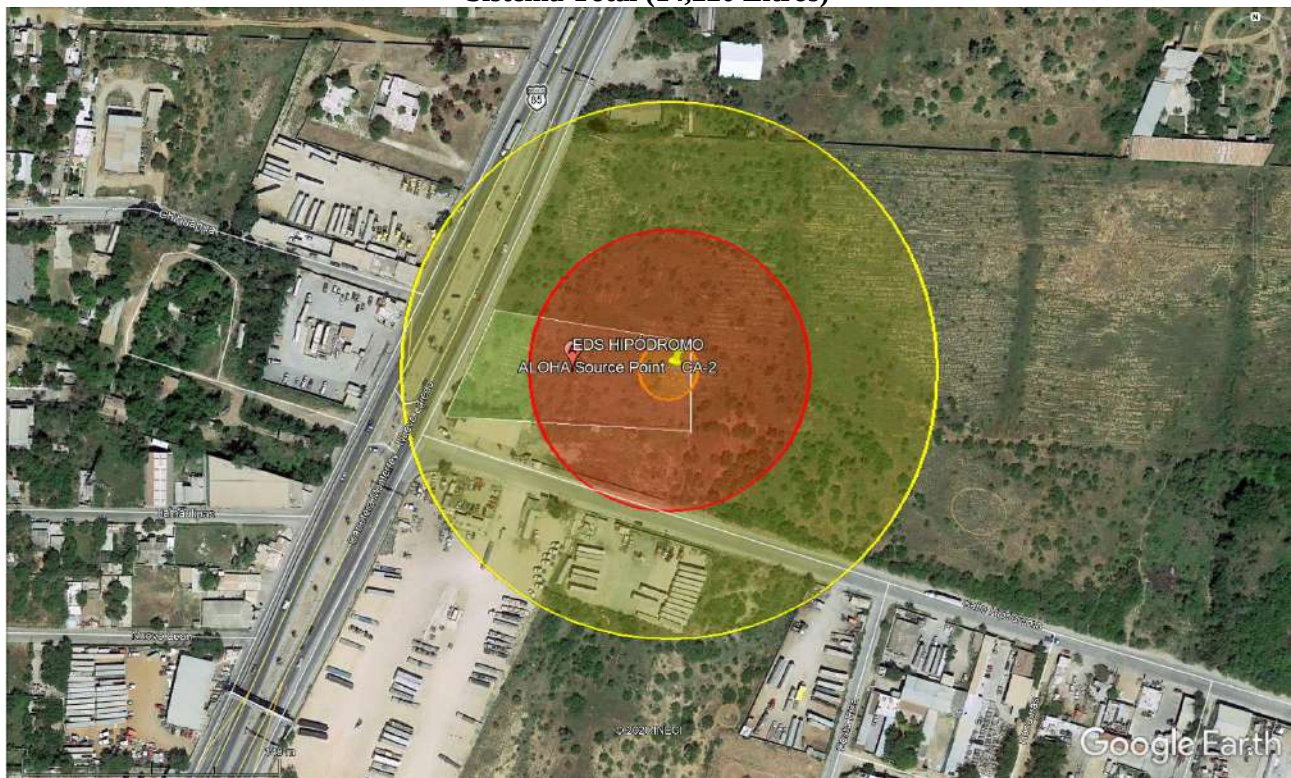


Figura II.53 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 2 - Sistema Total (14,220 Litros)



Figura II.54 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 1 - Sistema Total (14,220 Litros)

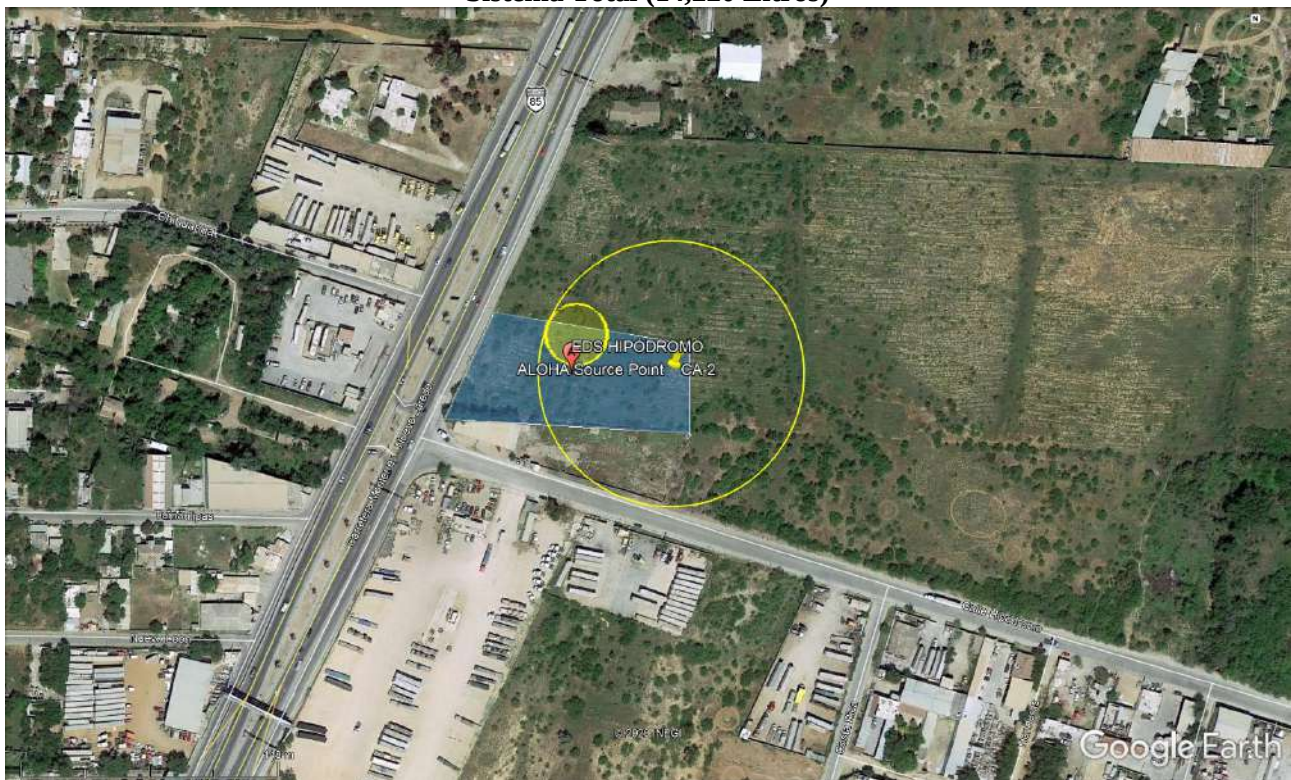


Figura II.55 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 2 - Sistema Total (14,220 Litros)

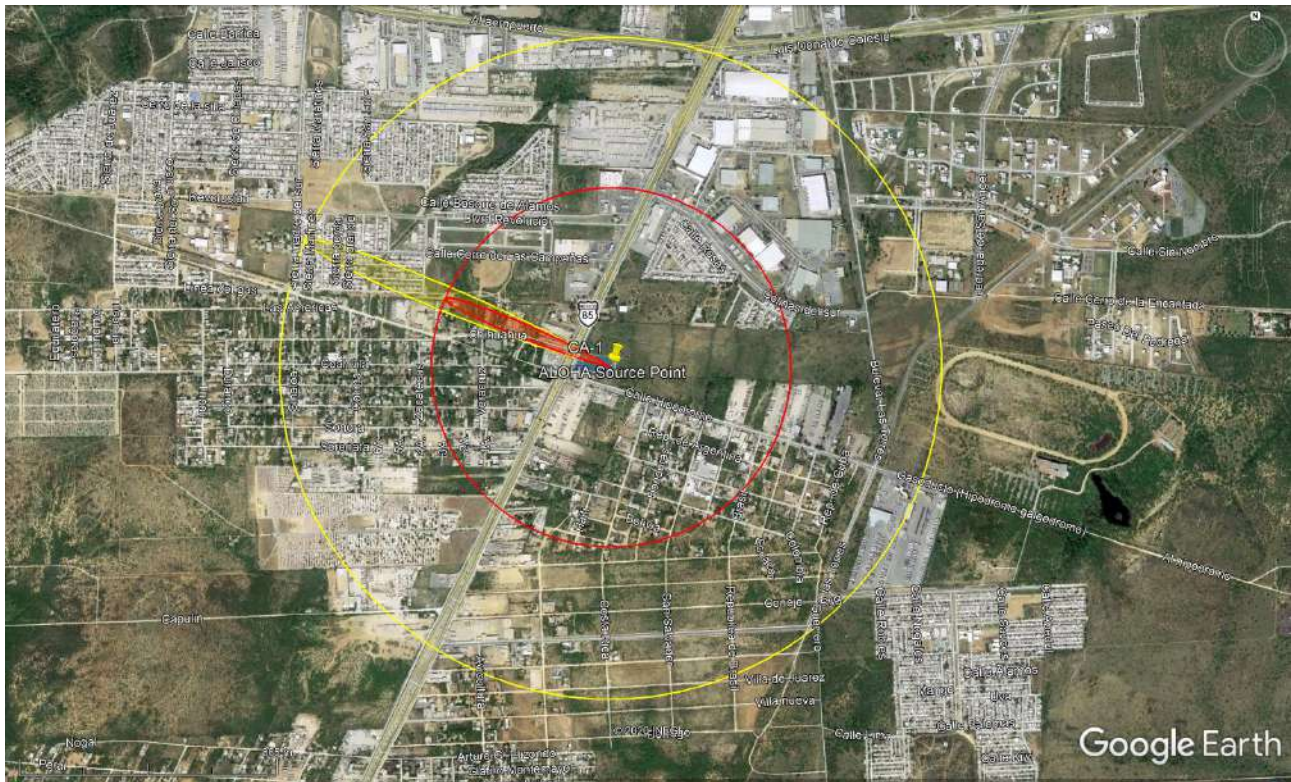


Figura II.56 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 1 - Sistema Total (14,220 Litros)

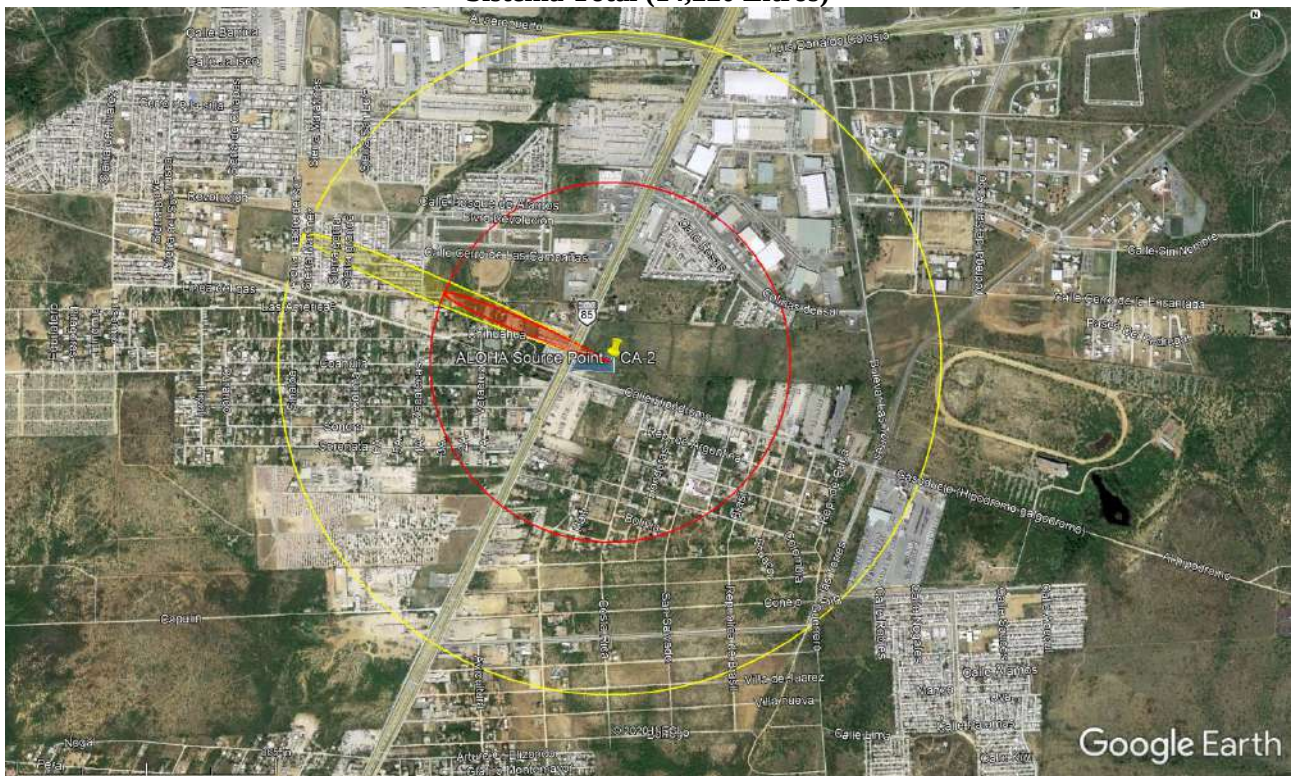


Figura II.57 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en la cascada pulmón 2 - Sistema Total (14,220 Litros)

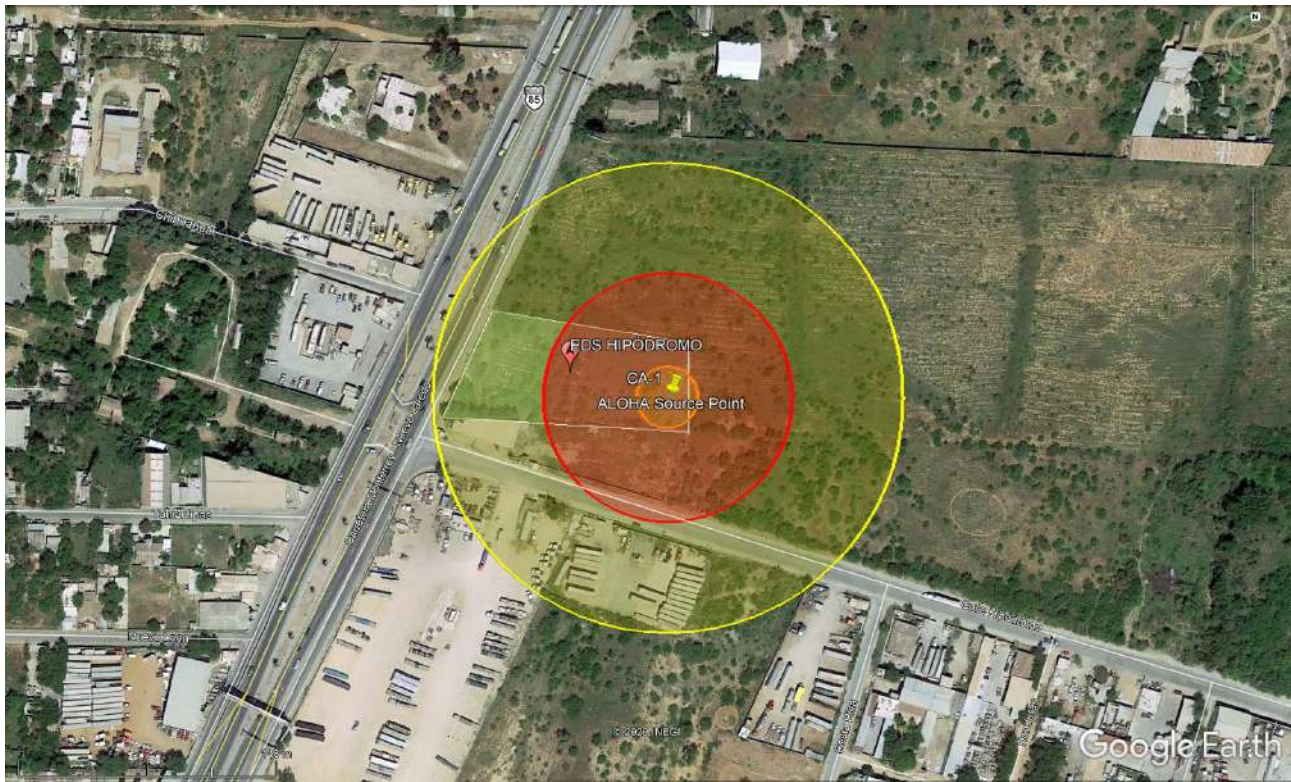


Figura II.58 Radios de incendio para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Sistema Total (14,220 Litros)

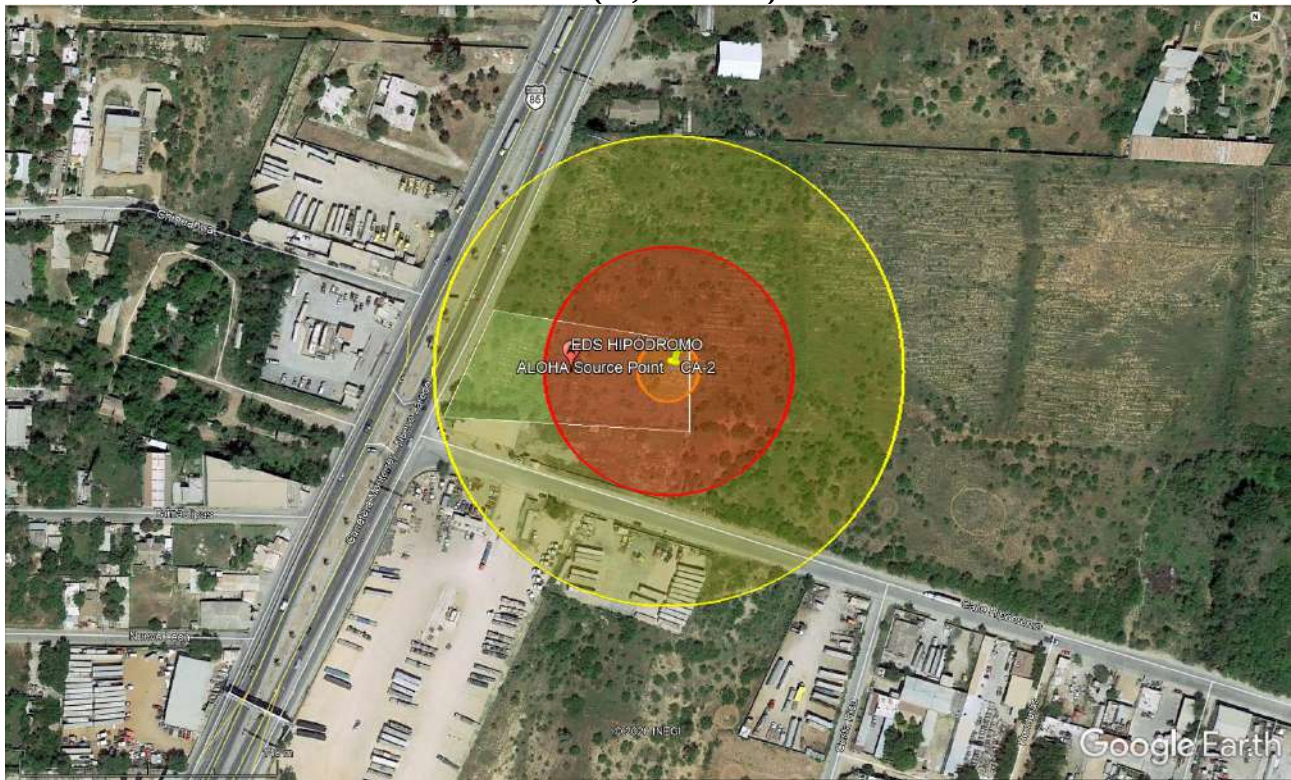


Figura II.59 Radios de incendio para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Sistema Total (14,220 Litros)

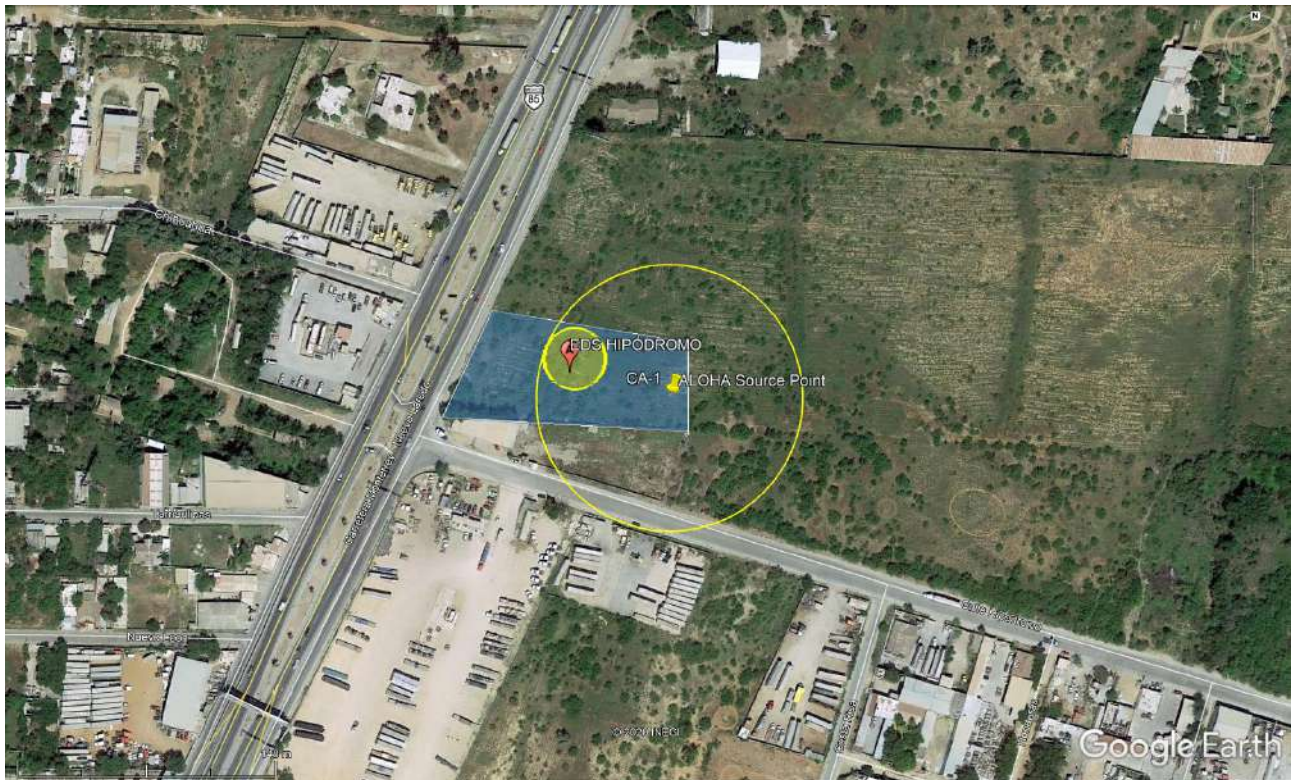


Figura II.60 Radios de explosión para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Sistema Total (14,220 Litros)

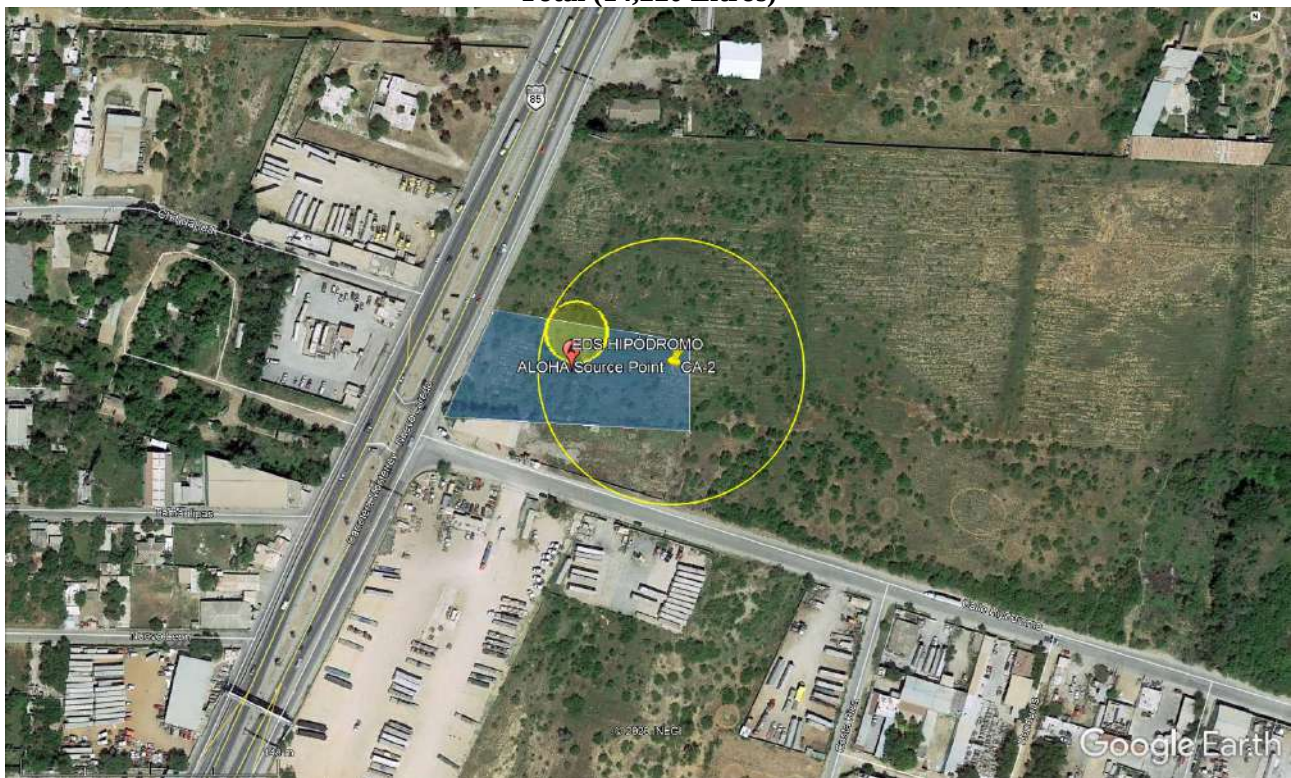


Figura II.61 Radios de explosión para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Sistema Total (14,220 Litros)

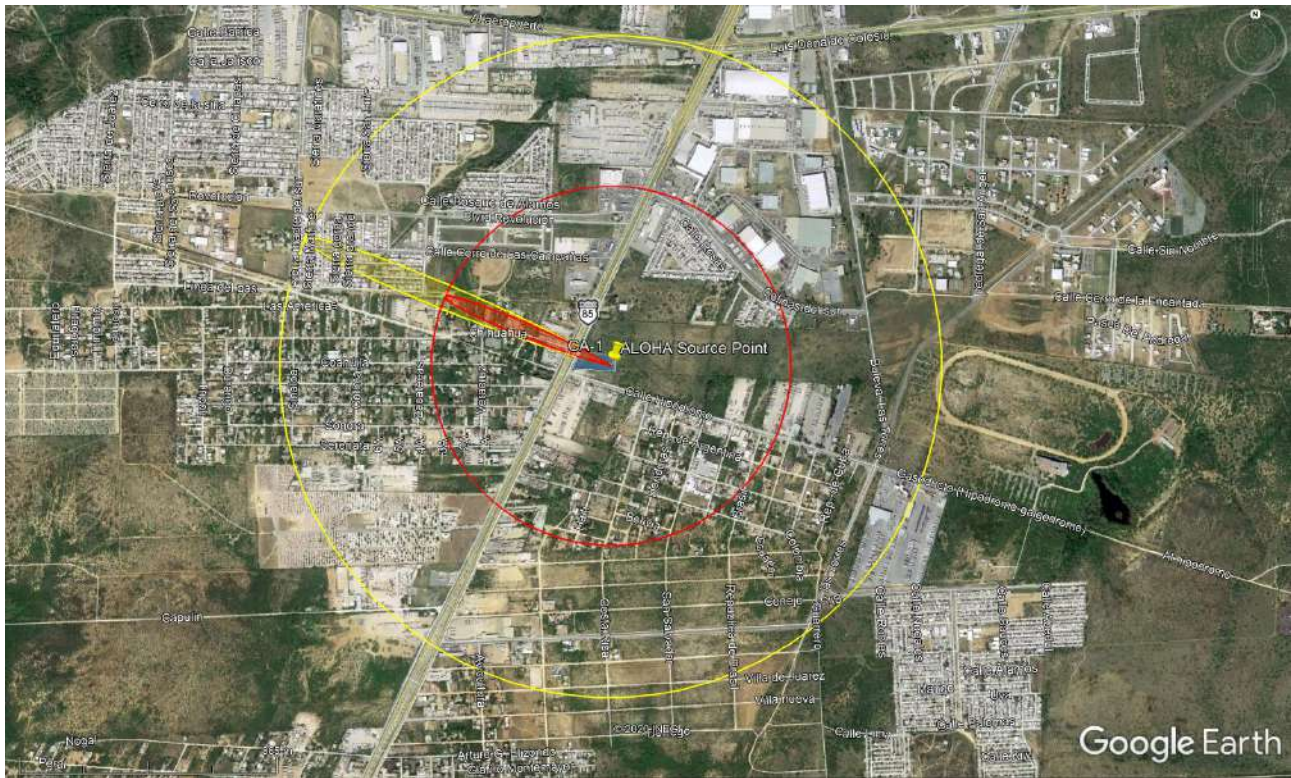


Figura II.62 Radios de toxicidad para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Sistema Total (14,220 Litros)

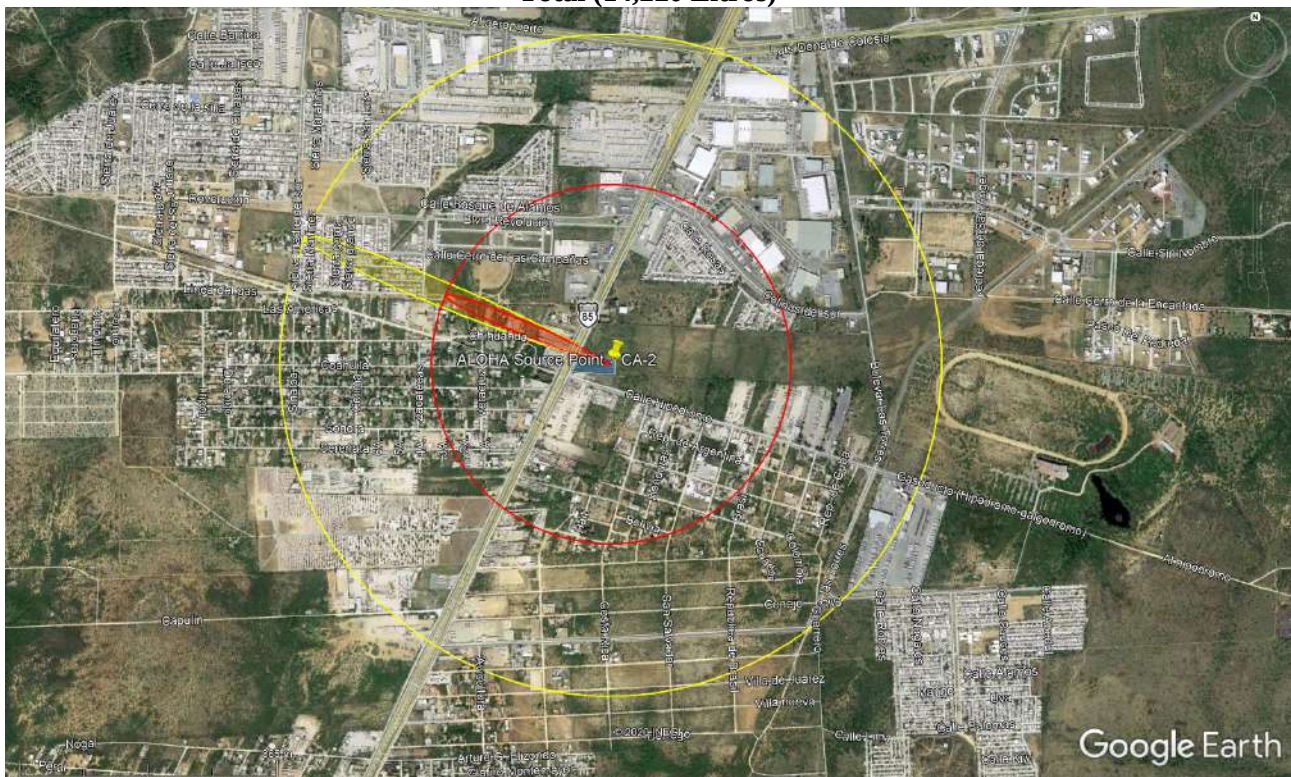


Figura II.63 Radios de toxicidad para una fuga 100mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Sistema Total (14,220 Litros)

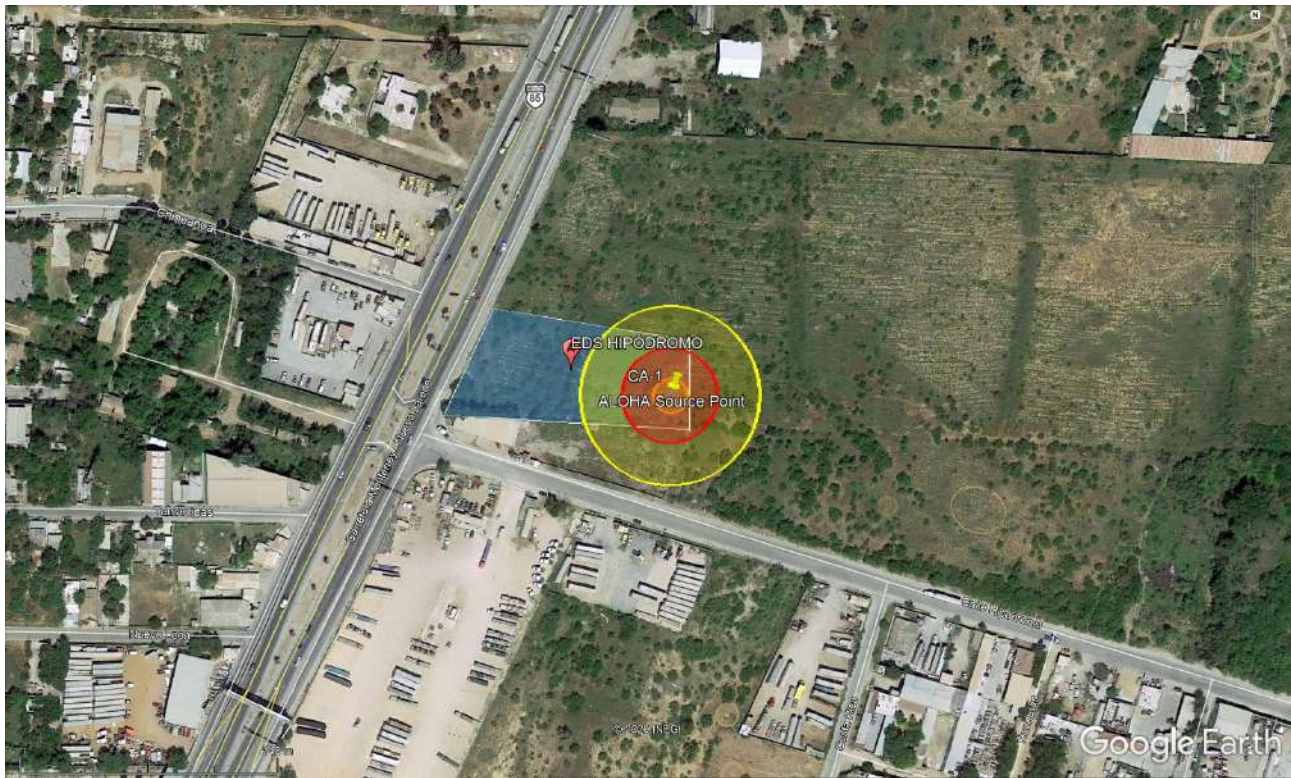


Figura II.64 Radios de incendio para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Sistema Total (14,220 Litros)

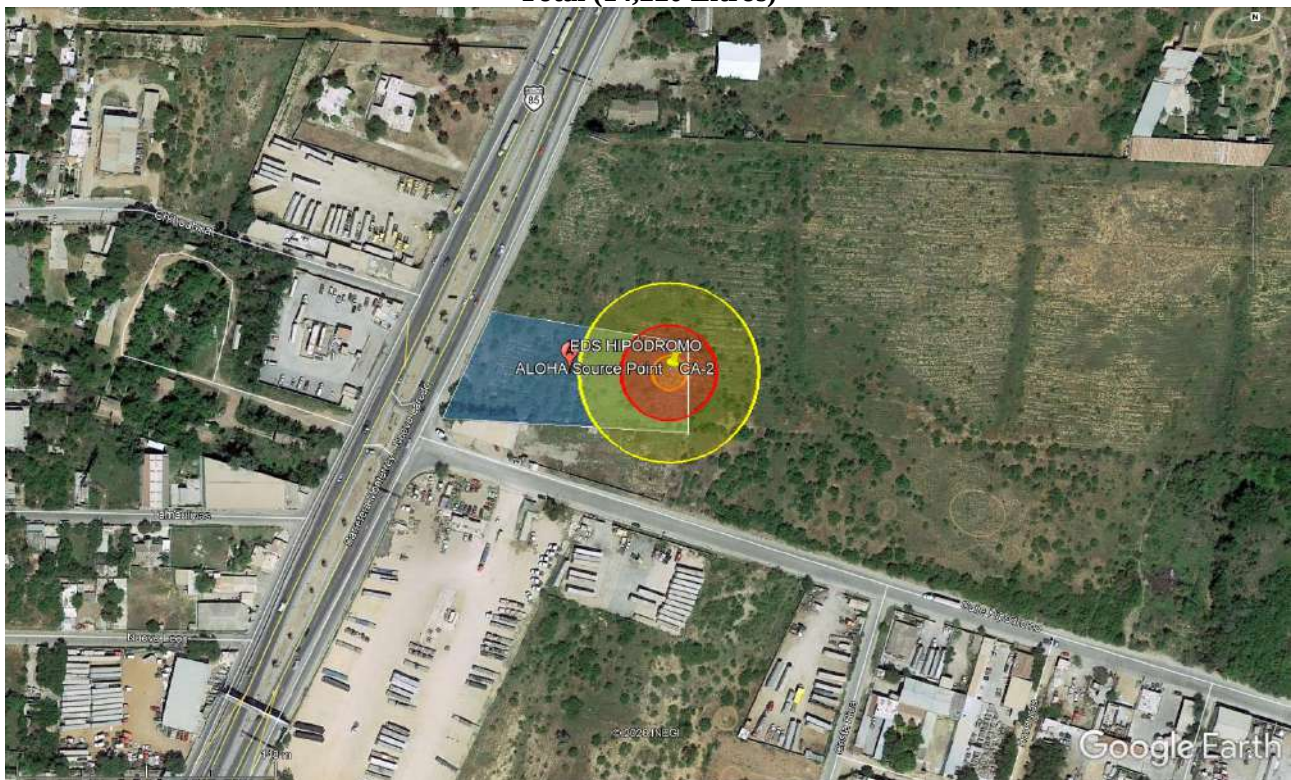


Figura II.65 Radios de incendio para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Sistema Total (14,220 Litros)

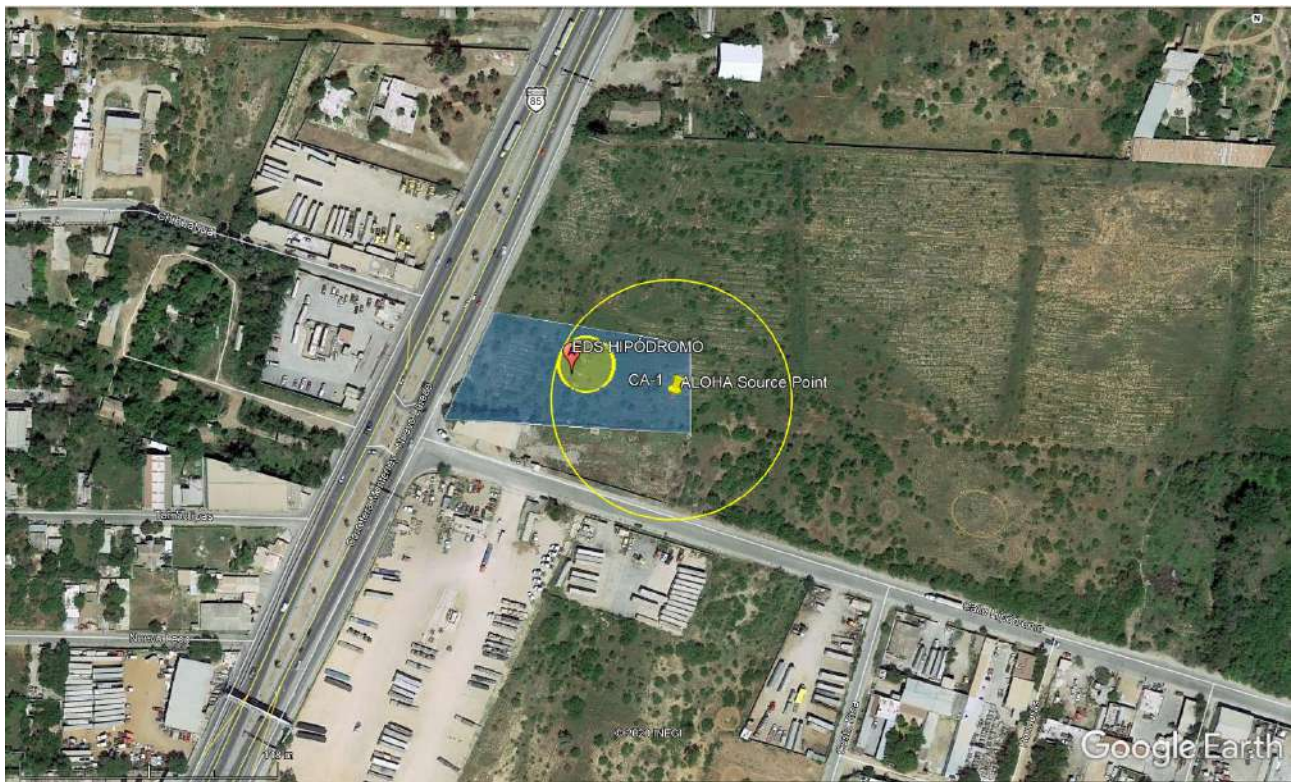


Figura II.66 Radios de explosión para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 1 - Sistema Total (14,220 Litros)



Figura II.67 Radios de explosión para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 2 - Sistema Total (14,220 Litros)

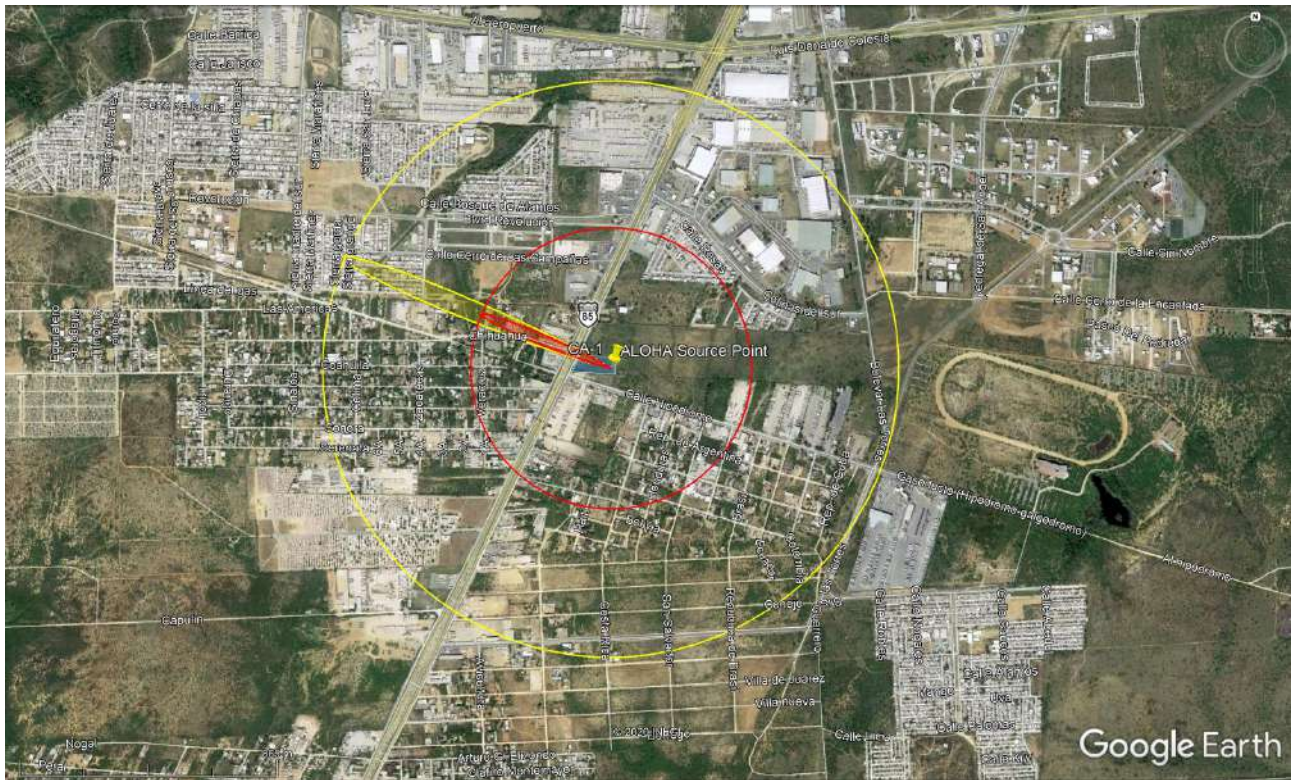


Figura II.68 Radios de toxicidad para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 1- Sistema Total (14,220 Litros)



Figura II.69 Radios de toxicidad para una fuga 25mm de gas natural en la cascada pulmón 2- Sistema Total (14,220 Litros)

De acuerdo con los radios mostrados en las figuras anteriores, se puede observar que es en este escenario donde se presentan los radios de alto riesgo y amortiguamiento mayores; escenario **No. 3**; relativo a la **cascada pulmón** en donde se maneja una presión de **3,626 psi (250 bar)**, específicamente en la simulación correspondiente a la fuga transversal de todo el sistema; **14,220 Litros**, este se cataloga como el **“PC: Peor Caso” o como “Catastrófico”**; al obtenerse radios de 83 metros para la zona de alto riesgo y 157 metros para la zona de amortiguamiento; para radiación, en cuanto a la consecuencia de explosión no se alcanza a generar para el nivel de 1 psi (alto riesgo) dado que no se alcanza el límite inferior de explosividad del gas natural para esta sobrepresión, sin embargo, se prevé un radio de amortiguamiento de 77 m para una sobrepresión de 0.5 psi (Amortiguamiento) y para una nube tóxica de 601 metros y 1100 metros respectivamente.

Es importante mencionar que este escenario correspondiente a la cascada pulmón es el escenario con los radios mayores, ya que se realizan simulaciones de fuga en tubería, en un cilindro (2,370L) y en el total del sistema (14,220L), sin embargo, el **“PC: Peor Caso” o como “Catastrófico”** es el anteriormente mencionado, los demás eventos se catalogan como **“CA: Caso Alternativo”**.

Las figuras anteriores muestran las zonas de alto riesgo y amortiguamiento para los eventos asociados al Sistema de Almacenamiento (cascada pulmón), los radios de alto riesgo (5 Kw/m^2) salen del límite de propiedad del predio.

Escenario 4. Fuga de gas natural en surtidores

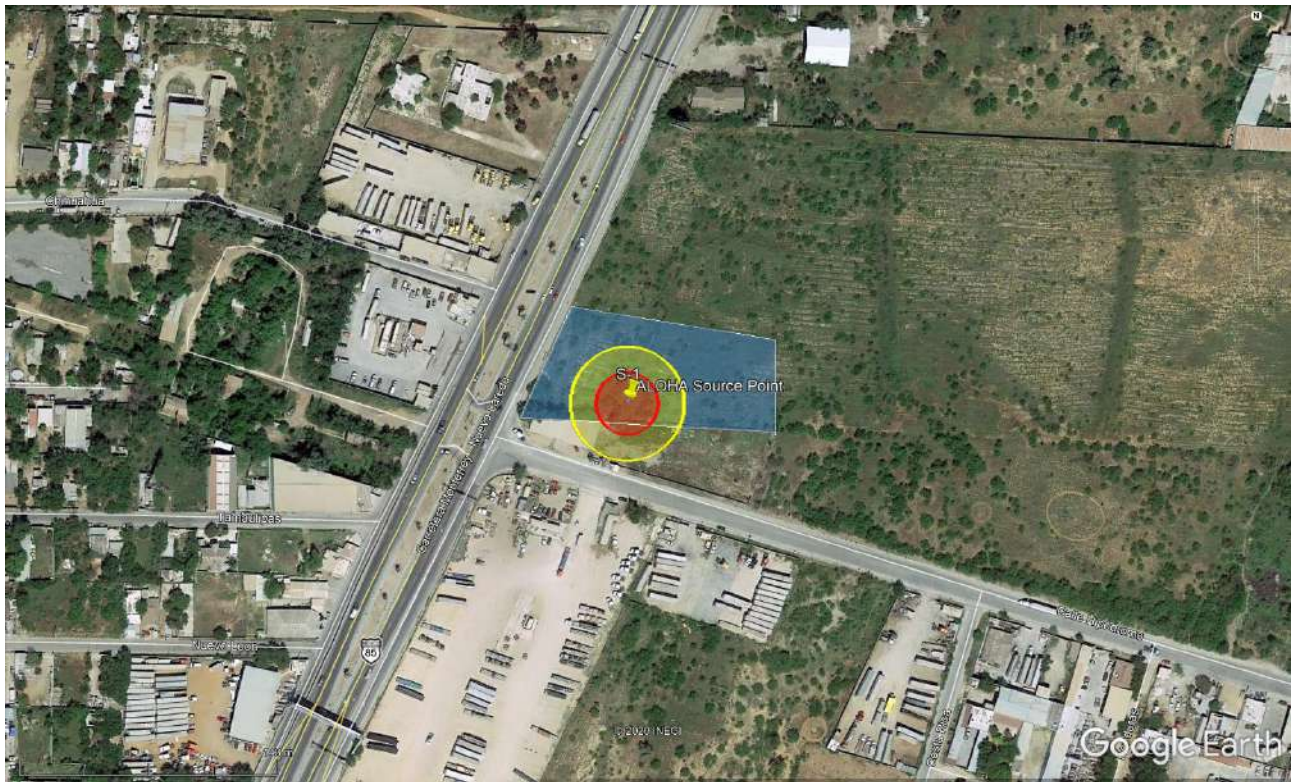


Figura II.70 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-1

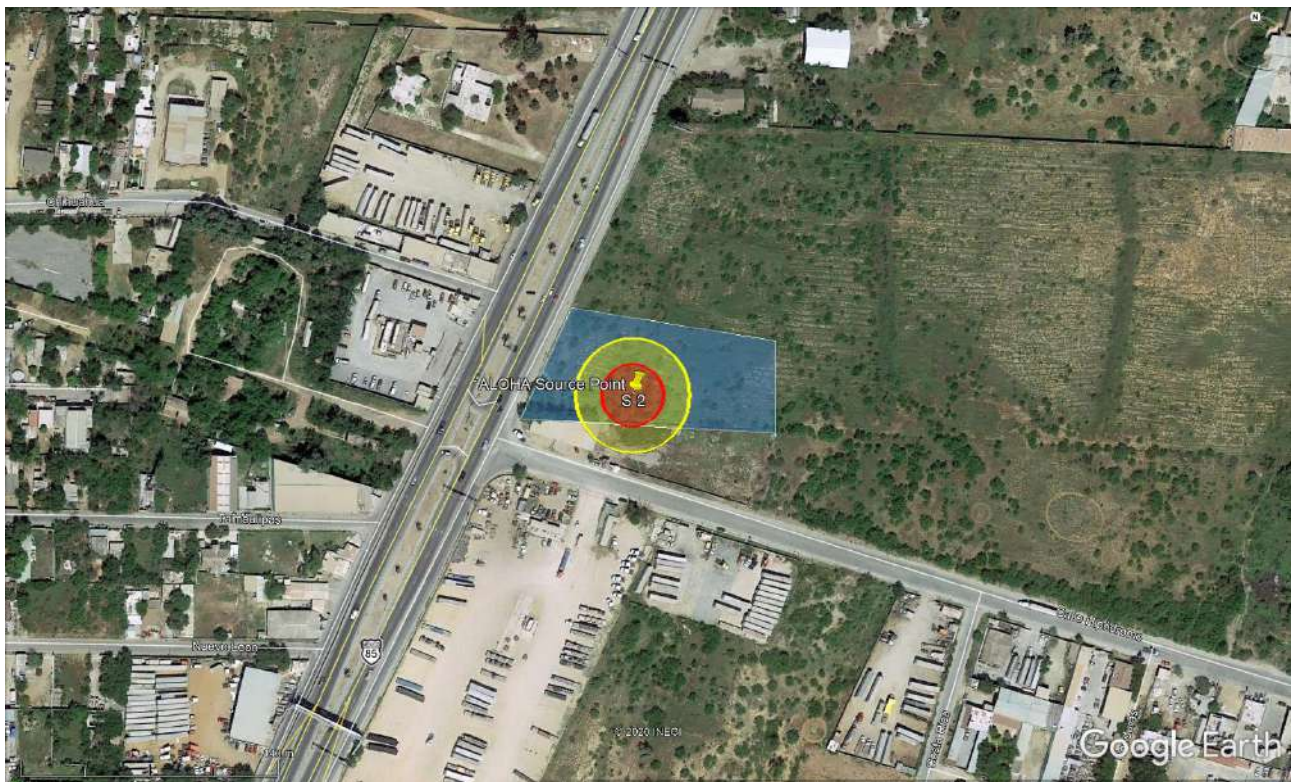


Figura II.71 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-2

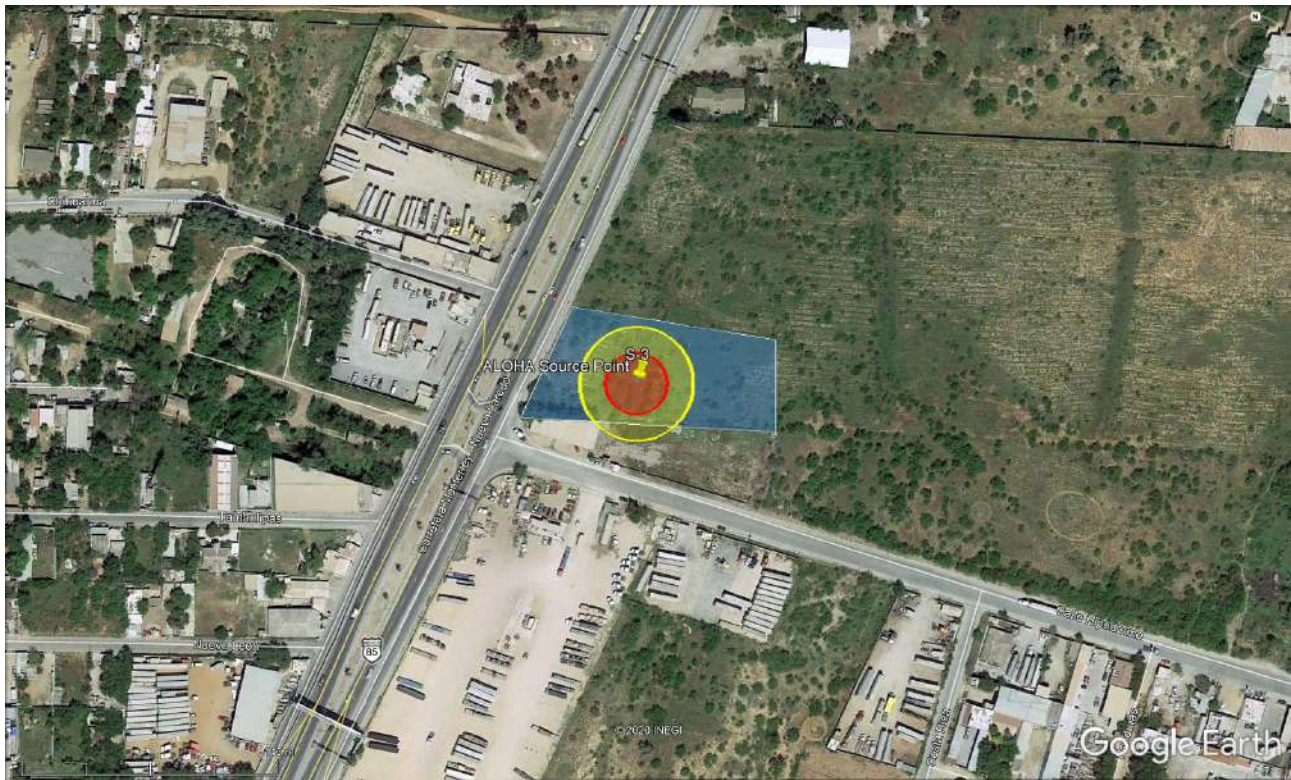


Figura II.72 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-3

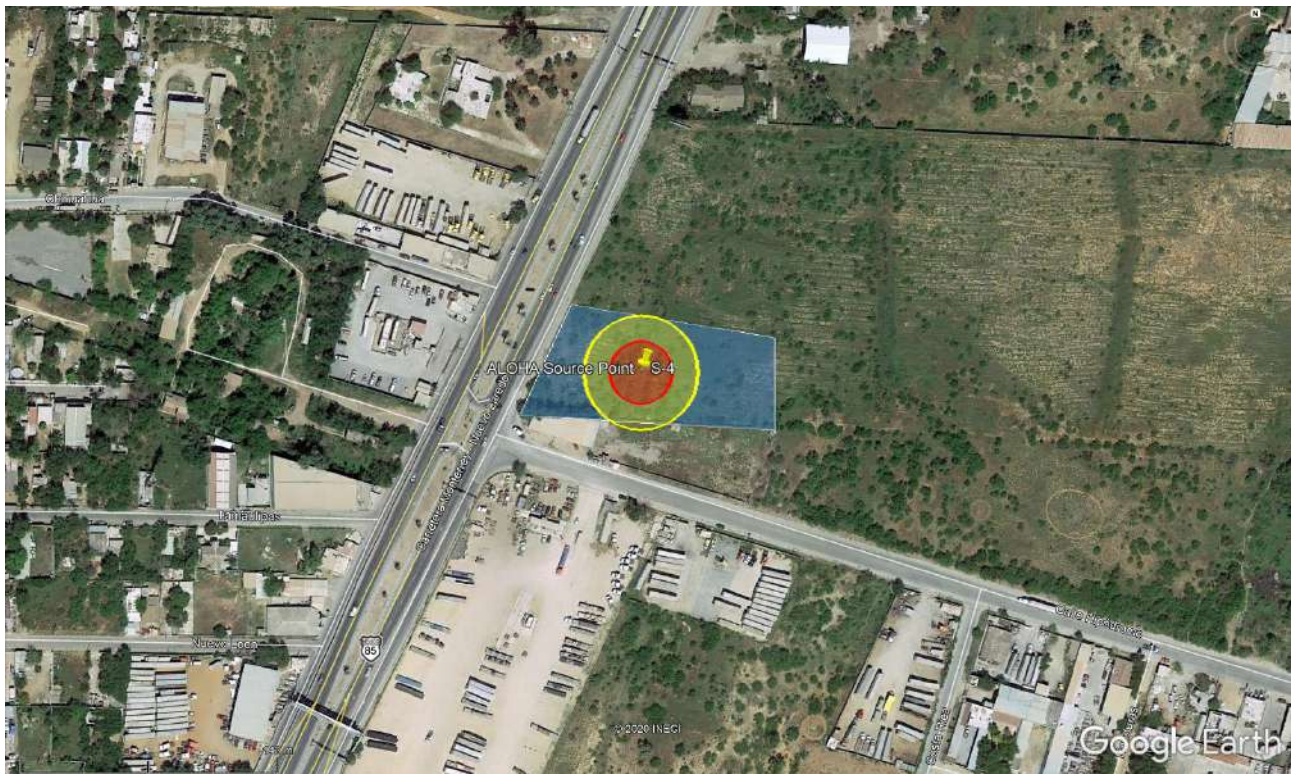


Figura II.73 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-4

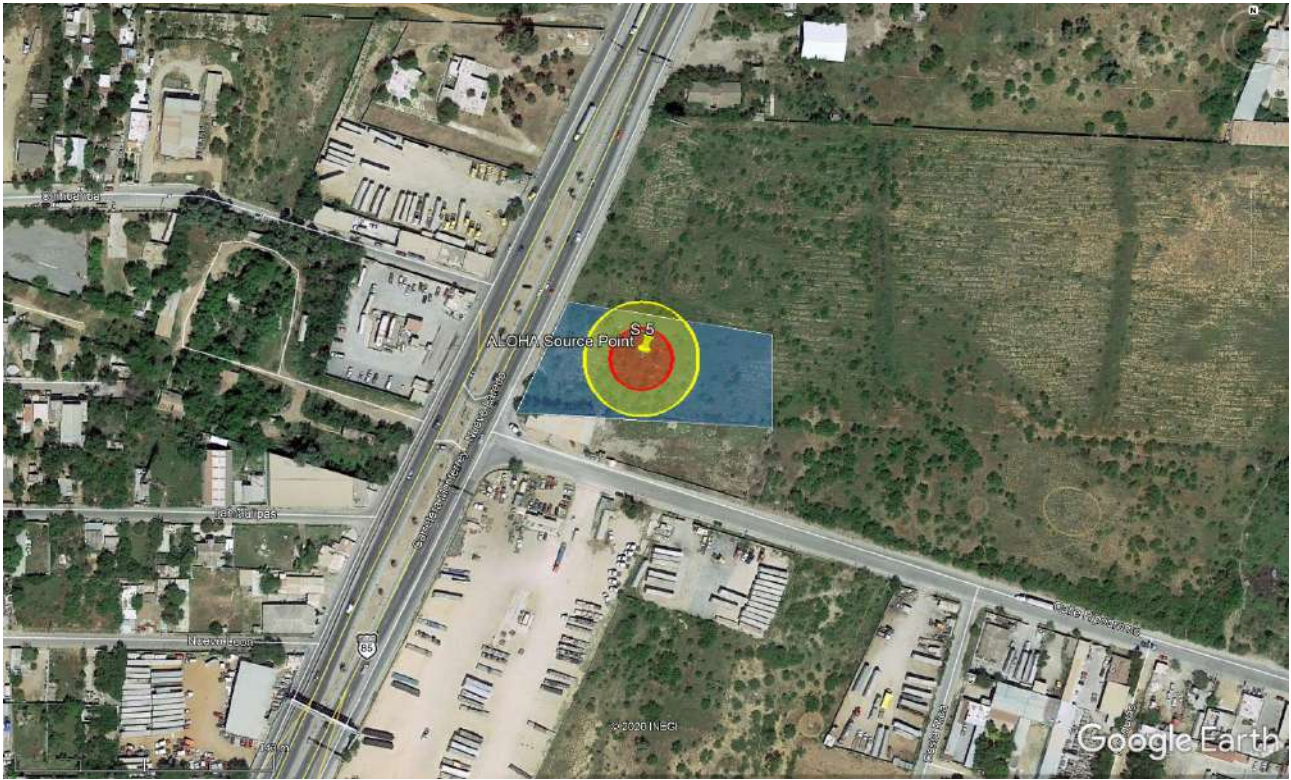


Figura II.74 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-5

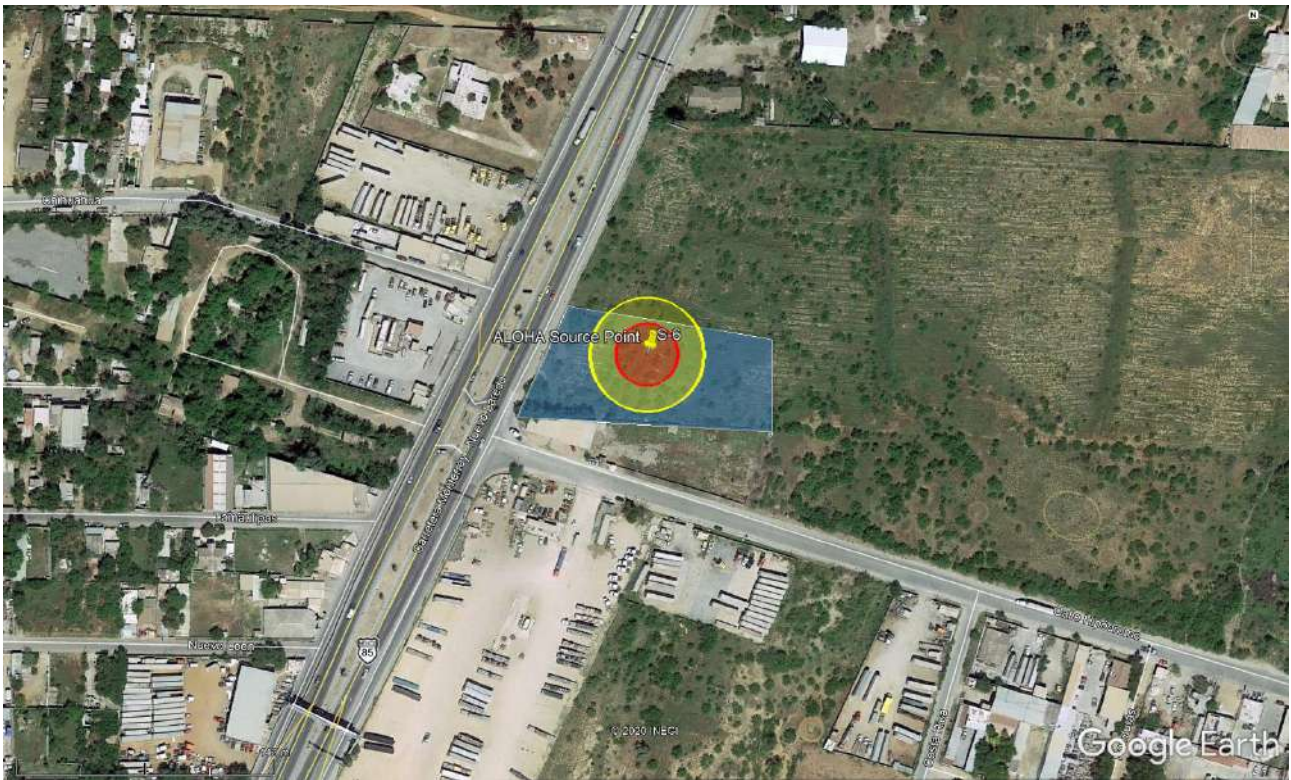


Figura II.75 Radios de incendio para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-6

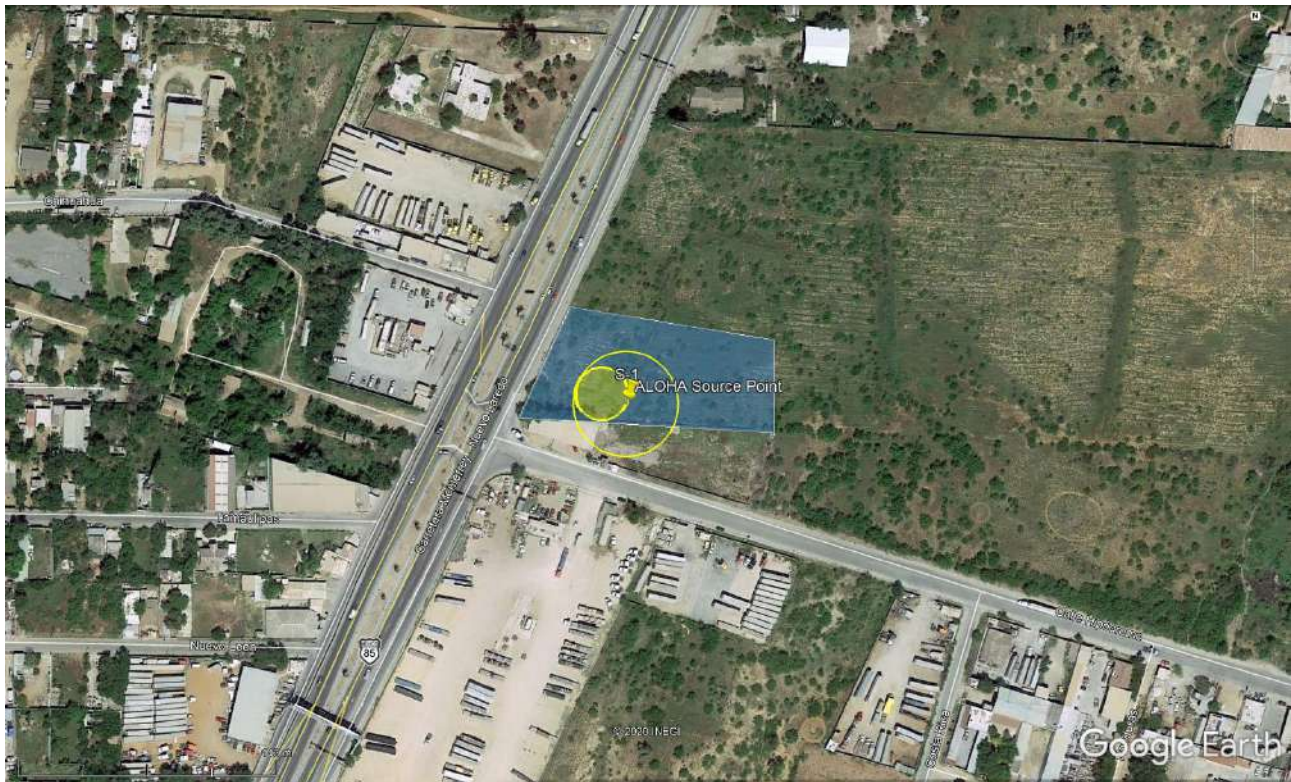


Figura II.76 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-1

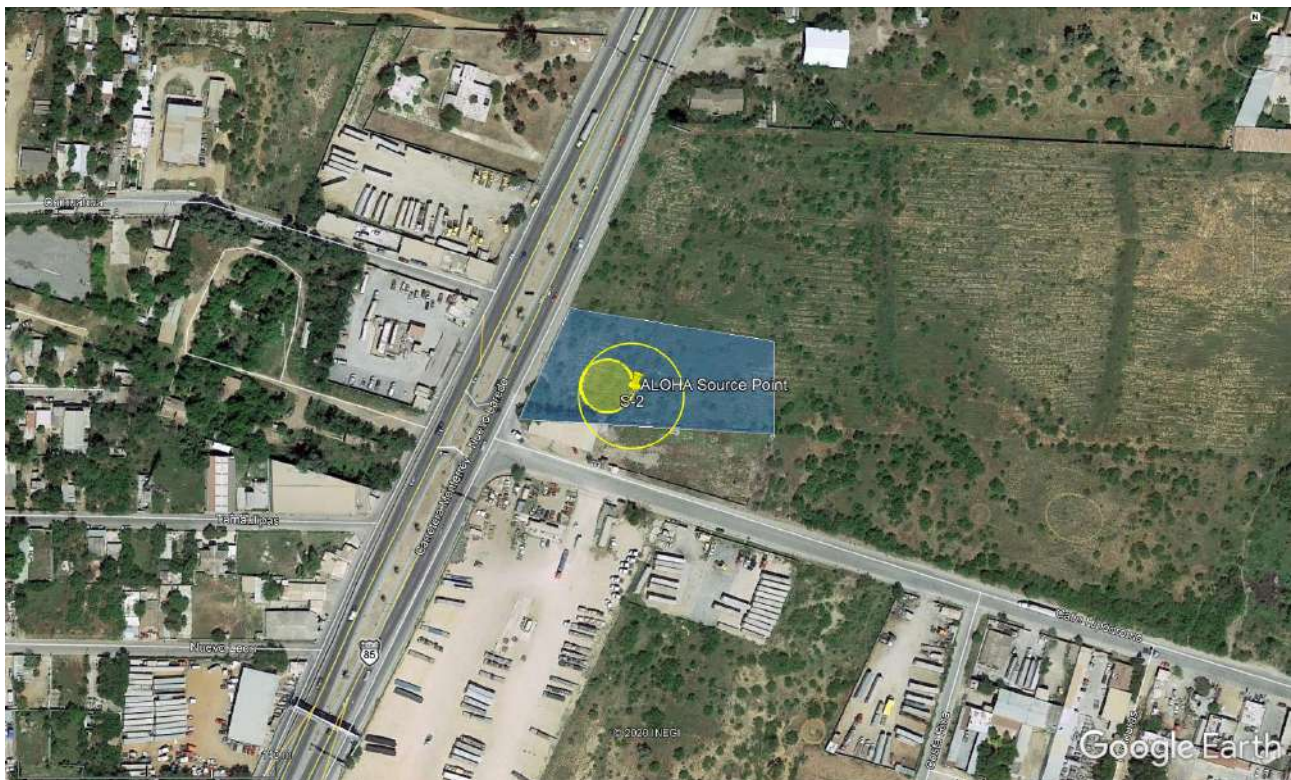


Figura II.77 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-2

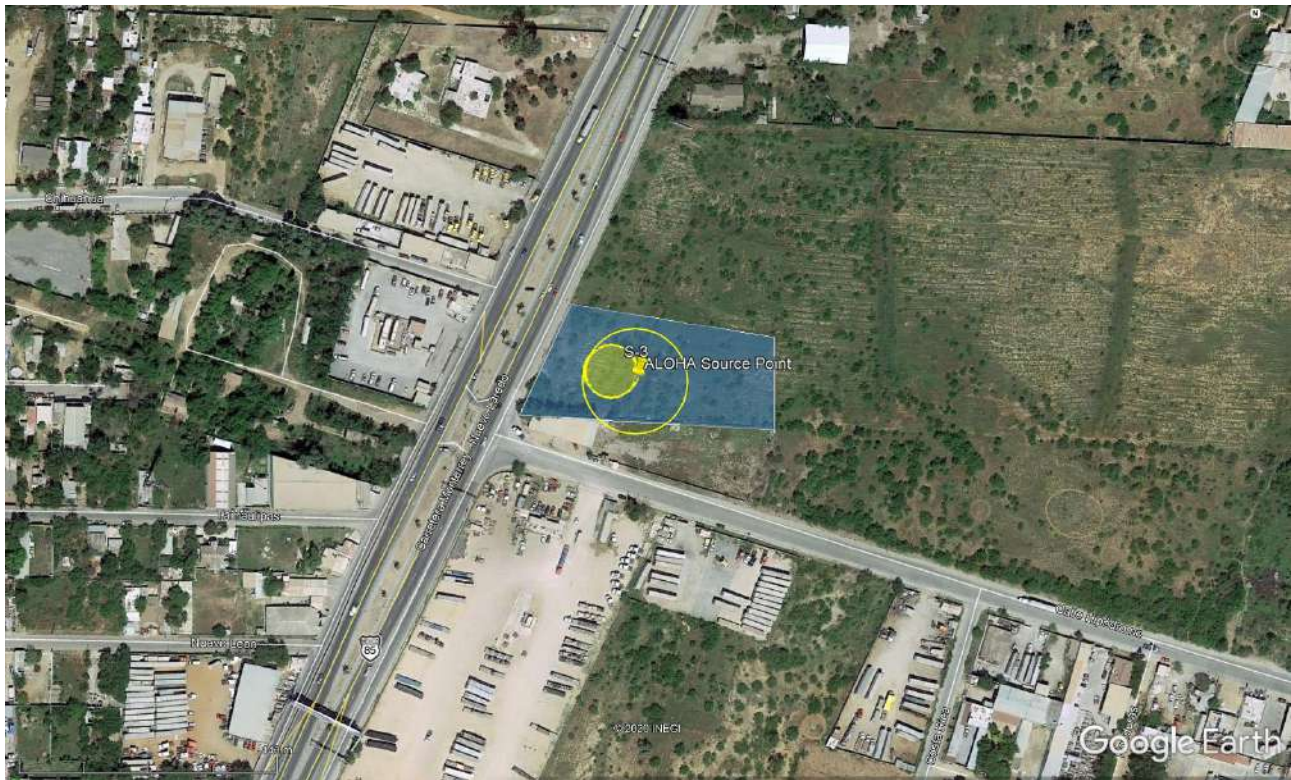


Figura II.78 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-3

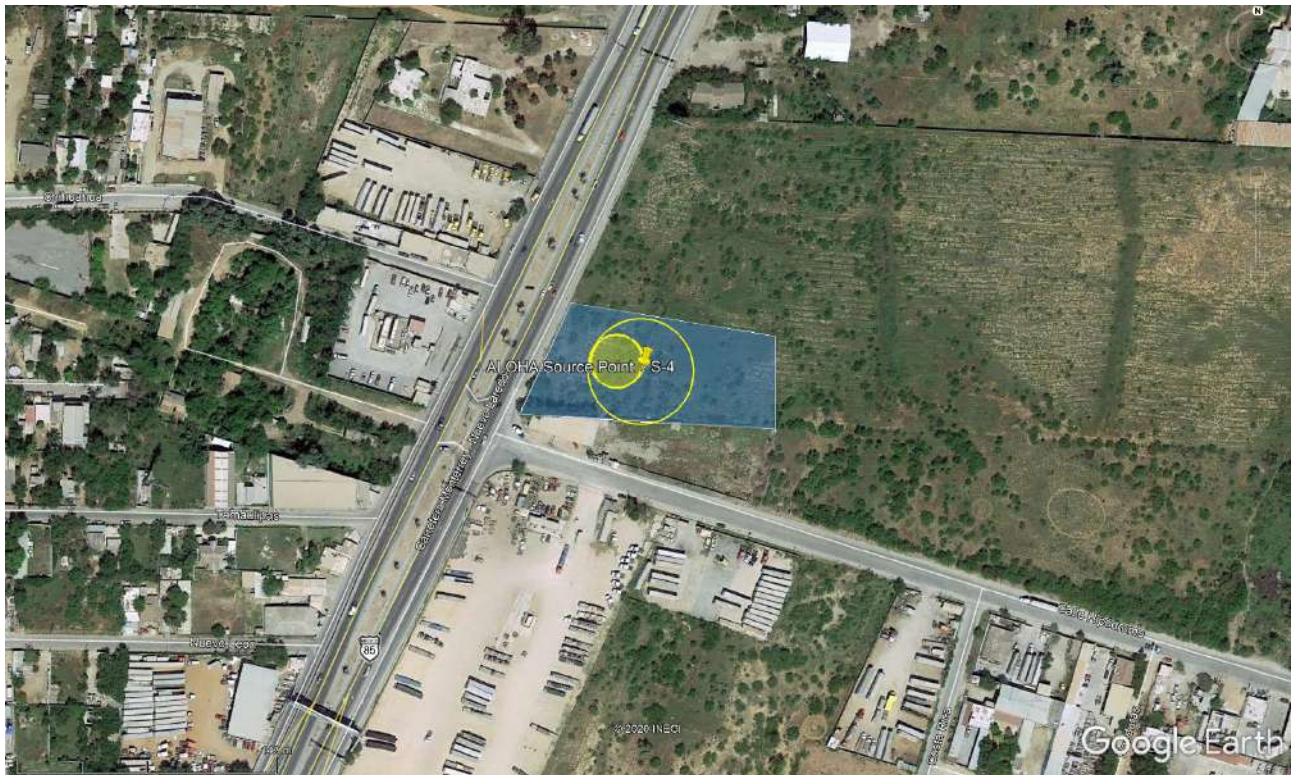


Figura II.79 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-4

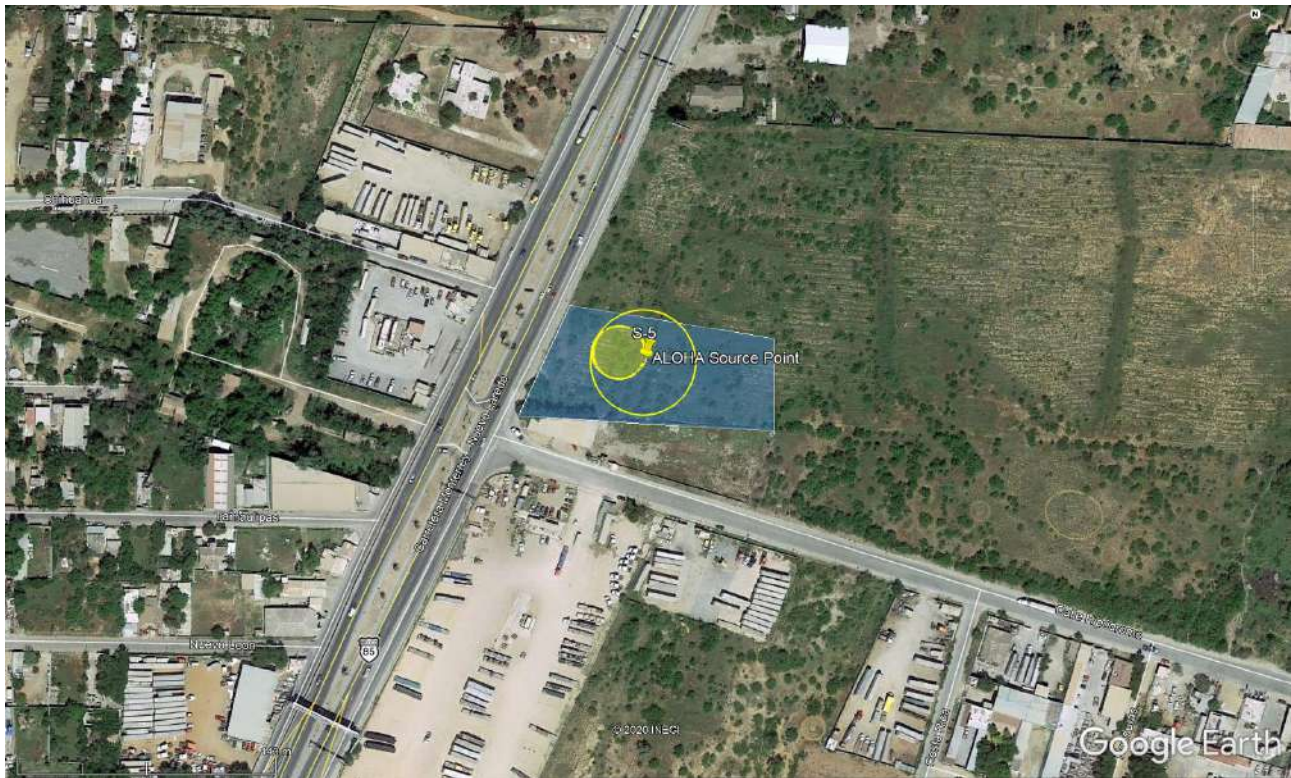


Figura II.80 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-5

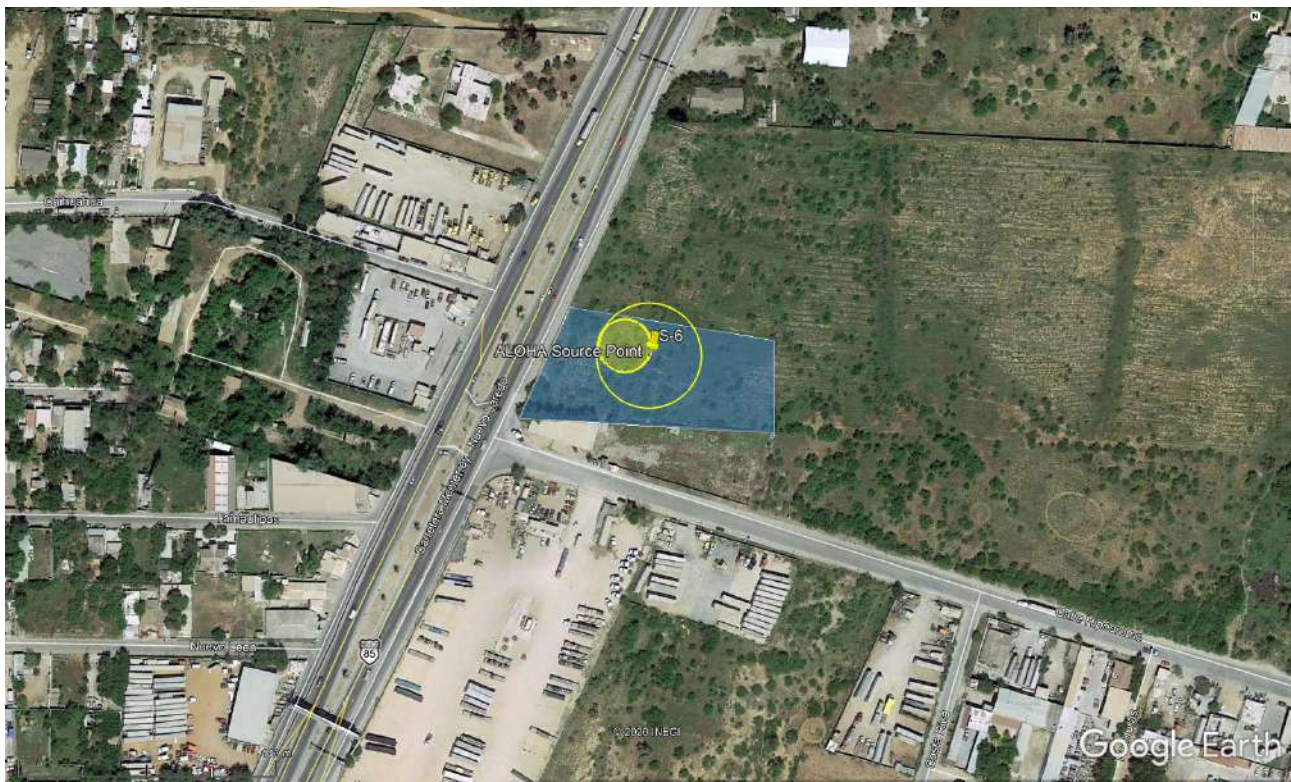


Figura II.81 Radios de explosión para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-6



Figura II.82 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-1



Figura II.83 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-2



Figura II.84 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-3



Figura II.85 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-4



Figura II.86 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-5

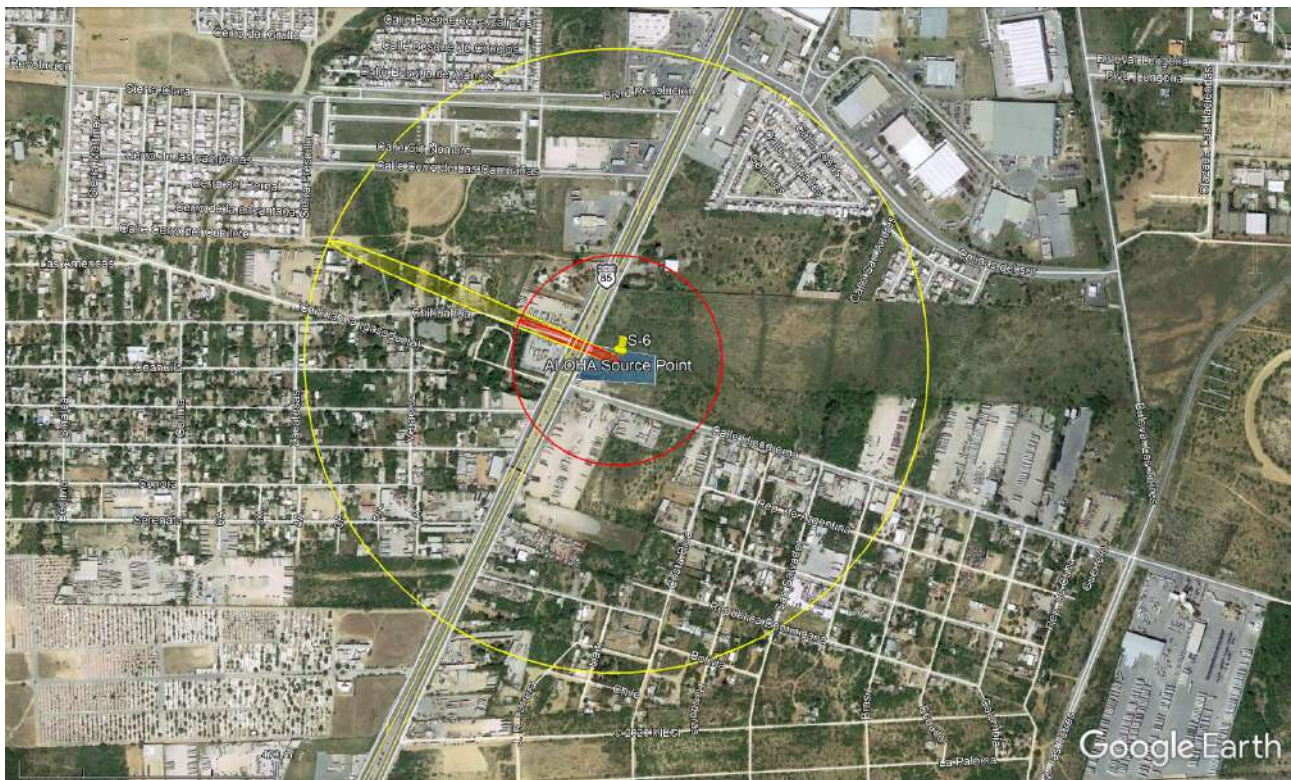


Figura II.87 Radios de toxicidad para una fuga transversal de gas natural en el Surtidor alto flujo S-6

Es importante contar con un adecuado sistema de señalamientos en el área de descarga y que los operadores cuenten con la capacitación necesaria para operar tanto el equipo compresor como los surtidores.

Como se puede observar este predio se encuentra inmerso en una zona urbanizada y de giro comercial, por lo que la actividad pretendida no ocasionará impactos ambientales importantes en la zona.

- Prácticamente se puede afirmar que no existe fauna nativa en el predio.
- Por el predio no cruzan arroyos ni cuerpos de agua de ninguna índole, y la topografía es plana.
- Finalmente cabe mencionar que el predio en donde se pretende ubicar la Estación de Servicio no colinda con escuelas u hospitales, por lo que ninguno de estos desarrollos se vería afectado por la construcción y operación de la estación.
- Asimismo, las mayores afectaciones generadas en caso de presentarse algún evento de incendio o explosión derivado de una fuga de gas natural se darían, en su mayoría, con alcances fuera de los límites de la estación.

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

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

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Recomendaciones generales

1. Evaluar periódicamente la capacitación del personal que opere el equipo compresor y los surtidores a fin de comprobar que conocen los procedimientos de operación, mantenimiento y de emergencia.
2. Dar seguimiento a recorridos diarios a todo el sistema compresor a fin de detectar cualquier daño para que sea corregido de inmediato antes de que pudiera salirse de control.
3. Difundir periódicamente los procedimientos de respuesta a emergencias.

Recomendaciones derivadas del análisis de consecuencias

1. Realizar análisis de consecuencias para la etapa de regulación, sistema compresor y suministro de gas natural a vehículos automotores (Surtidores).
2. Apegarse al programa de mantenimiento.
3. Apegarse al procedimiento de carga de gas natural.
4. Apegarse al procedimiento de inspección de fugas.
5. Realizar inspecciones para determinar la integridad mecánica de los dispositivos de la estación de regulación y medición, el sistema de compresión y surtidores.
6. Tener estricto control sobre la presencia de fuentes de ignición.
7. Capacitación constante al personal sobre manejo de extintores.
8. Capacitación al personal sobre los sistemas de comunicación de riesgos existentes en la estación de carburación.
9. Contar con señalamientos claros indicando la existencia de tubería y/o equipos.
10. Tener actualizados los procedimientos de operación y mantenimiento.
11. Contar con un sistema de señalización en la estación de gas natural, así como informar al conductor de las medidas de seguridad requeridas.
12. Mantener el área de los surtidores libre de obstáculos.
13. Colocar y respetar la ubicación de los extintores, no obstruirlos y mantenerlos siempre visibles.
14. Contar con un programa de inspección y mantenimiento de extintores.
15. Evaluar la efectividad del programa de mantenimiento para garantizar que no exista la posibilidad de fugas de gas natural.

III.1.1 Sistemas de seguridad

En caso de una emergencia en el área donde se encuentre el surtidor o cualquier otra área de la estación, que involucre una desconexión de la válvula, una fuga de gas, incendio o cualquier otro mal funcionamiento o accidente, las siguientes precauciones deben ser tomadas en cuenta.

En el área del surtidor tendrá un interruptor de presión rojo llamado interruptor de parada de emergencia (ESD). La ubicación de esta pieza debe hacerse familiar y accesible a todo el personal. En caso de emergencia despresurizar el botón de emergencia. Una vez despresurizado toda la operación de la estación se cerrará inmediatamente.

Luego de la activación puede ocurrir lo siguiente:

- Todas las fuentes de poder del surtidor y compresor se apagarán
- El compresor se apagará
- La presión de la cascada de almacenamiento será aislada del resto de la estación con las válvulas de cierre de emergencia
- Las válvulas secuenciales o de control de flujo en el surtidor se cerrarán para aislar el gas de la boquilla de llenado
- Toda la operación de la estación cesará hasta que los controles eléctricos de la estación sean reiniciados

En caso de que ocurra una fuga durante el llenado, el surtidor tiene una válvula de cierre de emergencia en la cabina. Cierre manualmente esta válvula hasta que la fuga sea reparada o corregida. Esto terminará el llenado y aislará del suministro de gas vehículo. Después de corregida la fuga, se abre la válvula de cierre de emergencia y comienza el llenado nuevamente.

Metodología para la detección, control y eliminación de fugas

El monitoreo sistematizado de las tuberías en busca de fugas es la mejor herramienta preventiva ya que permite localizar y eliminar las fugas antes de que se hagan peligrosas.

El programa de mantenimiento comprende rutinas de detección, control y eliminación de fugas.

En todos los casos de fuga identificadas en las instalaciones internas del usuario, previa notificación, el operador del sistema suspenderá el servicio hasta que el usuario notifique de la reparación acompañada del dictamen de una unidad de verificación o, en su defecto que ésta sea verificada por nuestro personal técnico.

En las instalaciones de los usuarios pueden ocurrir fugas por diversas causas, siendo responsabilidad del usuario su detección y control.

Como soporte técnico hacia los usuarios, a solicitud de parte, la empresa prestará el servicio de reparación de las fugas el cual debe ser remunerado.

Para las instalaciones nuevas o aquellas que no hayan funcionado durante tres meses, la conexión del servicio se efectuará hasta que el usuario notifique a la empresa la terminación de la instalación en ambos casos acompañada del informe técnico de la construcción y pruebas, en cumplimiento de la NOM-002-SECRE-2010, con el sello de una unidad de verificación o, a falta de ellas, que la instalación sea verificada por personal técnico del operador del sistema.

Así mismo se instrumentará un plan de prevención en las instalaciones de aprovechamiento de los usuarios, a través del cual se lleve a cabo;

- La sensibilización en cuanto a la prevención y control de riesgos hacia los usuarios, y
- Verificaciones anuales por empleados de NATGAS llevando el control de hermeticidad y buen funcionamiento del conjunto regulador y medidor, así como el control de hermeticidad de la instalación, verificando que el medidor no funcione cuando ningún aparato de consumo se encuentre en operación.

a) Equipo, herramientas y materiales necesarios para controlar una contingencia:

- a. Vehículos;
- b. Retroexcavadora;
- c. Carpeta con los planos del sistema;
- d. Equipo de comunicación (uno por persona de cada cuadrilla);
- e. Explosímetro;
- f. Equipo de ionización de gas flama;
- g. Barricadas y equipo de control de tráfico;
- h. Extintor de incendio y equipo de protección personal;
- i. Soldadoras por termofusión, manuales y eléctricas para todos tamaños de tubería;
- j. Planta de luz autónoma;
- k. Herramienta manual diversa, picos, palas, hachas;

- l. Cable de cobre desnudo y pinzas de aterrizaje;
 - m. Sacos de manta o yute;
 - n. Bidones con agua;
 - o. Camisas contra fugas para todos tamaños de tubería;
 - p. Tubería en todos los tamaños, y
 - q. Globos de cierre en todos los tamaños de tubería.
- Se anexa en el disco el documento electrónico del manual de instalación, operación y mantenimiento del equipo compresor.
 - Se anexa en el disco el documento electrónico del manual de instalación, operación y mantenimiento de los surtidores.

III.1.2 Medidas preventivas

Las medidas de seguridad preventivas que se tienen establecidas para evitar accidentes de cualquier índole dentro del sistema de compresión de gas natural son:

a) Plan de control de contingencias

Contingencia es cualquier evento que pueda poner en peligro o que amenace la seguridad y el bienestar del público en general, la seguridad de los empleados y la operación segura de las instalaciones del sistema de descompresión. Esto significa la presencia de cualquier situación que involucre:

- La detección de olor a gas dentro o cerca de una edificación;
- Fuego localizado cerca de, o en las instalaciones del sistema de descompresión;
- Una explosión que haya ocurrido en o cerca de las instalaciones del sistema de compresión;
- Un desastre natural, tal como un terremoto, inundación, tornado o tormenta violenta que pueda afectar las instalaciones del sistema de descompresión, y
- Una rotura de tubería que ponga en peligro o amenace la seguridad del público en general, de los empleados o de cualquiera de sus usuarios.

Las contingencias en la industria del gas natural representan sucesos cuya magnitud exige la toma de decisiones en forma inmediata.

El objetivo del plan de control de contingencias es asegurar que el personal involucrado en una situación de contingencia esté debidamente capacitado para reconocer y tratar la situación en una forma rápida y segura.

La actitud prioritaria ante cualquier contingencia es proteger la seguridad y el bienestar del público en general y sus empleados.

Para cumplir eficientemente el propósito de protección a la vida y la propiedad, el personal operativo de la empresa debe estar familiarizado con y entrenado en:

- El plan de control de contingencias;
- Los procedimientos específicos de control de contingencias;
- Las instalaciones del sistema de descompresión, y

Ningún trabajador podrá intervenir en el control de una contingencia de gas natural si no cumple con las siguientes condiciones:

- Tener la competencia profesional que se requiere, después de una capacitación adecuada;
- Tener conocimientos en materia de control de contingencias en gas natural y un comportamiento que corresponda a las responsabilidades jerárquicas;
- Estar apto en cuanto a sus facultades físicas y actuar por órdenes de su superior, y
- Estar acompañado de otro trabajador u operario al momento de hacer una reparación.

Técnicas para el control de contingencias

Para atender de manera rápida y eficaz todos los reportes de contingencias o cuestiones relativas a la operación y seguridad del sistema de compresión, se pondrá a disposición de los usuarios y del público en general un número telefónico gratuito, el cual será exclusivo para este fin y será atendido las 24 horas del día los 365 días del año.

En una situación de contingencia aplican las siguientes responsabilidades:

Gerente general:

Al recibir la primera notificación de la contingencia el gerente general debe:

- Reunir detalles precisos del incidente;
- Convocar y establecer los enlaces con el personal preparándose para proporcionar mano de obra, equipo y materiales;
- Establecer un centro de comunicaciones tal que la información esencial pueda ser transmitida a los coordinadores y responsables;
- Preparar un relato claro y conciso del incidente para el supuesto que sea necesario hacer una declaración a los medios masivos de comunicación;

- En su caso, distribuir un boletín de prensa a los medios apropiados, y
- Asumir la coordinación de las actividades para el control de contingencias.

Jefe de operación y mantenimiento:

Antes de la contingencia el jefe de operación y mantenimiento debe:

- Mantener actualizada una lista con los números de teléfono del personal, de los cuerpos de bomberos, del sector de PGPB, de los ayuntamientos, Protección Civil y otras autoridades que puedan proporcionar ayuda y que deban ser notificados en una contingencia;
- Mantener actualizados los mapas topográficos del trayecto del sistema de compresión mostrando la ubicación de las válvulas de seccionamiento que deban operarse para el control del flujo del gas, y
- Garantizar que todo el personal operativo esté entrenado y calificado en la aplicación de las políticas, de los métodos de trabajo y de los procedimientos para el control de contingencias.

Durante la contingencia el jefe de operación y mantenimiento debe:

- Enviar al personal entrenado en control de contingencias al sitio donde se haya reportado la contingencia inmediatamente;
- Trasladarse al sitio para hacerse cargo de las operaciones para controlar la contingencia;
- Verificar que, según se requiera, se hayan realizado todas las maniobras para garantizar la seguridad y bienestar del público en general y que el área haya sido evacuada y acordonada;
- Proporcionar al gerente general la siguiente información, tan pronto sea posible:

Después de la contingencia el jefe de operación y mantenimiento, personalmente, dirigirá las maniobras para la reanudación del servicio de una manera eficiente y seguirá tomando las medidas necesarias para proteger al usuario y su propiedad.

- Eliminar las fuentes de peligro actual o potencial. Cuando sea posible, hacer las reparaciones necesarias. Durante las mismas, otros integrantes del equipo de control de contingencias continuarán verificando el área para determinar la existencia de otras fugas. Nunca intentar hacer una reparación estando solo.

En caso de fuego en el sistema o cerca del sistema se ejecutarán las acciones descritas en los puntos anteriores y además se deberá:

- Acordonar o de cualquier otra manera bloquear el acceso al área. Sólo se permitirá el acceso al personal cuya ayuda se pudiera requerir, a los cuerpos de seguridad y a las autoridades municipales, y
- Proporcionar asistencia o buscar asistencia médica para los lesionados.

En relación con los fenómenos naturales o climáticos, se deberá tener en cuenta:

- En cada cambio de estación, el jefe de operación y mantenimiento debe establecer comunicación con el Sistema Meteorológico Nacional, la Comisión Nacional del Agua y las estaciones de radio y televisión para mantenerse informado de los pronósticos del clima, y
- Si se presenta un fenómeno natural y ocasiona una contingencia en el área, el personal que descubra la contingencia deberá implementar los procedimientos de control de contingencia necesarios.

El personal seguirá los procedimientos de respuesta para la contingencia específica que se haya suscitado (fuego, contingencia médica, fuga, etc.).

b) Medidas de seguridad para controlar la circulación de vehículos

Este procedimiento se aplicará únicamente cuando se suscite alguna contingencia en instalaciones o secciones del sistema en áreas donde exista circulación de vehículos, para evitar una posible fuente de ignición del gas natural, pudiéndola efectuar el operador y el jefe de operación y mantenimiento los cuales son responsables de controlar la contingencia y de buscar la ayuda de las autoridades competentes.

Los trabajos para control de la circulación de vehículos se efectuarán utilizando cintas de advertencia, señalamientos, mecheros, barricadas, etc., desviando la circulación de ser posible para alguna vía alterna.

Determinando la distancia mínima para detener a los vehículos en primera instancia por las advertencias de personas que detectaron el olor a gas seguido por la utilización de equipo especializado para detectar los límites mínimos de expresividad operado por personal capacitado.

No se permitirá el paso de vehículos automotores, una vez delimitada el área de peligro aún y cuando sean equipos de autoridades competentes, bomberos y personal de la empresa.

En el caso de que algún vehículo quede dentro del área de peligro no se permitirá encender el motor para retirarlo del lugar.

Una vez controlada la fuga o emanación de gas el jefe de operación y mantenimiento autorizará el acceso de equipo o maquinaria para proceder a la reparación de la instalación que causó la contingencia, no retirando las barricadas preventivas.

El control de vehículos estará a cargo de las autoridades competentes en coordinación con el jefe de operación y mantenimiento quien determinará en su momento la reanudación de la circulación de las vías bloqueadas.

El jefe de operación o personal descendente se hará cargo de la limpieza general del área afectada, dando tratamiento adecuado a los materiales y/o residuos para su desecho.

Mantenimiento

Diariamente:

- Revisar las condiciones de operación del compresor
- Revisar los valores mostrados en los transmisores e indicadores de presión y temperatura
- Verificar el nivel de aceite
- Revisar el dren de condensado de tuberías
- Verificar cualquier ruido o vibración anormal

Semanalmente:

- Verificar la tensión de las bandas en caso de aplicar
- Verificar los coples mecánicos y flechas de transmisión en caso de aplicar
- Limpiar materia extraña en la cabeza de los cilindros, el motor, ventilador, líneas de gas.
- Nivel de condensados en filtro

Mensualmente:

- Revisión de fugas en todas las uniones del compresor

Trimestral

- Revisar que no haya tornillos y tuercas flojos
- Cambio de aceite, en caso de aplicar
- Inspeccionar los ensambles de válvulas
- Calibración de transmisores de presión y temperatura

Anualmente

- Revisión de pistones
- Calibración de dispositivos de control de exceso de presión
- Mantenimiento de filtros

IV. RESUMEN

IV. RESUMEN

IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

1. Considerar los radios de afectación obtenidos en las simulaciones para determinar las rutas de evacuación y rutas alternas en caso de presentarse algún evento de incendio o explosión que genere daños en las instalaciones de la estación de compresión y fuera de ella.
2. Asegurar que el personal que opera la estación de compresión de gas natural esté debidamente capacitado en el uso de equipo contra incendio.
3. Contar con un sistema de comunicación de peligros que incluya las brigadas de emergencias de la empresa ubicada al norte del predio y la de la estación de carburación.
4. Tener estricto control del mantenimiento y vigilancia del estado físico del equipo compresor y de los dispensarios.
5. Llevar registros documentales del estado en el que se encuentran las tuberías, equipos, tanques, instrumentación del sistema de compresión y dispensarios.
6. Asegurar que la estación de compresión sea instalada y operada de acuerdo a la normatividad vigente aplicable a las instalaciones de manejo de gas natural.
7. Capacitar periódicamente al personal involucrado en los riesgos del manejo de materiales inflamables.
8. Evaluar la efectividad del plan de respuesta interno y externo.
9. Coordinación y cooperación con las autoridades municipales, bomberos y policía, intercambios de experiencia y capacitación mutua.
10. Contar con el visto bueno de protección civil.
11. El proyecto se considera ambientalmente viable.

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

Los escenarios determinados para el análisis de consecuencias son los que resultaron de la jerarquización de riesgos aplicando la metodología **Análisis HAZOP** para la simulación de los eventos y la determinación de los radios de afectación se utilizó el **programa ALOHA® 5.4.7.0**, desarrollado en conjunto por la **NOAA** y **EPA**, para la simulación de escenarios de riesgo en un estudio de riesgo ambiental.

Tabla IV.1 Metodologías de análisis y evaluación de riesgos aplicadas al proyecto

Tipo		Nombre
Metodología Cualitativa de Análisis de Riesgo		Análisis de Peligros y Operatividad – Hazop
Tipo		Nombre
Metodología cuantitativa de Análisis de Riesgo	Análisis de consecuencia	Simulación de consecuencias con software especializado ALOHA 5.5.7.0

Para la definición de los escenarios se siguió un enfoque sistemático basado en los criterios sugeridos por el **American Institute of Chemical Engineers (AICHE)**. De acuerdo con estos criterios las fugas de materiales deben considerar tamaños grandes, medianos, pequeños de los orificios para así cubrir en los resultados todas las posibilidades de radios de afectación. Dadas las dimensiones de la tubería empleada en el sistema de distribución, en estas simulaciones los diámetros de fuga se definieron como **fuga transversal**, es decir ruptura total de la tubería para fuga grande, **100 mm para fuga mediana** y **25 mm para fuga pequeña**.

- **Análisis HAZOP:**

Un Estudio de Peligro y Operabilidad, HAZOP, por sus siglas en inglés Hazard and Operability Study, es una metodología estructurada de manera simple para identificar peligros mediante el empleo de razonamiento lógico a partir del diseño original de un sistema determinado. La metodología consiste en suponer que el diseño original es el adecuado para el funcionamiento del sistema, además de seguro y operable, de esta manera se estudian las desviaciones de los parámetros clave con respecto al diseño original, ayudándose con palabras guía para controlar la evaluación.

El análisis se realizó en la Estación de servicio Hipódromo, previo al inicio de la revisión se impartió, como se acostumbra en este tipo de estudios, un curso de la metodología a fin de que todos los miembros del equipo se familiaricen con la secuencia del análisis y se homologuen los criterios.

Una vez que se conoce la metodología del análisis HAZOP, se llevan a cabo las sesiones de trabajo para cada nodo identificado y se indican los parámetros de operación relevantes, se resume el modo normal de operación, así como las características de peligrosidad de las sustancias manejadas en el nodo. Los nodos en que se dividió el sistema fueron los siguientes:

Nodo 1. Etapa de medición

Nodo 2. Etapa de regulación

Nodo 3. Sistema compresor

Nodo 4. Sistema de almacenamiento (cascada pulmón)

Nodo 5. Suministro de gas natural a surtidores

- **Condiciones de simulación**

En el presente proyecto se consideran las siguientes condiciones para efectuar la ***simulación de los riesgos identificados***

- a) Las propiedades físicas y químicas del gas combustible que se transporta, permanecen constantes con respecto al tiempo.
- b) Se consideró una temperatura promedio ambiente de **24 °C**³¹ (temperatura promedio durante el año en la región), y una humedad relativa de **73.5%**.³²
- c) Para esta zona geográfica, la velocidad del viento se consideró de **8 km/h equivalente a 2.22 m/s**.³³
- d) Bajo condiciones atmosféricas sin gran perturbación, y considerando la combinación de velocidad del viento y radiación solar y/o nubosidad, la estabilidad atmosférica es de tipo "**F**", moderadamente estable.
- e) El tiempo durante el cual el fluido se fuga está en función del tiempo de la detección y control del evento. Este caso se considera un tiempo máximo de **15 minutos**, ya que siempre estará presente personal en la Estación de Servicio.

³¹ **Fuente:** <https://es.windfinder.com/windstatistics/>

³² **Fuente:** https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/240054/Anexo_1_Meteorologico.pdf

³³ **Fuente:** <https://es.windfinder.com/windstatistics/>

Cabe mencionar que, para la generación de una nube tóxica, incendio o explosión, se deberá haber presentado una fuga previamente.

Para fines de este estudio la determinación de los radios potenciales de afectación se llevará a cabo para los eventos ocasionados por fugas de gas natural, representando los respectivos radios en diagramas de pétalos (Ver apartado II.3).

Como **Anexo** se presentan las hojas de trabajo del análisis HAZOP en donde se reportan todos los tipos de riesgo encontrados para cada una de las desviaciones que se analizaron.

Como resultado de la aplicación de la metodología HAZOP, previamente expuesta, se determinaron situaciones de riesgo tipo B, C y D en el sistema de compresión de gas natural, cabe mencionar que no se identificaron situaciones de riesgo tipo A.

Es importante mencionar que para las situaciones de riesgo “Tipo C – Riesgo aceptable con controles” y “Tipo D – Riesgo razonablemente aceptable” se emiten todas las recomendaciones necesarias, con el objetivo de evitar que se presenten, sin embargo, el enfoque principal es en las situaciones de riesgo “Tipo B – Riesgo indeseable” con el objetivo principal de reducir y/o disminuir su gravedad.

Por lo tanto, se proponen los siguientes escenarios de fuga de gas natural en diferentes puntos del sistema de compresión de gas natural:

Tabla IV.2 Escenarios de fuga de gas natural

Escenario	Fuga	Equipo
Escenario 1	Fuga de gas natural en Estación de regulación y medición	Tubería
Escenario 2	Fuga de gas natural en Compresor	Tubería
Escenario 3	Fuga de gas natural en Sistema de Almacenamiento	Tubería y cilindros
Escenario 4	Fuga de gas natural en Dispensario	Manguera

En la siguiente tabla se muestra la descripción de los eventos probables, en base a los cuáles se realizó el análisis de consecuencias:

Tabla IV.3 Descripción de los eventos probable

No.	Escenario	Consideraciones
Gas natural		
1	Fuga de gas natural en Estación de regulación y medición	Fuga en tubería; 4. Diámetro de la tubería: 8’’ ³⁴ Ø (HDPE ³⁵) 5. Presión operación: 7 bar (107.52 psi) 6. Fugas a simular ³⁶ : Fuga trasversal (Ruptura Ø total de la tubería), 100 mm Ø y 25 mm Ø
2	Fuga de gas natural en Compresor	Fuga en tubería; 4. Diámetro de tubería: 1’’ Ø (Tubing SS316 ³⁷) 5. Presión: 250 bar (3,626 psi) 6. Fugas a simular: Fuga trasversal (Ruptura Ø total de la tubería), 100 mm Ø y 25 mm Ø
3	Fuga de gas natural en Sistema de Almacenamiento	Fuga en tubería; 4. Diámetro de tubería: 1’’ Ø (Acero Inoxidable SS316 ³⁸) 5. Presión: 250 bar (3,626 psi) 6. Fugas a simular: Fuga trasversal (Ruptura Ø total de la tubería), 100 mm Ø y 25 mm Ø
		Fuga en un cilindro; 4. Dimensiones del recipiente (Acero al Cromo Molibdeno) 1 cilindro ³⁹ Volumen: 2,370 Litros 5. Presión: 250 bar (3,626 psi) 6. Fugas a simular: Fuga trasversal (Ruptura Ø total del cilindro), 100 mm Ø y 25 mm Ø
		Fuga en total de cilindros;

³⁴ La longitud de la tubería en la EMR es de 16 m, sin embargo, para la simulación con el Aloha se hizo con 21 m, esto debido a las condiciones preestablecidas por el software

³⁵ Polietileno de alta densidad

³⁶ Importante aclarar que pueden o no aplicar; si el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular, no aplica, por este motivo no es posible realizar la simulación.

³⁷ Acero inoxidable

³⁸ Acero inoxidable

³⁹ Las dimensiones del cilindro son; Longitud: 12.110 metros, Volumen: 2,370 litros (Ver Ficha técnica del sistema de almacenamiento como Anexo), sin embargo, el programa ALOHA para un recipiente de Volumen: 2,370 litros y con una longitud de 12.110 metros, realiza su propio cálculo de diámetro: 0.5 metros; es así como se realiza la simulación.

No.	Escenario	Consideraciones
		5. Dimensiones del sistema de almacenamiento (Acero al Cromo Molibdeno) 6 cilindros⁴⁰ (2 módulos 1x3) Volumen: 14,220 Litros 6. Presión: 250 bar (3,626 psi) 7. Fugas a simular: Fuga trasversal (Ruptura Ø total del sistema de almacenamiento total cilindros), 100 mm Ø y 25 mm Ø
4	Fuga de gas natural en Dispensario	3. Diámetro de manguera: 3/4" Ø 4. Presión: 200 bar (2928 psi) 8. Fugas a simular⁴¹: Fuga trasversal (Ruptura Ø total de la tubería), 100 mm Ø y 25 mm Ø

Como resultado de la aplicación de la metodología HAZOP, previamente expuesta, se determinaron situaciones de riesgo tipo B, C y D en el sistema de compresión de gas natural, cabe mencionar que no se identificaron situaciones de riesgo tipo A.

Es importante mencionar que para las situaciones de riesgo “Tipo C – Riesgo aceptable con controles” y “Tipo D – Riesgo razonablemente aceptable” se emiten todas las recomendaciones necesarias, con el objetivo de evitar que se presenten, sin embargo, el enfoque principal es en las situaciones de riesgo “Tipo B – Riesgo indeseable” con el objetivo principal de reducir y/o disminuir su gravedad.

Ver **Tabla 1. Situaciones de riesgo “Tipo B – Riesgo indeseable”** resultantes del análisis HAZOP en el ejercicio HAZOP presentado como **Anexo**.

De acuerdo con la metodología que se propuso (HAZOP) para la identificación de los puntos de riesgo de las instalaciones y de la evaluación del riesgo (programa ALOHA® 5.4.7.0), el orden en que se pueden presentar los eventos de riesgo puede ser de forma aislada o secuencial.

⁴⁰ Las dimensiones totales del sistema en cálculos aproximados para efectos de simulación son; Longitud total: 24.220 metros (Correspondientes a la longitud de 12.110 por los 2 módulos 1x3), Volumen: 14,220 litros (Ver Ficha técnica del sistema de almacenamiento como Anexo), sin embargo, el programa ALOHA para una longitud de 24.220 metros y Volumen: 14,220L realiza su propio cálculo del diámetro: 0.86 metros; es así como se realiza la simulación.

Importante aclarar que pueden o no aplicar; si el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular, no aplica, por este motivo no es posible realizar la simulación.

⁴¹ Importante aclarar que pueden o no aplicar; si el diámetro de la tubería es menor al tamaño de la perforación a simular, no aplica, por este motivo no es posible realizar la simulación.

Como resultado de la revisión documental de los combustibles, se identifican de manera preliminar y no jerarquizada los riesgos siguientes:

- **Incendio por fuga de gas natural**
- **Explosión por fuga de gas natural**
- **Nube toxica por fuga de gas natural⁴²**

Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento

Se presentan los diagramas de pétalos que comprenden las zonas de alto riesgo y amortiguamiento, para cada uno de los escenarios establecidos.

Como **Anexo** se presentan las memorias correspondientes a los radios de afectación de cada uno de los escenarios:

- Memorias ALOHA® 5.4.7.0 de cada uno de los escenarios
- Archivo .kmz de cada uno de los radios obtenidos para cada escenario establecido⁴³

Una vez identificados los eventos probables, se realizó el análisis de consecuencias para poder describir los escenarios de ocurrencia de cada uno de los eventos probables de riesgo.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, se utilizaron los criterios que se indican en la Tabla II.2, normados por la SEMARNAT:

Tabla IV.4 Criterios utilizados para definir y justificar las zonas de seguridad

Zonas	Toxicidad (Concentración)	Inflamabilidad (Radiación térmica)	Explosividad (Sobrepresión)
Zona de alto Riesgo por Daños a Equipos ⁴⁴	NA	Rango de 12.5 KW/m ² a 35.5 KW/m ²	Rango ⁴⁵ de 3 lb/in ² a 10 lb/in²
Zona de Alto Riesgo ⁴⁶	IDLH 5000 ppm	5 KW/m² o 1 500 BTU/Pie ² h	1,0 lb/in²

⁴² El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira. En altas concentraciones pueden producir asfixia.

⁴³ En caso de generarse; debido al diámetro de la fuga a simular vs el diámetro de la tubería

⁴⁴ Para efectos de los diagramas esta zona será identificada como “Zona color naranja”

⁴⁵ Libra por pulgada cuadrada lb/in² abreviada como psi

⁴⁶ Para efectos de los diagramas esta zona será identificada como “Zona color roja”

Zonas	Toxicidad (Concentración)	Inflamabilidad (Radiación térmica)	Explosividad (Sobrepresión)
Zona de Amortiguamiento ⁴⁷	TLV 1000 ppm	1,4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0,5 lb/in ²

NOTAS:

- En las modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse estabilidad clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.
- Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento el 10% de la energía liberada.

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada evento, así como las gráficas indicando las variaciones de radiación térmica y sobrepresión vs distancia para la fuga simulada.

Escenario 1. Fuga de gas natural en la estación de regulación y medición

Tabla IV.5 Escenario 1. Fuga de gas natural en el patín de regulación con la posible formación de un incendio

Tamaño de fuga	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radios de afectación por incendio (m)			Radios de afectación por explosión (m)			Radios de afectación por toxicidad (m)	
				35.5 KW/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
Fuga transversal	64,415	1,990	18	10	39	73	No se generó	No se generó	74	927	2,600
100 mm	11,120	481	8	10	18	33	No se generó	No se generó	62	338	849
25 mm	298	30.1	2	Menor a 10	Menor a 10	Menor a 10	No se generó	No se generó	17	50	116

⁴⁷ Para efectos de los diagramas esta zona será identificada como “Zona color amarillo”

Escenario 2. Fuga de gas natural en compresores

Tabla IV.6 Escenario 2. Fuga de gas natural en compresores

Tamaño de fuga	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radios de afectación por incendio (m)			Radios de afectación por explosión (m)			Radios de afectación por toxicidad (m)	
				35.5 KW/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
Fuga transversal	26,785	1,270	3	Menor a 10	23	43	No se generó	No se generó	37	242	734

Escenario 3. Fuga de gas natural en el sistema de almacenamiento (cascada pulmón)

Tabla IV.7 Escenario 3. Fuga de gas natural en el sistema de almacenamiento

Tamaño de fuga	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radios de afectación por incendio (m)			Radios de afectación por explosión (m)			Radios de afectación por toxicidad (m)	
				35.5 KW/m²	5 Kw/m²	1.4 Kw/m²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
Tubería											
Fuga transversal	20,998	1,270	3	Menor a 10	21	38	No se generó	No se generó	34	216	651
Fuga en un cilindro: 2370											
Fuga transversal	303	13,620	16	10	35	66	No se generó	No se generó	66	307	561
100 mm	303	10,740	15	10	35	65	No se generó	No se generó	66	307	561
25 mm	303	670	9	10	24	45	No se generó	No se generó	65	297	552
Fuga en el total de cilindros; 14220L											
Fuga transversal	1,816	117,600	39	19	83	157	No se generó	No se generó	77	601	1,100
100 mm	1,816	10,700	31	19	73	137	No se generó	No se generó	77	601	1,100
25 mm	1,816	670	11	10	28	52	No se generó	No se generó	70	470	964

Escenario 4. Fuga de gas natural en los surtidores

Tabla IV.8 Escenario 3. Fuga de gas natural en surtidores

Tamaño de fuga	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radios de afectación por incendio (m)			Radios de afectación por explosión (m)			Radios de afectación por toxicidad (m)	
				35.5 KW/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
Fuga transversal	14,370	577	2	Menor a 10	17	32	No se generó	No se generó	29	191	567

Jerarquización de riesgos:

La siguiente tabla muestra la jerarquización de los riesgos detectados, con base en los radios de afectación de radiación térmica (incendio), evento con mayor grado de riesgo, especificando a su vez los radios obtenidos para sobrepresión y toxicidad, ordenados de mayor a menor nivel de Riesgo;

Tabla IV.9 Jerarquización de riesgos

No.	Escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Tipo de caso ⁴⁸	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radio de afectación por incendio (m)			Radio de afectación por explosión (m)			Radio de afectación por toxicidad (m)	
							35.5 Kw/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
1	3	Fuga transversal (En total del Sistema)	PC	1,816	117,600	39	19	83	157	No se generó	No se generó	77	601	1,100
2	3	Fuga 100 mm (En total del sistema)	CA	1,816	10,700	31	19	73	137	No se generó	No se generó	77	601	1,100
3	1	Fuga transversal	CA	64,415	1,990	18	10	39	73	No se generó	No se generó	74	927	2,600
4	3	Fuga transversal (En cilindro)	CA	303	13,620	16	10	35	66	No se generó	No se generó	66	307	561
5	3	Fuga 100 mm (En Cilindro)	CA	303	10,740	15	10	35	65	No se generó	No se generó	66	307	561
6	3	Fuga 25 mm (En total del sistema)	CA	1,816	670	11	10	28	52	No se generó	No se generó	70	470	964
7	3	Fuga 25 mm (En Cilindro)	CA	303	670	9	10	24	45	No se generó	No se generó	65	297	552
8	2	Fuga transversal	CA	26,785	1,270	3	Menor a 10	23	43	No se generó	No se generó	37	242	734
9	3	Fuga transversal (Tubería)	CA	20,998	1,270	3	Menor a 10	21	38	No se generó	No se generó	34	216	651

⁴⁸ **Tipo de caso:** CMP: Caso más Probable; PC: Peor caso (Catastrófico), considerar sólo Ruptura total de tubería o recipiente, CA: Caso Alternativo, cualquier otro que sea de interés particular para la evaluación de consecuencias. (Fuente: Guía para la elaboración del análisis de Riesgo para el sector hidrocarburos)

No.	Escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Tipo de caso ⁴⁸	Masa quemada (Kg)	Velocidad de combustión (kg/min)	Long. Máx. de la flama (m)	Radio de afectación por incendio (m)			Radio de afectación por explosión (m)			Radio de afectación por toxicidad (m)	
							35.5 Kw/m ²	5 Kw/m ²	1.4 Kw/m ²	10 psi	1 psi	0.5 psi	5000 ppm	1000 ppm
10	1	Fuga 100 mm	CMP	11,120	481	8	10	18	33	No se generó	No se generó	62	338	849
11	4	Fuga transversal	CA	14,370	577	2	Menor a 10	17	32	No se generó	No se generó	29	191	567
12	1	Fuga 25 mm	CA	298	30.1	2	Menor a 10	Menor a 10	Menor a 10	No se generó	No se generó	17	50	116

INTERACCIONES DE RIESGO

De acuerdo con los resultados mostrados en las tablas anteriores, en donde se indican los radios de alto riesgo y amortiguamiento para cada uno de los escenarios analizados en el Sistema de Gas Natural Comprimido, se puede observar que el escenario que presenta los radios de alto riesgo y amortiguamiento mayores es el escenario **No. 3**; relativo a la **cascada pulmón** en donde se maneja una presión de **3,626 psi (250 bar)**, específicamente en la simulación correspondiente a la fuga transversal de todo el sistema; 14,220 L, este se cataloga como el **“PC: Peor Caso” o como “Catastrófico”**; al obtenerse radios de 157 metros para la zona de alto riesgo y 83 metros para la zona de amortiguamiento; para radiación, en cuanto a la consecuencia de explosión no se alcanza a generar para el nivel de 1 psi (alto riesgo) dado que no se alcanza el límite inferior de explosividad del gas natural para esta sobrepresión, sin embargo, se prevé un radio de amortiguamiento de 77 m para una sobrepresión de 0.5 psi (Amortiguamiento) y para una nube tóxica de 601 metros y 1100 metros respectivamente.

Es importante mencionar que el escenario No. 3 correspondiente a la cascada pulmón, es el escenario con los radios mayores, ya que se realizan simulaciones de fuga en tubería, en un cilindro (2,370L) y en el total del sistema (14,220L), sin embargo, el **“PC: Peor Caso” o como “Catastrófico”** es el anteriormente mencionado, los demás eventos se catalogan como **“CA: Caso Alterno”**.

Es importante identificar las fuentes de ignición que pudiera encontrar en ese radio, así como evitar que la temperatura se eleve o que la fuga sea de larga duración a fin de evitar que se genere un daño mayor.

Como **“CMP: Caso más probable”** por su importancia y por la frecuencia de los clientes, se cataloga así al escenario **No. 4**, referente a una fuga de gas natural en los surtidores, aquí se simuló una fuga de gas natural en la manguera de 1 pulgada de diámetro, manejando una presión de operación de **2928 psi (200 bar)**. Las consecuencias obtenidas fue un radio de alto riesgo de 17 metros y una zona de amortiguamiento de 32 metros para una radiación térmica de 5 y 1.4 Kw/m², respectivamente, asimismo se generó una explosión con un radio de amortiguamiento de 29 m para una sobrepresión de 0.5 psi, no alcanzando a generarse nivel de riesgo de 1 psi (alto riesgo) y para una nube tóxica de 191 metros y 567 metros respectivamente.

Los escenarios No.1 correspondiente a fuga de gas natural en la EMR y el No.2 correspondiente a fuga de gas natural en los compresores se catalogan como **“CA: Casos Alternos”** ya que no se descarta su presencia durante la vida útil de la Estación de Servicio, es por eso que para todos los escenarios establecidos se indican las siguientes recomendaciones;

Tabla IV.10 Recomendaciones derivadas del análisis HAZOP

Número	Recomendaciones derivadas del análisis HAZOP
1	Apegarse a los Procedimientos de operación y mantenimiento
2	Apegarse al programa anual de capacitación al personal
3	Apegarse al programa anual de simulacros
4	Apegarse al programa de mantenimiento del equipo contra incendios (inventario; incluye el botiquín)
5	Apegarse al programa de prevención de accidentes
6	Contar con listas de verificación.
7	Contar con un Programa de retorno seguro a operaciones
8	Contrato de suministro de gas natural siempre vigente.
9	Creación del Centro Operativo de Emergencias
10	Instalación de señalética informativa, preventiva y restrictiva.
11	Mantener la identificación de válvulas, equipos e instrumentos en sitio.
12	Realizar una posible alianza a algún CLAM.

IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO

Sustancias involucradas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)*	No. CAS**	Densidad (g/cm ³)	Flujo (Capacidad Instalada) (m ³ /h)	Longitud de la tubería (m)	Diámetro de la tubería (Pulgadas)	Presión de operación (bar)	Espesor (cm)	Descripción de la trayectoria
Metano	74-82-8	0.61	8,508 m³/h máxima de compresión 100%	21 EMR 5.5 Compresor 10 sistema de almacenamiento 5.5 Surtidor	8” EMR 1” Compresor 1” Sistema de almacenamiento 3/4” Surtidor	7 bar (107.52 psi) EMR 250 bar (3,626 psi) Compresor 250 bar (3,626 psi) Sistema de almacenamiento 200 bar (2928 psi) Surtidor	2.423 cm	El gas natural se suministrará a partir de la red de gas que corre sobre la avenida principal por medio de una interconexión que se solicitará al distribuidor, además el distribuidor instalará una estación de medición de gas natural para el suministro a la estación de carburación. La red de aprovechamiento se instalará bajo los lineamientos establecidos en la NOM-010-ASEA-2016, al final de la línea se colocará el equipo de compresión que contará con 6 surtidores para llenar el tanque de combustible de las unidades vehiculares que así lo requieran.

*De acuerdo con los lineamientos descritos por la unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, *International Union Pure Applied Chemistry*).

** De acuerdo con el *Chemical Abstract Service (CAS)*

Antecedentes de Accidentes e Incidentes*

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
2019	Querétaro, México	Patio de maniobras ubicado en Epigmenio González, Col. Industrial La Montaña, Esq. San Roque, Santiago de Querétaro, Querétaro (Georreferencia: 20°36'19.63"N; 100°24'34.42"O).	Gas Natural	Fuga de gas natural mientras se realizaba la carga de combustible a una unidad vehicular	INCIDENTE	El suceso no afectó al personal involucrado en la prestación de los servicios, a los usuarios, o en general a terceros, dando lugar únicamente a daños materiales en el Equipo y la unidad vehicular.	El personal a cargo llevó a cabo el paro de emergencia
							El Equipo produjo una ignición con el gas natural que era liberado como parte de la normal dispersión de producto que realiza el mismo ante un paro de emergencia.
							En acompañamiento de las autoridades locales, se siguieron los protocolos correspondientes para asegurar la zona y erradicar la contingencia, misma que fue resuelta por completo en un lapso menor a una hora.

* No se tienen antecedentes de incidentes o accidentes registrados en alguna de las instalaciones de las estaciones de carburación de la empresa NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I DE C.V.

Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.

No. De falla	No. De evento	Falla	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o Equipo		
1	1	Fuga transversal de gas natural en Estación de medición y regulación	X		X	X	Estación de medición y regulación	HAZOP	Atmósfera
1	2	Fuga 100mm de gas natural en Estación de medición y regulación	X		X	X	Estación de medición y regulación	HAZOP	Atmósfera

No. De falla	No. De evento	Falla	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o Equipo		
1	3	Fuga 25mm de gas natural en Estación de medición y regulación	X		X	X	Estación de medición y regulación	HAZOP	Atmósfera
2	1	Fuga Transversal de gas natural en compresor	X		X	X	Compresor	HAZOP	Atmósfera
3	1	Fuga Transversal en el Sistema del almacenamiento (Tubería)	X		X	X	Sistema de Almacenamiento	HAZOP	Atmósfera
3	2	Fuga Transversal en el Sistema del almacenamiento (Cilindro)	X		X	X	Sistema de Almacenamiento	HAZOP	Atmósfera
3	3	Fuga 100 mm en el Sistema del almacenamiento (Cilindro)	X		X	X	Sistema de Almacenamiento	HAZOP	Atmósfera
3	4	Fuga 25 mm en el Sistema del almacenamiento (Cilindro)	X		X	X	Sistema de Almacenamiento	HAZOP	Atmósfera
3	5	Fuga Transversal en el Sistema del almacenamiento (Sistema Total)	X		X	X	Sistema de Almacenamiento	HAZOP	Atmósfera
3	6	Fuga 100 mm en el Sistema del almacenamiento (Sistema Total)	X		X	X	Sistema de Almacenamiento	HAZOP	Atmósfera
3	7	Fuga 25 mm en el Sistema del almacenamiento (Sistema Total)	X		X	X	Sistema de Almacenamiento	HAZOP	Atmósfera
4	1	Fuga Transversal de gas natural en surtidor	X		X	X	Surtidor	HAZOP	Atmósfera

Estimación de consecuencias

No. De Falla	No. De evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico	Efectos potenciales					Programa de simulación empleado	Zona de alto riesgo	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		X 10 ⁻⁵	X10 ⁻⁶
												Distancia (m)	Distancia (m)	
1	1		X	64,415	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	39	73
1	2		X	11,120	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	18	33
1	3		X	298	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	Menor a 10	Menor a 10
2	1		X	26,785	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	23	43
3	1		X	20,998	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	21	38
3	2		X	303	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	35	66
3	3		X	303	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	35	65
3	4		X	303	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	24	45
3	5		X	1,816	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	83	157
3	6		X	1,816	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	73	137
3	7		X	1,816	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	28	52
4	1		X	14,370	Kg	Gas			X			ALOHA® 5.4.7.0	17	32

Criterios utilizados

No de falla	No de evento	Toxicidad				Explosividad			Radiación térmica			Toxicidad	
		IDHL*	TLV ₈ **	Velocidad del viento (m/seg)	Estabilidad atmosférica								
1	1	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
1	2	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
1	3	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
2	1	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
3	1	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
3	2	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
3	3	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
3	4	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
3	5	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
3	6	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
3	7	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm
4	1	X	X	2.2	F	1.0 lb/plg ²	0.5 lb/plg ²	10 lb/plg ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	35.5 kW/m ²	5000 ppm	1000 ppm

*IDLH: Inminente para la vida y la salud

**TLV₈: Valor Umbral Límite

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

V.1 ANEXOS

ANEXO	CONTENIDO	
ANEXO 1	DOCUMENTOS LEGALES PROMOVENTE	PREDIO ESCRITURA HIP FACTIBILIDAD DE USO DE SUELOS
		PROMOVENTE ACTA CERTIFICADA NATGAS COMPROBANTE DE IDENTIDAD CONSTANCIA INSCRIPCIÓN RFC
ANEXO 2	DOCUMENTOS LEGALES CONSULTOR	CEDULA DEL CONSULTOR
		RFC SAT DEL CONSULTOR
		COMPROBANTE DE IDENTIDAD
ANEXO 3	UBICACIÓN	COORDENADAS
		KMZ EQUIPOS HIPODROMO POLIGONO HIPODROMO RECINTO HIPÓDROMO
ANEXO 4	PLANOS	Arquitectónicos PLANTA GENERAL OFICINAS, CORTES Y FACHADAS ERM_REVE_HIP CUARTO ELÉCTRICO, CORTES Y FACHADAS CORTES Y FACHADAS GENERALES PLANTA GENERAL SEÑALIZACIÓN PLANTA GENERAL SISTEMA CONTRA INCENDIO
		Eléctricos ALIMENTACIÓN A TABLEROS FUERZA COMPRESORES FUERZA SURTIDORES SISTEMA DE TIERRAS

ANEXO	CONTENIDO	
		ÁREAS CLASIFICADAS
		Hidrosanitarios AGUA FRIA AGUA SANITARIA AGUA PLUVIAL Y JABONOSA
		Mecánicos DTI BAJA PRESIÓN ALTA PRESIÓN
		RECINTO DE COMPRESIÓN RECINTO CERRADO-LAYOUT1 RECINTO CERRADO-LAYOUT2 RECINTO DE COMPRESIÓN GRAL SOLID RECINTO DE COMPRESIÓN GRAL SOLID RECINTO DE COMPRESIÓN
ANEXO 5	HOJAS DE SEGURIDAD	HOJA DE SEGURIDAD DE GAS NATURAL.
		HOJA DE SEGURIDAD MERCAPTANO.
ANEXO 6	FICHAS TÉCNICAS EQUIPO	CUSTOMER MANUAL WC1053287
		DISPENSADORES UHF
		SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO - MODULOS ESTACIONARIO
ANEXO 7	CRONOGRAMA	
ANEXO 8	ANEXO FOTOGRÁFICO	
ANEXO 9	HAZOP	DTI
		ANÁLISIS HAZOP –
ANEXO 10	SIMULACIONES	MEMORIAS TÉCNICAS EXPLOSIÓN 1.1 EMR EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 1.1 EMR EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL – RADIOS 1.2 EMR EXPLOSIÓN FUGA 100MM 1.2 EMR EXPLOSIÓN FUGA 100MM - RADIOS 1.3 EMR EXPLOSIÓN - FUGA 25MM

ANEXO	CONTENIDO
	1.3 EMR EXPLOSIÓN FUGA 25MM - RADIOS 2.1 COMPRESOR EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL - RADIOS 3.1 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA 3.1 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA - RADIOS 3.2 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.2 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL CILINDRO - RADIOS 3.3 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA 100 MM CILINDRO 3.3 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA 100 MM CILINDRO - RADIOS 3.4 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA 25 MM CILINDRO 3.4 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA 25 MM CILINDRO - RADIOS 3.5 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.5 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL - RADIOS 3.6 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL - RADIOS 3.7 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL - RADIOS 4.1 CASCADA EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL

ANEXO	CONTENIDO
	4.1 SURTIDOR EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL - RADIOS INCENDIO 1.1 EMR INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 1.1 ERM INCENDIO FUGA TRANSVERSAL - RADIOS 1.2 EMR INCENDIO - FUGA 100MM 1.2 ERM INCENDIO FUGA 100MM - RADIOS 1.3 EMR INCENDIO - FUGA 25MM 1.3 ERM INCENDIO FUGA 25MM - RADIOS 2.1 COMPRESOR INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR INCENDIO FUGA TRANSVERSAL - RADIOS 3.1 CASCADA INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL TUBERIA 3.1 CASCADA INCENDIO FUGA TRANSVERSAL TUBERIA - RADIOS 3.2 CASCADA INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.2 CASCADA INCENDIO FUGA TRANSVERSAL CILINDRO - RADIOS 3.3 CASCADA INCENDIO - FUGA 100MM CILINDRO 3.3 CASCADA INCENDIO FUGA 100 MM CILINDRO - RADIOS 3.4 CASCADA INCENDIO - FUGA 25MM CILINDRO 3.4 CASCADA INCENDIO FUGA 25 MM CILINDRO - RADIOS 3.5 CASCADA INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.5 CASCADA INCENDIO FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL - RADIOS 3.6 CASCADA INCENDIO - FUGA 100MM SISTEMA TOTAL

ANEXO	CONTENIDO
	3.6 CASCADA INCENDIO FUGA 100MM SISTEMA TOTAL - RADIOS 3.7 CASCADA INCENDIO - FUGA 25MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA INCENDIO FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL - RADIOS 4.1 SURTIDOR INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 4.1 SURTIDOR INCENDIO FUGA TRANSVERSAL - RADIOS TOXICIDAD 1.1 EMR TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 1.1 ERM TOXICIDAD FUGA TRANSVERSAL - RADIOS 1.2 EMR TOXICIDAD - FUGA 100 MM 1.2 ERM TOXICIDAD FUGA 100MM - RADIOS 1.3 EMR TOXICIDAD - FUGA 25 MM 1.3 ERM TOXICIDAD FUGA 25MM - RADIOS 2.1 COMPRESOR TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR TOXICIDAD FUGA TRANSVERSAL - RADIOS 3.1 CASCADA TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA 3.1 CASCADA TOXICIDAD FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA - RADIOS 3.2 CASCADA TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.2 CASCADA TOXICIDAD FUGA TRANSVERSAL CILINDRO - RADIOS 3.3 CASCADA TOXICIDAD - FUGA 100 MM CILINDRO 3.3 CASCADA TOXICIDAD FUGA 100 MM CILINDRO - RADIOS 3.4 CASCADA TOXICIDAD - FUGA 25 MM CILINDRO

ANEXO	CONTENIDO
	3.4 CASCADA TOXICIDAD FUGA 25 MM CILINDRO - RADIOS 3.5 CASCADA TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.5 CASCADA TOXICIDAD FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL - RADIOS 3.6 CASCADA TOXICIDAD - FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA TOXICIDAD FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL - RADIOS 3.7 CASCADA TOXICIDAD - FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA TOXICIDAD FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL - RADIOS 4.1 SURTIDOR TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 4.1 SURTIDOR TOXICIDAD FUGA TRANSVERSAL - RADIOS KMZ ZONA DE IMPACTO EXPLOSIÓN 1.1 EMR EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 1.2 EMR EXPLOSIÓN FUGA 100MM 1.3 EMR EXPLOSIÓN - FUGA 25MM 2.1 COMPRESOR 1 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 2 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 3 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 4 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 5 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 6 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 3.1 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA 3.2 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL CILINDRO

ANEXO	CONTENIDO
	3.2 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.3 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 100 MM CILINDRO 3.3 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA 100 MM CILINDRO 3.4 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 25 MM CILINDRO 3.4 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 25 MM CILINDRO 3.5 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.5 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL 4.1 SURTIDOR EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL INCENDIO 1.1 EMR INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 1.2 EMR INCENDIO - FUGA 100MM 1.3 EMR INCENDIO - FUGA 25MM 2.1 COMPRESOR 1 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 2 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 3 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 4 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 5 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 6 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 3.1 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL TUBERIA

ANEXO	CONTENIDO
	3.1 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL TUBERIA 3.2 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.2 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.3 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA 100MM CILINDRO 3.3 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA 100MM CILINDRO 3.4 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA 25MM CILINDRO 3.4 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA 25MM CILINDRO 3.5 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.5 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA 100MM SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA 100MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA 25MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA 25MM SISTEMA TOTAL 4.1 SURTIDOR INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL TOXICIDAD 1.1 EMR TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 1.2 EMR TOXICIDAD - FUGA 100 MM 1.3 EMR TOXICIDAD - FUGA 25 MM 2.1 COMPRESOR 1 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 2 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 3 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 4 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 5 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL

ANEXO	CONTENIDO
	2.1 COMPRESOR 6 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 3.1 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA 3.1 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA 3.2 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.2 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.3 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA 100 MM CILINDRO 3.3 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA 100 MM CILINDRO 3.4 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA 25 MM CILINDRO 3.4 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA 25 MM CILINDRO 3.5 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.5 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL 4.1 SURTIDOR TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL KMZ ZONA DE IMPACTO EXPLOSIÓN 1.1 EMR EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL 1.2 EMR EXPLOSIÓN FUGA 100MM 1.3 EMR EXPLOSIÓN - FUGA 25MM 2.1 COMPRESOR 1 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL

ANEXO	CONTENIDO
	2.1 COMPRESOR 2 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL
	2.1 COMPRESOR 3 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL
	2.1 COMPRESOR 4 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL
	2.1 COMPRESOR 5 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL
	2.1 COMPRESOR 6 EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL
	3.1 CASCADA EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA
	3.2 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL CILINDRO
	3.2 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL CILINDRO
	3.3 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 100 MM CILINDRO
	3.3 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA 100 MM CILINDRO
	3.4 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 25 MM CILINDRO
	3.4 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 25 MM CILINDRO
	3.5 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL
	3.5 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL
	3.6 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL
	3.6 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL
	3.7 CASCADA 1 EXPLOSIÓN FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL
	3.7 CASCADA 2 EXPLOSIÓN FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL
	4.1 SURTIDOR EXPLOSIÓN - FUGA TRANSVERSAL INCENDIO
	1.1 EMR INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL
	1.2 EMR INCENDIO - FUGA 100MM
	1.3 EMR INCENDIO - FUGA 25MM

ANEXO	CONTENIDO
	2.1 COMPRESOR 1 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 2 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 3 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 4 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 5 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 6 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL 3.1 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL TUBERIA 3.1 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL TUBERIA 3.2 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.2 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.3 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA 100MM CILINDRO 3.3 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA 100MM CILINDRO 3.4 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA 25MM CILINDRO 3.4 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA 25MM CILINDRO 3.5 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.5 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA 100MM SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA 100MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA 1 INCENDIO - FUGA 25MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA 2 INCENDIO - FUGA 25MM SISTEMA TOTAL 4.1 SURTIDOR INCENDIO - FUGA TRANSVERSAL TOXICIDAD

ANEXO	CONTENIDO
	1.1 EMR TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 1.2 EMR TOXICIDAD - FUGA 100 MM 1.3 EMR TOXICIDAD - FUGA 25 MM 2.1 COMPRESOR 1 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 2 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 3 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 4 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 5 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 2.1 COMPRESOR 6 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL 3.1 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA 3.1 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL TUBERÍA 3.2 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.2 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL CILINDRO 3.3 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA 100 MM CILINDRO 3.3 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA 100 MM CILINDRO 3.4 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA 25 MM CILINDRO 3.4 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA 25 MM CILINDRO 3.5 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.5 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL 3.6 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA 100 MM SISTEMA TOTAL 3.7 CASCADA 1 TOXICIDAD - FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL

ANEXO	CONTENIDO
	3.7 CASCADA 2 TOXICIDAD - FUGA 25 MM SISTEMA TOTAL 4.1 SURTIDOR TOXICIDAD - FUGA TRANSVERSAL
ANEXO 11	INFORME TÉCNICO

BIBLIOGRAFÍA

1. Casal Joaquim, Montiel Helena, Planas Eulália, Vílchez Juan A. 2001. Análisis del riesgo en instalaciones industriales, Primera Edición, Alfaomega Grupo Editor S.A., Barcelona España. Pp.361
2. Harris R Greenberg, Cramer, Joseph J. 1991. Risk Assessment and Risk Management for the Chemical Process Industry. Décimo sexta edición, Van Nostrand Reinhold, Estados Unidos de América. Pp. 369
3. American Institute of Chemical Engineers, (AIChE) 1992. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures. Segunda Edición with Worked Examples, Center for Chemical Process Safety, Estados Unidos de América. Pp. 461
4. American Institute of Chemical Engineers, 2000. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. Segunda Edición, Center for Chemical Process Safety, Estados Unidos de América. Pp. 756
5. Jones, R., W. Lehr, D. Simecek-Beatty, R. Michael Reynolds. 2013. ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) 5.4.4: Technical Documentation. U. S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 43. Seattle, WA: Emergency Response Division, NOAA. 96
6. Metodología Hazard and Operability Study - HAZOP