ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

PROYECTO:

ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DE VIRTUAL PIPELINES DE MÉXICO EN INVERNADERO VEGGIE PRIME

PROMOVENTE:

VIRTUAL PIPELINES DE MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.

PREPARADO PARA:

AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS (ASEA)

ASEA
AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y AMBIENTE

Sierra Gorda 49, Lomas de Chapultepec
Ciudad de México, 11 000

T. (55) 71551495
T. (55) 72582742

Índice

I. Descripción general del proyecto. 8
I.1. Ubicación del proyecto. 9
I.2. Dimensiones del proyecto. 10
I.3. Normas, estándares y criterios de diseño. 14
I.4. Planos del proyecto. 17
I.5. Uso de suelo. 18
I.6. Descripción de los equipos principales. 19
II. Descripción del proceso. 42
II.1. Filosofia de operación. 42
II.2. Sustancia a manejar. 48
III. Descripción del entorno. 49
III.1. Componentes abióticos. 49
III.2. Componentes bióticos. 70
III.3. Zonas vulnerables. 72
IV. Análisis y evaluación de riesgos. 75
IV.1. Análisis preliminar de peligros. 75
IV.2. Jerarquización de peligros y riesgos. 124
IV.3. Análisis cuantitativo de riesgos. 143
IV.4. Sistemas de seguridad. 249
V. Conclusiones. 292
VI. Resumen ejecutivo. 308
VII. Informe técnico. 333

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS85 Z14Q del polígono general del Proyecto. 10
Tabla 2. Áreas y superficies del Proyecto. 11
Tabla 3. Coordenadas del área de la zona de descarga del gas natural comprimido. 11
Tabla 4. Condiciones típicas de trabajo y propiedades 22
Tabla 5. Características de las tuberías de gas natural a baja presión. 26
Tabla 6. Características de equipos y elementos principales. 36
Tabla 7. Condiciones de operación del **PRS**. 46
Tabla 8. Composición de la mezcla. 48
Tabla 9. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio (m.s.n.m. = metros sobre el nivel del mar). 50

Tabla 10. Temperatura media mensual registrada. 51
Tabla 11. Precipitación máxima diaria, media y máxima mensual. 51
Tabla 12. Cuadro de velocidades medias y máximas de los vientos mensuales (m/s) en la estación **EMA** Humilpan, Querétaro..... 52
Tabla 13. Promedio mensual de días con lluvia, niebla, granizo y tormentas que se registraron en las estaciones meterológicas cercanas al **Proyecto**. 54
Tabla 14. Unidades litológicas presentes en el área del **Proyecto**. 59
Tabla 15. Escala de Mercalli..... 66
Tabla 16. Unidades edafológicas en el área del Proyecto..... 68
Tabla 17. Disponibilidad de agua subterránea en el acuífero Valle de Amazcala. 70
Tabla 18. Inventario de zonas vulnerables. 73
Tabla 19. Proximidades con cruces para un radio de 500 m. 74
Tabla 20. Uso de suelo y vegetación para un radio de 500 m. 75
Tabla 21. Resultados Hazid por grados de peligro en la categoría o actividad. 79
Tabla 22. Emergencias químicas reportadas a la PROFEPA (período 200-2014). 88
Tabla 23. Tipo de emergencias químicas reportadas a la **PROFEPA** (período 2000-2014). 91
Tabla 24. Sustancias involucradas en los accidentes químicos reportados a la **PROFEPA** (período 2000-2014)..... 92
Tabla 25. Resumen de accidentes en ductos. 94
Tabla 26. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares. 96
Tabla 27. Palabras guía más utilizadas en la metodología **HAZOP.** 104
Tabla 28. Descripción de nodos seleccionados para el análisis **HAZOP.** 106
Tabla 29. Resultados del análisis **HAZOP.** 107
Tabla 30. Determinación de la consecuencia. 126
Tabla 31. Categorías de frecuencias. 127
Tabla 32. Índice de riesgo. 129
Tabla 33. Jerarquización de riesgos. 131
Tabla 34. Jerarquización de riesgos identificados del análisis **HAZOP.** 132
Tabla 35. Tabla de escenarios identificados. 133
Tabla 36. Escenarios potenciales de riesgo identificados como catastrófico, más probables y alternos. 144
Tabla 37. Símbolos de eventos en el FTA. 145
Tabla 38. Símbolos de puertas en el FTA. 146
Tabla 39. Frecuencias de fallas para los sucesos del evento 1. 148
Tabla 40. Solución de puertas del árbol de fallas para los sucesos del evento 1. 149
Tabla 41. Frecuencias de fallas para los sucesos del evento 2. 149
Tabla 42. Solución de puertas del árbol de fallas para los sucesos del evento 2. 150
Tabla 43. Frecuencias de fallas para los sucesos del evento 3. 151

Tabla 44. Solución de puertas del árbol de fallas para los sucesos del evento 3. 152
Tabla 45. Frecuencias de fallas para los sucesos del evento 4. 153
Tabla 46. Solución de puertas del árbol de fallas para los sucesos del evento 4. 154
Tabla 47. Resultados de la solución de árboles de falla para los escenarios planteados. 163
Tabla 48. Criterios de categoría, descripción y frecuencia en una matriz de riesgos según COMERI. 164
Tabla 49. Valores de frecuencia de los eventos. 164
Tabla 50. Lista de sustancias manejadas en el análisis de consecuencias. 166
Tabla 51. Composición de las sustancias modeladas. 166
Tabla 52. Estabilidades según Pasquill. 169
Tabla 53. Valores umbrales seleccionados. 170
Tabla 54. Efectos generados a diferentes intensidades de radiación térmica. 171
Tabla 55. Efectos del flash fire (flamazo). 171
Tabla 56. Vulnerabilidad de materiales por radiación térmica 172
Tabla 57. Efectos estimados por sobrepresión 172
Tabla 58. Condiciones de operación a considerar en el análisis de consecuencias por escenario planteado 175
Tabla 59. Datos de entrada para el cálculo de la tasa de emisión de los escenarios a simular en SCRI Emisiones 177
Tabla 60. Eventos típicos de fuga o derrame de productos. 179
Tabla 61. Tiempo de fuga para cada escenario 180
Tabla 62. Tasa e inventarios de fuga para cada escenario a simular 183
Tabla 63. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular **VEGGIE_VPM_1.** 185
Tabla 64. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_2. 188
Tabla 65. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_100%... 190
Tabla 66. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_20%..... 192
Tabla 67. Datos de especificación de Eventos de Riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_100%. 194
Tabla 68. Datos de especificación de Eventos de Riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_20%... 196
Tabla 69. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular AGUILARES_VPM_3_3_100%. 199
Tabla 70. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_20%..... 201
Tabla 71. Datos de especificación de Eventos de Riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_4. 203
Tabla 72. Descripción de los posibles receptores de riesgo. 233
Tabla 73. Descripción de las interacciones de riesgo con zonas vulnerables. 240
Tabla 74. Recomendaciones identificadas en el análisis **HAZOP.** 260
Tabla 75. Programa para la implementación de las recomendaciones, ... 275

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del **Proyecto.** 10
Figura 2. Arreglo general del **Proyecto** ((Layout, Plano VPM-VEGGIE PRIME-LAY-01-23112021-C) (**Anexo 01**)..... 13
Figura 3. Tipo de uso de suelo del área del **Proyecto.** 18
Figura 4. Diagrama esquemático del **Proyecto.** 20
Figura 5. Estructura de los clindros**.** 21
Figura 6. Componentes básicos del contenedor**.** 24
Figura 7. Componentes del módulo reductor de presión**.** 29
Figura 8. Identificación de reguladores**.** 30
Figura 9. Monitor de espera**.** 31
Figura 10. Monitor de trabajo**.** 32
Figura 11. Regulador de operación**.** 33
Figura 12. Componentes del módulo de control de calefacción**.** 34
Figura 13. Equipo integrado de descompresión (**Anexo 01.13**). 35
Figura 14. Diagrama de tubería e instrumentación del **Proyecto** (**Anexo 01.12**). 47
Figura 15. Tipo de clima en el área del **Proyecto.** 49
Figura 16. Dirección predominante del viento en las zonas cercanas al área del **Proyecto.** 53
Figura 17. Nivel de peligro por heladas en el área del **Proyecto.** 55
Figura 18. Nivel de peligro por ciclones en el área del **Proyecto.** 56
Figura 19. Nivel de peligro por granizo en el área del **Proyecto.** 57
Figura 20. Nivel de peligro por sequía en el área del **Proyecto.** 58
Figura 21. Nivel de peligro por inundaciones en el área del **Proyecto.** 59
Figura 22. Unidades litoestatigráficas presentes en el área del **Proyecto.** 60
Figura 23. Topoformas en el área del **Proyecto.** 61
Figura 24. Gradiente altitudinal en el área del **Proyecto.** 62
Figura 25. Fallas y fracturas en el área del **Proyecto.** 63
Figura 26. Nivel de peligro por deslizamiento de laderas en el área del **Proyecto.** 64
Figura 27. Regionalización sísmica en el área del **Proyecto.** 65
Figura 28. Intensidad sísmica en el área del **Proyecto.** 67
Figura 29. Unidades edafológicas presentes en el área del **Proyecto.** 68
Figura 30. Vista panorámica del sitio del Proyecto para el año 2019 previo a las obras del Invernadero Veggie Prime**.** 71
Figura 31. Estado actual del área del **Proyecto.** 71
Figura 32. Zonas vulnerables dentro del radio de 500 metros**.** 72
Figura 33. Cruces de infraestructua del **Proyecto** en un radio de 500 m**.** 74
Figura 34. Tipos de peligros identificados en el **HAZID.** 86

Figura 35. Emergencias químicas reportadas a la **PROFEPA** (periodo 2000-2014)**.** 90
Figura 36. Distribución estatal de las emergencias químicas reportadas a la **PROFEPA** (periodo 2000-2014). 91
Figura 37. Diagrama de flujo para realizar un análisis **HAZOP** (Adaptación de Dowell III, 1998). 105
Figura 38. Matriz de jerarquización de riesgo de proceso. 129
Figura 39. Priorización de las zonas de riesgo 131
Figura 40. Árbol de fallas del evento 1. 156
Figura 41. Árbol de fallas del evento 2 (1 de 2) 157
Figura 42. Árbol de fallas del evento 2 (2 de 2) 158
Figura 43. Árbol de fallas del evento 3 (1 de 2) 159
Figura 44. Árbol de fallas del evento 3 (2 de 2) 160
Figura 45. Árbol de fallas del evento 4 (1 de 2) 161
Figura 46. Árbol de fallas del evento 4 (2 de 2) 162
Figura 47. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_1 Explosión. 206
Figura 48. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_1 Flash fire. 206
Figura 49. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_1 Jet fire. 207
Figura 50. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_2 Explosion. 208
Figura 51. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_2 Flash fire. 209
Figura 52. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_2 Jet fire. 210
Figura 53. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_100% Explosión. 211
Figura 54. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_100% Flash fire. 212
Figura 55. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_100% Jet fire. ... 213
Figura 56. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_20% Explosión. 214
Figura 57. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_20% Flash fire.. 215
Figura 58. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_20% Jet fire. 216
Figura 59. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_100% Explosión. 217
Figura 60. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_100% Flash fire. 218
Figura 61. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_100% Jet fire. ... 219
Figura 62. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_20% Explosión. 220
Figura 63. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_20% Flash fire.. 221
Figura 64. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_20% Jet fire. 222
Figura 65. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_100% Explosión. 223
Figura 66. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_100% Flas fire.. 224
Figura 67. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_100% Jet fire. ... 225

Figura 68. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_20% Explosión. 226
Figura 69. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_20% Flash fire.. 227
Figura 70. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_20% Jet fire..... 228
Figura 71. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_4 Explosión. 229
Figura 72. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_4 Flash fire. 230
Figura 73. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_4 Jet fire. 231

I. Descripción general del proyecto.

Una nueva tecnología para transportar gas natural es a través de gasoductos virtuales o gasoductos móviles, en los que se transporta gas natural comprimido (**GNC**) por carretera para hacerlo llegar a los lugares en los que no exista una red de gas. La tecnología referida consiste en un sistema de estaciones de compresión y descompresión de gas natural y el transporte en carretera en camiones remolque con contenedores portátiles. Esto permite tener acceso al servicio de **GNC** a zonas que no cuentan con la infraestructura adecuada para aplicaciones como las siguientes:

- Estaciones de servicio de gas vehicular.
- Necesidades y aplicaciones industriales.
- Necesidades y aplicaciones comerciales y/o residenciales.

Virtual Pipelines de México, S.A.P.I. de C.V. (VPM) es una empresa mexicana especializada en suministrar gas natural a empresas del sector industrial que no tienen acceso a un gasoducto; sustituyendo así el consumo de gas LP, diésel o combustóleo. **VPM** ha encontrado una demanda de gas natural de este tipo de empresas en el centro del país y ha construido un "Centro de Transferencia de **GNC** para transportes por medio de semirremolques" en el municipio de San Luis Potosí, estado de San Luis Potosí.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

En este sentido, el proyecto **"Estación de Descompresión de Gas Natural Comprimido de Virtual Pipelines de México en Invernadero Veggie Prime"** (el **Proyecto**) abastecerá gas natural a un invernadero dedicado [redacted] El **GNC** será entregado por la empresa **VPM** a través de contenedores móviles dedicados a transportar el gas a alta presión y acondicionado para su uso por medio de un equipo integrado de descompresión.

La compresión del gas natural se realiza en una estación madre de servicio dedicada y/o exclusiva a la compresión de gas natural, la cual está conectada a un gasoducto. Dicha estación surte, mediante postes de carga, gas natural a una presión de 250 Bar a los módulos de almacenamiento (**SKID**) que transportarán el energético a las instalaciones del usuario final.

Una vez que la carga se efectúa correctamente, la unidad móvil que lleva los **SKID** se desplaza hasta las instalaciones del cliente donde se conectará al poste de descarga, que es el componente de

entrada. A su vez, el poste está conectado directamente a un Sistema de Reducción de Presión (**PRS**), dando inicio al proceso de despresurización.

El equipo integrado consta de lo siguiente: un panel de descarga con dos (2) posiciones y un (1) **PRS** con un (1) módulo de reducción de presión (**PRM**) y un (1) módulo de control de calentamiento (**HCM**).

El proceso inicia con el vaciado de los contenedores, el cual se realiza a través de las posiciones de descarga integradas en la plataforma móvil. El gas es enviado a alta presión (aproximadamente 253 kg/cm^2 / 3600 Psi), con un flujo máximo de 2,000 Sm^3/h a la sección de descompresión. En el **PRM**, a través de válvulas reguladoras, se reduce la presión del gas lo que permite que el flujo no sea afectado.

Debido a la diferencia de presión, que es muy significativa entre la succión y la descarga, el gas puede alcanzar una temperatura de congelamiento en la descarga de cada etapa de descompresión. Para que esto no suceda, es necesario el **HCM**, que por medio de transferencia de calor a través de un flujo de agua caliente evita que el gas en su proceso de expansión se congele y obstaculice los equipos y tuberías.

El diseño de la estación de descompresión está basado 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, publicada en el Diario Oficial de la Federación (**DOF**) el 23 de agosto de 2017.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

I.1. Ubicación del proyecto.

[redacted]

Figura 1. Ubicación del **Proyecto.**

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

I.2. Dimensiones del proyecto.

Dentro de los terrenos donde se construirán los invernaderos dedicados al cultivo de verduras de la empresa **Veggie Prime, S.A.P.I. de C.V.** se destinará una superficie de 1,524.192 m^2 (0.152 ha) para la instalación del **Proyecto.** Las coordenadas de ubicación del polígono se presentan en la **Tabla 1**. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS85 Z14Q del polígono general del Proyecto.

Vértice	X	Y
1	[redacted]	[redacted]
2	[redacted]	[redacted]
3	[redacted]	[redacted]

Vértice	X	Y
4	[redacted]	[redacted]
5	[redacted]	[redacted]
6	[redacted]	[redacted]
7	[redacted]	[redacted]
8	[redacted]	[redacted]
9	[redacted]	[redacted]
10	[redacted]	[redacted]
11	[redacted]	[redacted]
12	[redacted]	[redacted]
13	[redacted]	[redacted]
14	[redacted]	[redacted]
15	[redacted]	[redacted]
16	[redacted]	[redacted]
17	[redacted]	[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

El **Proyecto** consiste en un área de descarga de los contenedores, un área de equipos eléctricos, descompresoras, un área de equipos integrados y un área de rodamiento o patio de maniobras. Las superficies que ocupará cada una de estas áreas se presentan en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Áreas y superficies del Proyecto.

Área	m²	ha
Área de descarga de los contenedores	318.78	0.032
Área de equipos eléctricos	21.87	0.002
Descompresora	163.07	0.016
Área del equipo integrado	46.5	0.005
Área de rodamiento o patio de maniobras	973.97	0.097
Total	**1,524.19**	**0.152**

Finalmente, en las tablas siguientes se presentan las coordenadas de ubicación de cada uno de los componentes. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

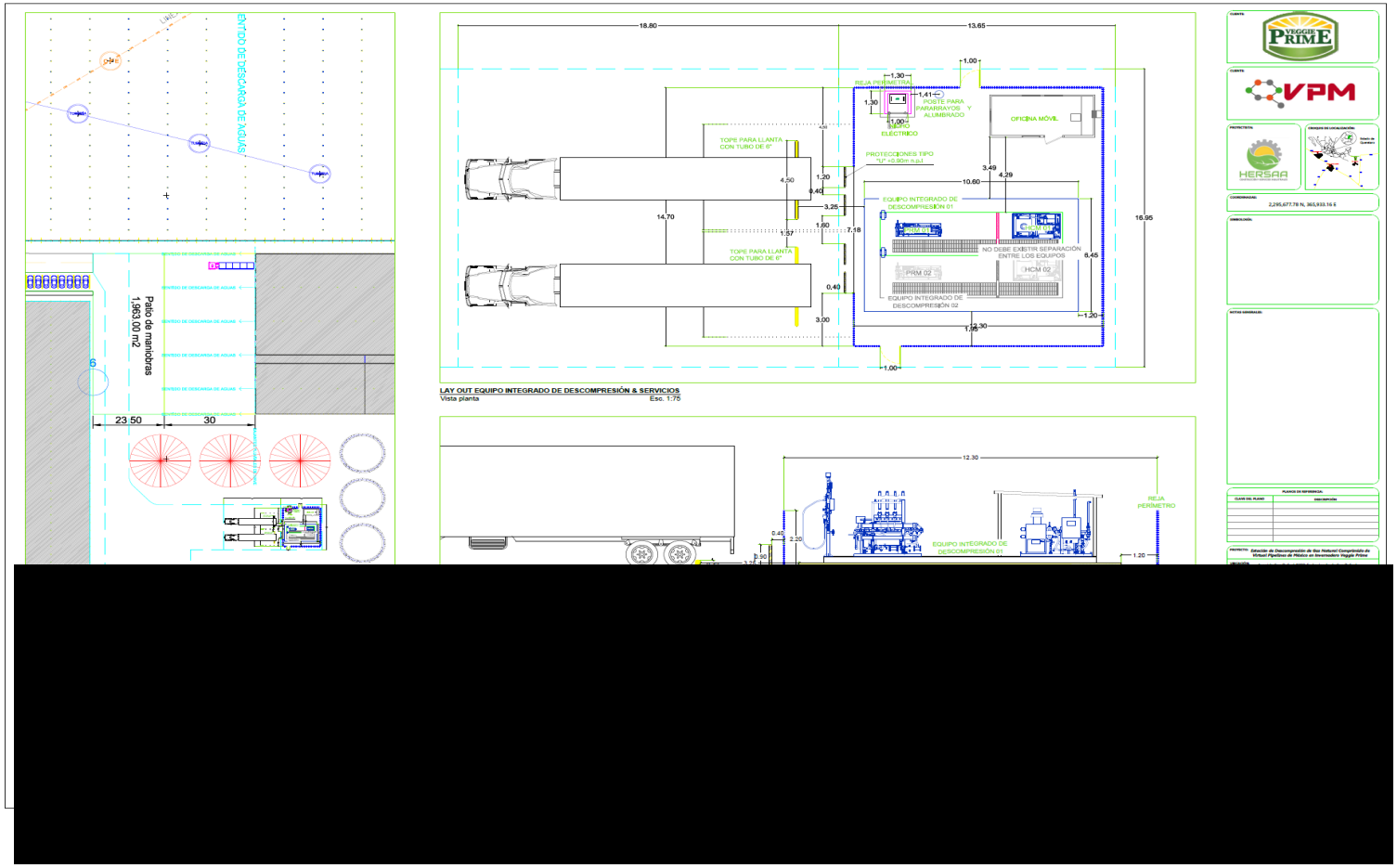
Tabla 3. Coordenadas del área de la zona de descarga del gas natural comprimido.

Área	Vértice	X	Y
Área de descarga de los contenedores	1	[redacted]	[redacted]

Área	Vértice	X	Y
	2	[redacted]	[redacted]
	3	[redacted]	[redacted]
	4	[redacted]	[redacted]
Área de equipos eléctricos	1	[redacted]	[redacted]
	2	[redacted]	[redacted]
	3	[redacted]	[redacted]
	4	[redacted]	[redacted]
Descompresoras	1	[redacted]	[redacted]
	2	[redacted]	[redacted]
	3	[redacted]	[redacted]
	4	[redacted]	[redacted]
Área del equipos integrados	1	[redacted]	[redacted]
	2	[redacted]	[redacted]
	3	[redacted]	[redacted]
	4	[redacted]	[redacted]
Área de rodamiento o patio de maniobra	1	[redacted]	[redacted]
	2	[redacted]	[redacted]
	3	[redacted]	[redacted]
	4	[redacted]	[redacted]
	5	[redacted]	[redacted]
	6	[redacted]	[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 2. Arreglo general del **Proyecto** ((Layout, Plano VPM-VEGGIE PRIME-LAY-01-23112021-C) (**Anexo 01**).



UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

I.3. Normas, estándares y criterios de diseño.

Para el diseño del **Proyecto** se consideró la normatividad aplicable para cada una de las etapas del diseño de las instalaciones, con el objetivo de minimizar al máximo las condiciones de riesgo dentro de sus instalaciones. A continuación, se pesentan las referencias tomadas en consideración.

I.3.1. Normas y estándares.

I.3.1.1. Normas de la Comisión Reguladora de Energía y ASEA.

- **NOM-001-SECRE-2010**, Especificaciones del Gas Natural.
- **NOM-002-SECRE-2010**, Instalaciones de aprovechamiento para gas natural.
- **NOM-006-SECRE-1999**, Odorización de gas natural.
- **NOM-007-SECRE-2010**, Transporte de gas natural.
- **NOM-008-SECRE-1999**, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas.
- **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.
- **NOM-001-SEDE-2012**, Instalaciones Eléctricas (Utilización).

I.3.1.2. Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME/ANSI).

- ASME/ANSI B31.8, Sistema de tubería para el transporte de gas.
- ANSI B 31.65, Aletas de la tubería de acero, válvulas con aletas y conectores.
- ANSI-B-16.5, "Pipe Flanges and Flanged Fittings".
- ASME Section IX, Welding and Brazing Qualifications.

I.3.1.3. National Fire Protection Association (NFPA).

- NFPA 69 Explosion Prevention Systems.

I.3.1.4. Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

- **NOM-002-STPS-2000.** Condiciones de seguridad. Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- **NOM-004-STPS-1999**. Sistemas de protección y dispositivos de seguridad de la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.
- **NOM-005-STPS-1998**, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- **NOM-017-STPS-2008**. Equipo de protección personal. Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- **NOM-025-STPS–2008**. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
- **NOM-026-STPS-2008**. Colores y señales de seguridad e higiene e identificación de riesgos por fluidos conducidos por tuberías.
- **NOM-103-STPS-1994**. Seguridad. Extintores contra incendio a base de agua con presión contenida.
- **NOM-104-STPS-2001.** Agentes extintores. Polvo químico seco tipo ABC, a base de fosfato mono amónico.
- **NOM-106-STPS-1994.** Seguridad. Agentes extintores. Polvo químico seco tipo BC a base de bicarbonato de sodio.

I.3.1.5. Normas ISO (International Organization Standardization).

- ISO668-1995 Tipo 1 de clasificación de contenedores, medidas y calidad.
- ISO11119-1:2012 Cilindros de gas de construcción compuesta, especificaciones y métodos de prueba. Parte 1 Cilindros compuesto de cuerpo envuelto.

I.3.2. Criterios de diseño.

I.3.2.1. Datos meteorológicos y riesgos hidrometeorológicos.

- **Temperatura ambiente.**
  - Temperatura media máxima: 19.7ºC
  - Temperatura media: 17.0 ºC
  - Temperatura media mínima: 13.7 ºC
- **Precipitación.**
  - Media anual: 511.80 mm
  - Máxima media mensual: 108.80 mm
  - Mínima media mensual: 5.7 mm
- **Humedad relativa.**
  - Media anual: 62.61%
- **Presión barométrica.**
  - Media anual: 777.99 Pa
- **Altitud.**
  - 1,960 msnm
- **Dirección y velocidad de los vientos.**
  - Velocidad promedio 3.72 m/s
  - Dirección de los vientos predominantes: sureste

I.3.2.2. Datos por riesgos hidrometeorológicos y geológicos.

- Heladas: bajo.
- Ciclones: bajo.
- Granizo: medio.
- Sequía: bajo.

- Inundaciones: bajo.
- Deslizamiento de laderas: muy bajo.
- Región sísmica: zona B (riesgo moderado).
- Intensidad sísmica: VI escala de Mercalli.

I.4. Planos del proyecto.

Los siguientes planos se presentan como **Anexo 01**:

- **Anexo 01.01**. Diagrama esquemático del **Proyecto**.
- **Anexo 01.02.** Arreglo general del **Proyecto** (VPM-VEGGIE PRIME-LAY-01-23112021-C).
- **Anexo 01.03.** Detalles de bases y nicho eléctrico (VPM-VEGGIE PRIME-DCE-01-23112021-C).
- **Anexo 01.04.** Instalación eléctrica alumbrado perimetral (VPM-VEGGIE PRIME-IEAP-01-23112021-C).
- **Anexo 01.05.** Instalación eléctrica, clasificación de áreas (VPM-VEGGIE PRIME-IECA-01-23112021-C).
- **Anexo 01.06.** Diagrama unifilar (VPM-VEGGIE PRIME-IEDU-01-23112021-C).
- **Anexo 01.07.** Instalación eléctrica (Fuerza y control), (VPM-VEGGIE PRIME-IEFC-01-23112021-C).
- **Anexo 01.08.** Sistema de tierras y pararrayos (VPM-VEGGIE PRIME-IEST-01-23112021-C).
- **Anexo 01.09** Sistema de tierras (VPM-VEGGIE PRIME-IESP-01-23112021-C).
- **Anexo 01.10.** Planos isométricos del **Proyecto.**
- **Anexo 01.11.** Sistema de señalética y seguridad (VPM-VEGGIE PRIME-SISS-01-23112021-C)
- **Anexo 01.12.** Diagrama de flujo e instrumentación (VPM-VEGGIE PRIME-IMDTI-01-23112021-C).

- **Anexo 01.13.** Instalación mecánica, arreglo de tuberías (VPM-VEGGIE PRIME-IMAT-01-23112021-C).

I.5. Uso de suelo.

Anteriormente, el área del **Proyecto** era utilizada para el desarrollo de actividades agrícola-pecuarias con un grupo de vegetación considerado como agricultura de temporal anual, sin presencia de vegetación secundaria, por lo que no requiere de cambio de uso de suelo. Sin embargo, actualmente el área del **Proyecto** se encuentra completamente imapctada por el desarrollo de la etapa de preparación del sitio y construcción del Invernadero Veggir Prime, por lo que carece de vegetación agrícola (**Figura 3**).

Figura 3. Tipo de uso de suelo del área del **Proyecto.**

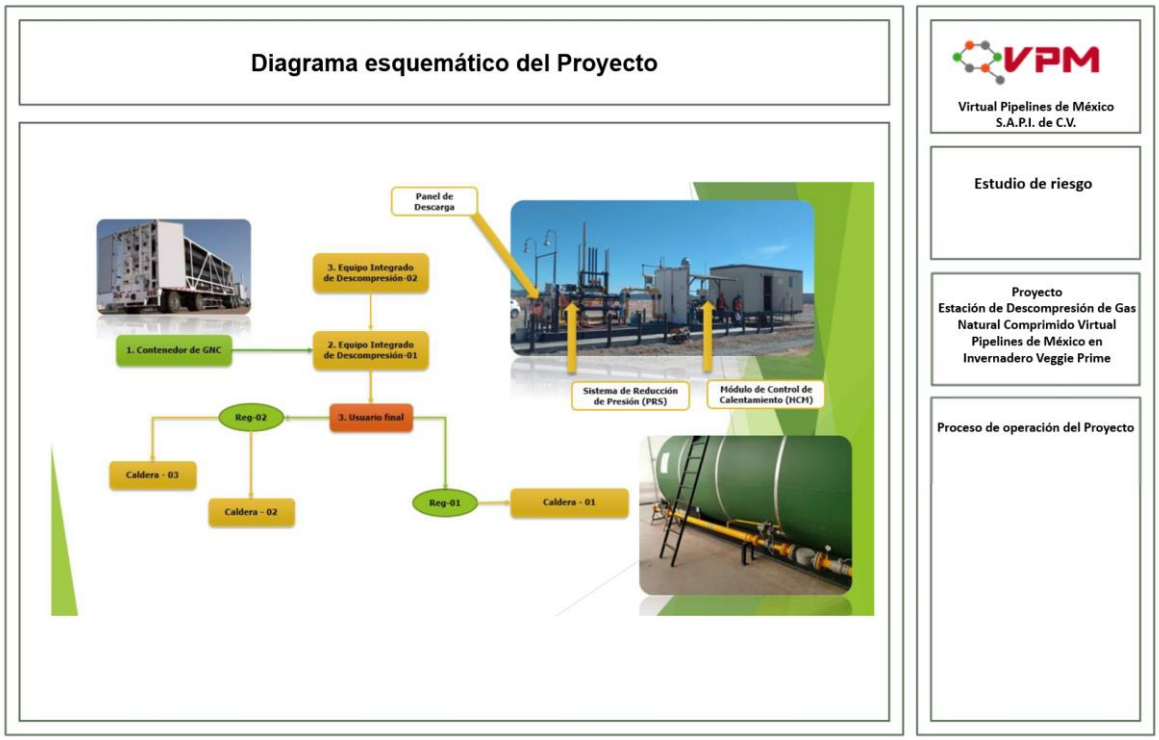
I.6. Descripción de los equipos principales.

El proceso inicia con el vaciado de los contenedores, el cual se realiza a través de las posiciones de descarga integradas en la plataforma móvil. El gas es enviado a alta presión (aproximadamente 253 kg/cm^2 / 3600 Psi), con un flujo máximo de 2,000 Sm^3/h a la sección de descompresión. En el **PRM**, a través de válvulas reguladoras, se reduce la presión del gas lo que permite que el flujo no sea afectado.

Debido a la diferencia de presión, que es muy significativa entre la succión y la descarga, el gas puede alcanzar una temperatura de congelamiento en la descarga de cada etapa de descompresión. Para que esto no suceda, es necesario el **HCM**, que por medio de transferencia de calor a través de un flujo de agua caliente evita que el gas en su proceso de expansión se congele y obstaculice los equipos y tuberías.

Con la temperatura del gas controlada y el flujo y presión constante y al pasar por un medidor de flujo, el gas es finalmente enviado a áreas de proceso para ser utilizado en los equipos (generaderos y calderas) de los invernaderos de la empresa **Veggie Prime, S.A.P.I. de C.V.** A continuación, se presenta el diagrama esquemático del **Proyecto**.

Figura 4. Diagrama esquemático del **Proyecto.**



I.6.1. Contenedores en semirremolques de gas natural comprimido.

Se utilizarán contendores tipo Hexagon Lincoln TITAN™ montados en semirremolques de longitud de 12.19 metros * 2.44 metros * 2.44 metros para almacenar y transportar el **GNC**. Las características típicas de trabajo de estos semirremolques se indican a continuación:

1. **Descripción del cilindro.**

El tipo de construcción de diseño es un recipiente de fibra carbón epoxi a presión totalmente envuelto y reforzado con un polietileno de alta densidad (**HDPE**) como revestimiento. El revestimiento de plástico es una barrera no estructural para la contención de gas comprimido a alta presión. El material compuesto es el elemento estructural principal del diseño, brinda apoyo a la presión interna y a las cargas de montaje y proporciona la resistencia general y la durabilidad del recipiente. Los cabezales niquelados a los extremos del cilindro proporcionan la interfaz para conectar el recipiente al sistema de gas y son los medios por el cual se monta el recipiente.

Figura 5. Estructura de los clindros**.**

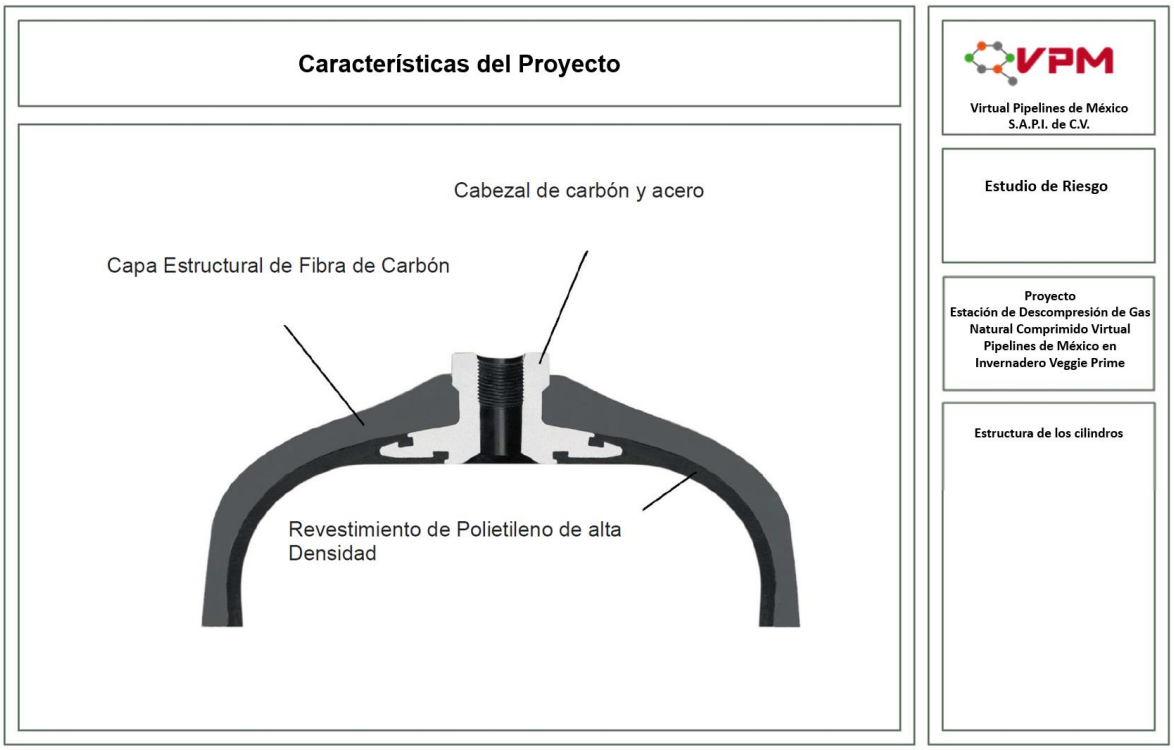


Tabla 4. Condiciones típicas de trabajo y propiedades

Volumen total	Volumen de agua de cilindro	Presión de servicio	Peso del cilindro vacío	Cilidro + Gas[1]	Peso tara módulo	Peso bruto módulo
34,048 litros (2,077,736 pie^3)	8,512 litros 519,434 pie^3)	250 barg (3,626 psig) a 15ªC (59 ºF)	2,312 kg (5,097 lbs)	4,168 kg (9,188 lbs)	15,631 kg (34,460 lbs)	23,053 kg (50,823 lbs)[2]

Rango de presión.

Este sistema está diseñado para trabajar con una presión de servicio de 250 bar (3,626 psig) establecido a 15°C (59°F). La presión de llenado máximo es de 325 bar (4,714 psig), con una temperatura máxima de gas llenado a 82.2°C (180°F). Dado que la presión depende de la temperatura del gas, se debe hacer teniendo en cuenta toda la gama de temperaturas del sistema que estarán sujetas durante el llenado.

Rango de temperatura.

El sistema está diseñado para operar dentro de un rango de temperatura de -40 ° C a 82.2°C (-40°F a 180°F). El rango de temperatura de gas para un llenado compensado completo es de -40°C a 65°C (-40°F a 149°F).

Gases aprobados.

Los cilindros están diseñados para el almacenamiento y transporte de gases autorizados que reúnen las especificaciones para gas seco y húmedo como está indicado. En lo que respecta al **Proyecto,** para el gas natural se toman los siguientes parámetros para gas natural**:**

1 Asumiendo 0.72 Peso Específico, temperatura y presión estable
2 Módulo deberá ser equipado con secciones de techo de aluminio.

Gas seco.

El vapor de agua se deberá limitar a menos de 32 mg/m^3 y una presión a punto de rocío de -9°C (15.8°F) a 207 barg (3,002 psig).

Los límites máximos de los constituyentes serán los siguientes:

- Sulfuro de hidrógeno 23 mg/m^3.
- Oxígeno 1.0 % en volumen.

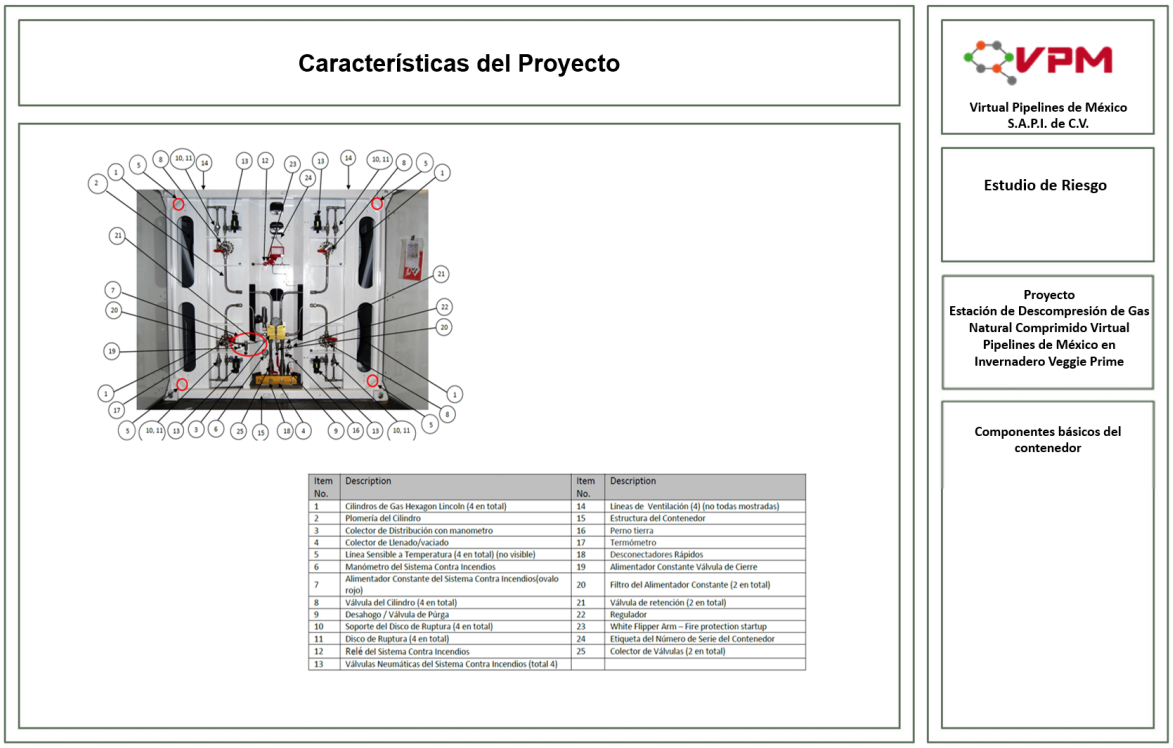
Gas húmedo.

Gas natural con contenido de agua superior al del gas seco. Los límites máximos de los constituyentes serán las siguientes:

- Sulfuro de hidrógeno 23 mg/m^3.
- Oxigeno 1.0% en volumen.
- Dióxido de carbono 4.0% en volumen.
- Hidrógeno 0.1% en volumen.

La permeación del gas se considerará si el recipiente operado o almacenado en un espacio cerrado durante un periodo prolongado de tiempo. La tasa permitida de permeación de gas natural es de 0.25 centímetros cúbicos estándar por hora (SCCH) por litro de capacidad de agua a presión de trabajo (0.201 smc por día o 7.1 SPC por día para el módulo).

Figura 6. Componentes básicos del contenedor**.**



Item No.	Description	Item No.	Description
1	Cilindros de Gas Hexagon Lincoln (4 en total)	14	Lineas de Ventilación (4) (no todas mostradas)
2	Plomería del Cilindro	15	Estructura del Contenedor
3	Colector de Distribución con manometro	16	Perno tierra
4	Colector de Llenado/vaciado	17	Termómetro
5	Linea Sensible a Temperatura (4 en total) (no visible)	18	Desconectadores Rápidos
6	Manómetro del Sistema Contra Incendios	19	Alimentador Constante Válvula de Cierre
7	Alimentador Constante del Sistema Contra Incendios(ovalo rojo)	20	Filtro del Alimentador Constante (2 en total)
8	Válvula del Cilindro (4 en total)	21	Válvula de retención (2 en total)
9	Desahogo / Válvula de Púrga	22	Regulador
10	Soporte del Disco de Ruptura (4 en total)	23	White Flipper Arm – Fire protection startup
11	Disco de Ruptura (4 en total)	24	Etiqueta del Número de Serie del Contenedor
12	Relé del Sistema Contra Incendios	25	Colector de Válvulas (2 en total)
13	Válvulas Neumáticas del Sistema Contra Incendios (total 4)		

La estación de llenado/descarga deberá cumplir los siguientes requisitos para el llenado y descarga de gas natural: protección contra incendios, requisitos de clasificación eléctricos, los requisitos de conexión a tierra, dispositivos de apagado seguro, protección de sobrepresión, sistema de desfogue, control de temperatura del gas, prevención de contraflujo y odorantes para **GNC**.

I.6.2. Equipo integrado de descompresión de gas natural comprimido.

En específico la estación de descompresión, regulación y medición de gas natural comprimido (**EDRMGNC**), se integra con los siguientes sistemas:

- Sistema de tuberías de gas natural en alta presión y en baja presión.
- Sistema de reducción de presión de **GNC**.
    - Módulo reductor de presión o **PRM**.
    - Módulo de control de calentamiento o **HCM**.

- Sistema de distribución eléctrica (fuerza y control).
- Sistema de tierras.
- Sistema de pararrayos.
- Sistema de seguridad y señalética.

I.6.2.1. Sistema de tuberías de gas natural en alta presión y en baja presión.

Las tuberías aparentes por instalar en el **Proyecto** serán de acero al carbón, cédula 40, API 5L GRADO B, la cual es fabricada bajo las normas oficiales mexicanas **NOM-B-10-1986** y **NOM-B-177-1990**, sin costura laminada en caliente, superficie barnizada y con extremos biselados. En la descarga del primer equipo integrado de descompresión, seguido del tren de medición, se ampliará el diámetro de la tubería y se instalará un te con válvula manual para recibir el flujo del segundo equipo de descompresión. En la segunda derivación se instalará una válvula manual de 6" que será la válvula de corte principal de la terminal de descarga y donde la instalación mecánica de proceso interno dará inicio.

La tubería principal de baja presión será de 6" de diámetro y será llevada de manera aparente hasta la salida del recinto, ahí se instalará una "te" con válvula. En el mismo punto se instalará un acople de transición de acero al carbón a polietileno para llevar la tubería de manera subterránea hasta el exterior del cuarto de calderas. Después de instalar el acople de transición de acero al carbón al polietileno se instalará una válvula manual de 6" de diámetro. Al entrar al cuarto de calderas se instalará una "te" con dos válvulas manuales de 6" de diámetro en sus extremos. La primera derivación será para la acometida de la caldera 01, aguas arriba de la válvula se instalará un regulador de presión de 2" NPT, Mca. Emerson, que regulará la presión de 4 a 2 Bar (58 a 29 Psi). La tubería en la descarga de este regulador será de 6" de diámetro y se interconectará con el tren de regulación del equipo.

La segunda derivación será para la acometida de la caldera 02 y 03, aguas arriba de la válvula se instalará un regulador de presión de 2" NPT, Mca- Emerson, que regulará la presión de 4 a 2 Bar (58 a 29 Psi). La tubería en la descarga de este regulador será de 6" de diámetro, del cual se derivarán las acometidas para las calderas 02 y 03. En la acometida a cada caldera se interconectará con el tren de regulación del equipo. Todas las tuberías aparentes serán soportadas y protegidas con un recubrimiento anticorrosivo y pintura para evitar la oxidación (Ver **Anexo 01.12**).

Tabla 5. Características de las tuberías de gas natural a baja presión.

No	Servicio	Etiqueta	Cédula	Longitud (m)	Flujo máximo (Sm^3/h)	Presión máxima de trabajo		Velocidad de flujo (m^3/s)	Diámetro nominal	
						Psi	kg/cm^2		Pulgada	mm
1	Gasoducto de descarga de 1 equipo integrado de descompresión de **GNC** (baja presión)	4”-GN-58#-AC1-CED40-2,000 Sm^3/h	40	2.5	2,000	61	4.28	17.94	4.00	102
2	Gasoducto de descarga de 2 equipos integrados de descompresión de **GNC** (baja presión)	6”-GN-58#-AC2-CED40-4,000 Sm^3/h	40	4.5	4,000	61	4.28	15.81	6.00	152
3	Gasoducto de acometida para 3 calderas de **GNC** (baja presión)	6”-GN-58#-PE3/AC3-RD17/CED40-4,419 Sm^3/h	40	62.0	4,419	61	4.28	17.47	6.00	152
4	Gasoducto de descarga de 1 regulador para 1 caldera de gas natural (baja presión)	6”-GN-29#-AC6-CED40-1,473 Sm^3/h	40	15.0	1,473	30	2.14	11.65	6.00	152
5	Gasoducto de descarga de 1 regulador para 2 calderas de gas natural (baja presión)	6”-GN-29#-AC7-CED40-2,946 Sm^3/h	40	17.0	2,946	30	2.14	23.29	6.00	152

I.6.2.2. Sistema de reducción de presión (PRS) de gas natural comprimido.

Cada sistema de reducción de presión (**PRS**) se encuentra compuesto de dos grandes elementos: módulo reductor de presión (**PRM**) y el módulo de control de calefacción (**HCM**). El **PRM** cuenta con un filtro de entrada, un intercambiador de calor (gas-agua), dispositivos de regulación, tubería y control eléctrico. La medición se puede proporcionar como una opción. El **HCM** consiste en una caldera (combustible: gas natural), un dispositivo de regulación de gas, un medidor de flujo de agua, un separador de aire, un colador y una bomba.

El gas del contenedor fluye hacia el **PRM** donde es filtrado, calentado (A través del intercambiador de calor de agua del **HCM**), regulado, medido y suministrado. El **HCM** distribuye y calienta el agua, utilizando para la transferencia de calor el gas del **PRM**. El gas a baja presión en la salida es entonces preparado y puede ser utilizado en calderas, contenedores, motores u otros dispositivos.

Los controles eléctricos para cada uno de los componentes principales estarán instalados en sus soportes o en cajas con las características adecuadas de acuerdo a la clasificación de la zona. Los controles eléctricos incluyen un dispositivo de parada de emergencia (**ESD** – Emergency shut-down).

El **PRM** se encuentra clasificado como sitio de clase 1, división 2 (Zona 2), grupo D. El **HCM** tiene un soporte (skid) que requiere de protección contra las condiciones ambientales adversas y un soporte de concreto. La caldera será instalada de modo que el sistema quemador de gas se encuentre protegido de agua, goteras, etc. durante su operación y servicio. El **HCM** está clasificado como un sitio de riesgo bajo y será ubicado a 14 pies (4.5 m) o más del **PRM**.

Todas las calderas con una entrada de 300.000 Btu/h o menor contarán con un dámper automático. El gas suministrado a la caldera es tomado desde la línea principal después del intercambiador de calor. Debe ser regulado a 80 psig a través de un regulador de presión o puede ser tomado del punto después de la medición del gas en la salida.

Todas las líneas, tuberías, filtros, intercambiadores de calor y reguladores se encuentran protegidos por dispositivos de alivio de presión (válvula de alivio/seguridad) o reguladores (monitoreo tipo dual). Todas las válvulas de alivio tienen salida a la atmósfera a través de una línea/cabecera de descarga de venteo común, la cual sirve como manifold para el gas proveniente de las válvulas de alivio/seguridad y las válvulas manuales de drenaje.

I.6.2.2.1. Módulo reductor de presión (PRM).

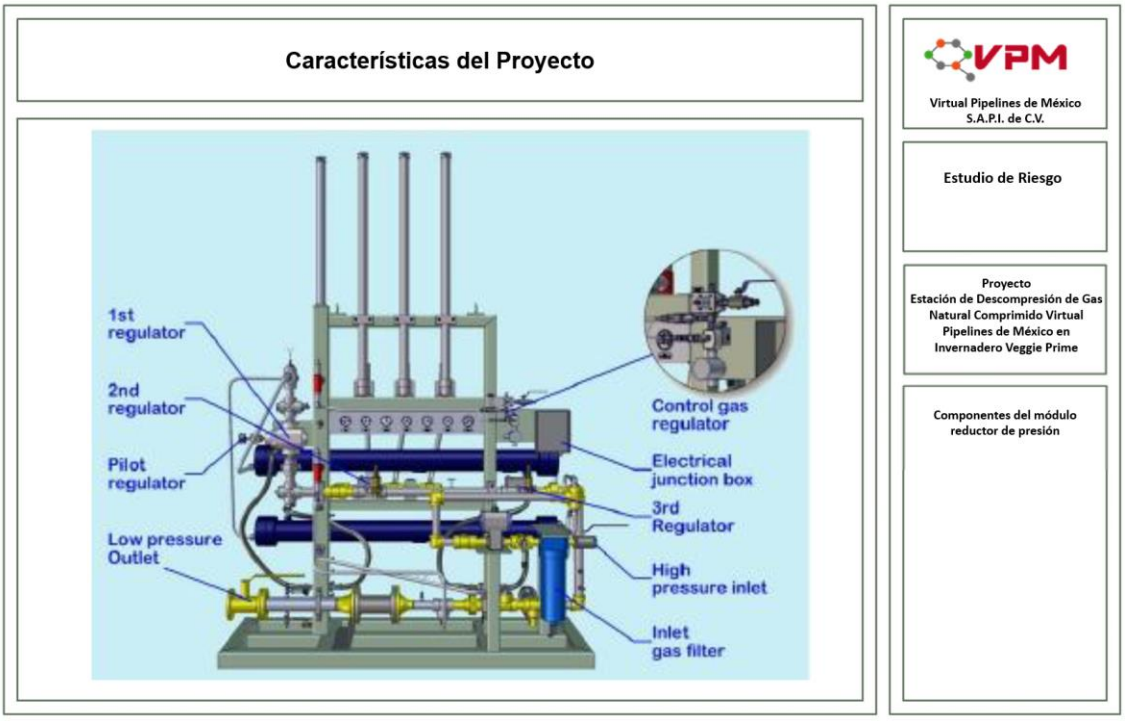
El **PRM** IMW reduce de forma segura la presión del gas mediante la adición de la cantidad apropiada de calor para contrarrestar la reducción de la temperatura debido a la despresurización. La línea de entrada al **PRM** está conectada a un almacenamiento fijo o móvil o a una tubería. El gas que fluye hacia el **PRM** pasa a través de un mecanismo de seguridad, normalmente la válvula de entrada se encuentra cerrada. La válvula aísla el **PRM** del suministro de gas cada vez que éste se apaga o si se inicia una secuencia de apagado de emergencia.

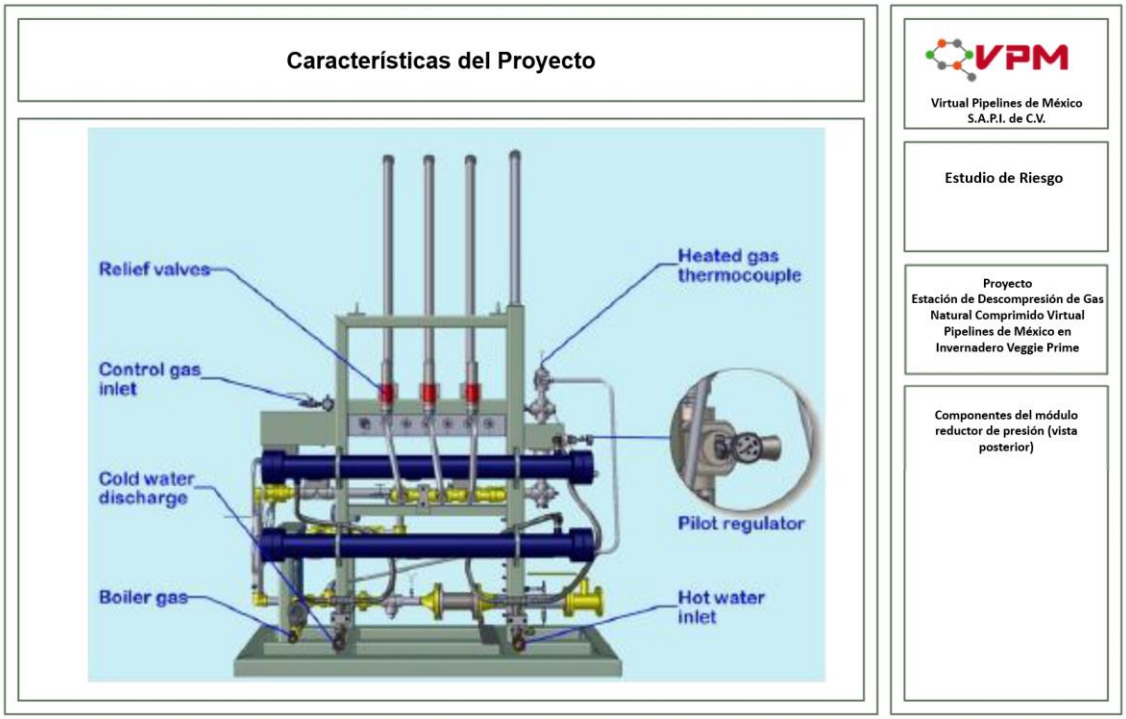
Las partículas pequeñas se eliminan del gas de suministro por un filtro de entrada, situado antes del intercambiador de calor. El gas fluye a través de un intercambiador de calor de carcasa y tubos. Los tubos de gas se mantienen calentados por una corriente de fluido caliente (agua / glicol) que se bombea a través de la cáscara por el **HCM**, ya que el gas entra en la primera etapa de regulación de presión (despresurización). Otras etapas de regulación se pueden emplear para alcanzar la presión de salida final. Los manómetros se proporcionan en todo el sistema monitorear la presión en todo momento y para el establecimiento del regulador.

El suministro de gas de la caldera se toma de la línea principal después del intercambiador de calor. Puede ser regulado a 1,4 barg (20 psig) a través de un regulador independiente o puede ser tomado de un punto aguas debajo de la estación de regulación final, antes del medidor. Todas las tuberías de presión que incluyen filtros, intercambiador de calor, reguladores, etc., están protegidos de sobrepresión mediante válvulas de seguridad o principales reguladores duales / tipo de monitor con Slam-cierra. Todas las válvulas de seguridad se ventilan a la atmósfera a través de una tubería de descarga común a un lugar seguro.

El tubo de descarga sirve como un colector para ventilar el gas procedente de descarga de la válvula de alivio, así como para las válvulas de drenaje manuales. Todas las tuberías y los tubos están bien fabricados y se unirán mediante conexiones roscadas y soldadas o el uso de accesorios de compresión de tubo. Están diseñados, fabricados y probados de acuerdo con los requisitos del código.

Figura 7. Componentes del módulo reductor de presión**.**





Identificación de reguladores.

La regulación de la primera etapa típicamente es accionada por muelle y emplea reguladores de alta presión para disminuir la presión a un nivel apropiado para la segunda etapa. Estos reguladores pueden ser operados por piloto, en paralelo o de forma individual.

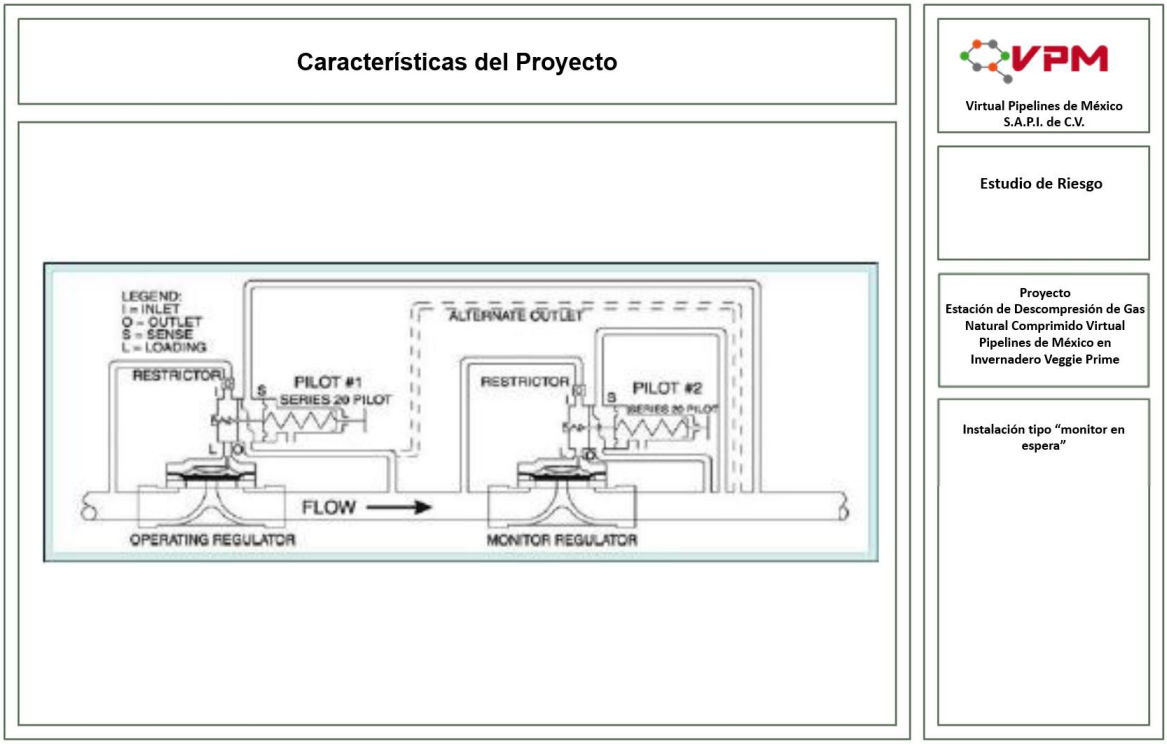
Figura 8. Identificación de reguladores**.**

En su caso, la segunda (y tercera) etapa emplea reguladores piloteados, que disminuyen la presión a la necesaria para tener la descarga deseada. Estos reguladores pueden estar instalados en una configuración de "en espera del monitor" o en una configuración de "monitor de trabajo".

Monitor de espera.

En la instalación tipo "monitor en espera" (**Figura 9**), el regulador es accionado por el piloto aguas abajo y se fija en una presión más alta. Solo funciona en el caso de un fallo del regulador accionado por el piloto ubicado aguas arriba. La puesta a punto de la espera monitor debe ser ligeramente mayor que el regulador de funcionamiento (es decir, 5%).

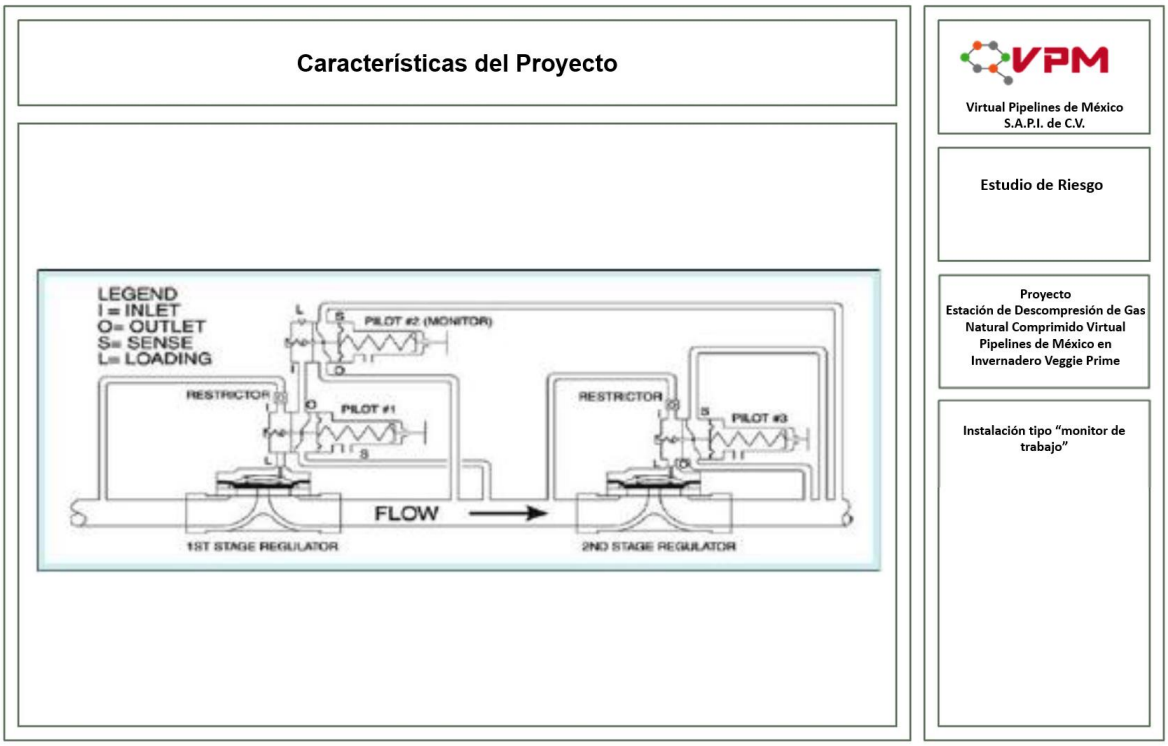
Figura 9. Monitor de espera**.**



Monitor de trabajo.

En la instalación de tipo "monitor de trabajo" (**Tabla 10**), ambos reguladores piloteados están trabajando para reducir la presión en una secuencia de dos etapas. La primera etapa del regulador (aguas arriba) se ajustará significativamente más alta que la segunda etapa del regulador (aguas abajo) del regulador.

Figura 10. Monitor de trabajo**.**



Regulador de operación piloto y ajuste set-point.

Los reguladores piloteados se instalan en serie, ya sea en un trabajo o configuración del modo de espera. El "monitor en modo" cuenta la presión diferencial para asegurar que la línea controlada se ha instalado correctamente.

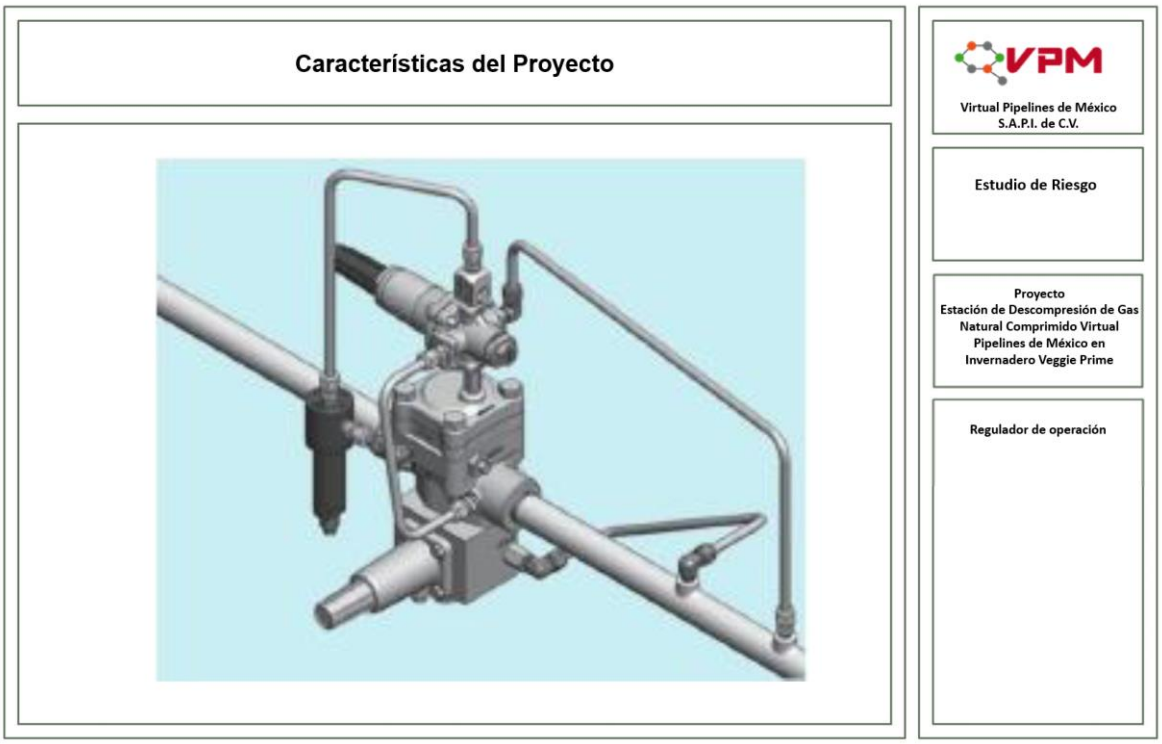
Los reguladores piloteados se fijan girando el mando hexagonal en la parte superior del piloto en la tapa. Si la unidad tiene una válvula de cierre de golpe de sobrepresión, primero se debe configurar mediante el ajuste de la perilla en la parte frontal de la válvula de cierre slam. Se debe monitorear el indicador instalado en la línea de seguimiento de la presión de ajuste como se indica en el P&ID

Para la configuración de "monitor en modo ahorro", primero se debe ajustar el regulador del monitor (aguas abajo y mayor presión de ajuste) ajustando la perilla en el piloto con el medidor instalado en la línea de seguimiento a la presión de ajuste que aparece en el P&ID. A continuación, se debe

ajustar el regulador de explotación (upstream y presión de ajuste más baja) en la misma manera que la primera presión que aparece en el conjunto de P&ID.

Para la configuración de "monitor de trabajo", se debe establecer la primera etapa del regulador primero (presión de aguas arriba y superior) mediante el ajuste del botón negro en el piloto con el medidor instalado entre los reguladores de la presión de ajuste que aparece en el P&ID. A continuación, se debe establecer la segunda etapa del regulador (aguas abajo y la presión de ajuste menor) de la misma manera que el medidor instalado después de que el regulador de corriente abajo de la presión de ajuste aparece en el P&ID.

Figura 11. Regulador de operación**.**



I.6.2.2.2. Módulo de Control de Calentamiento (HCM).

La línea de gas de entrada al **HCM** proviene del **PRM**. El gas que fluye hacia el **HCM** puede pasar a través de las válvulas de admisión que se utilizan para aislar el **HCM**. Un regulador y un medidor de presión están instalados en la entrada de la caldera para asegurar la presión de alimentación correcta. Una línea de purga de gas se instala después del regulador. El agua fluye a través del

HCM, mediante la entrada que se ubica más allá de un interruptor de flujo bajo. En este punto, la válvula de retención y el regulador proporcionan una entrada para agua adicional al sistema. El agua fluye hacia el tanque separador de aire, que incluye un orificio de ventilación en la parte superior para la eliminación de cualquier aire atrapado en el sistema.

Desde el depósito el agua pasa a través de un colador para eliminar los residuos antes de llegar a la bomba. El agua es bombeada dentro de la caldera. Un medidor de flujo instalado en el lado de descarga de agua controla el flujo. Después del calentamiento, el agua se puede volver a circular (bucle) a través de la válvula de 3 vías o ser dirigido al **PRM**. El agua fluye a través de las tuberías y accesorios galvanizados o de la manguera de tipo marino. Todos los accesorios de tubería y mangueras son roscados. Los tubos para conducciones de gas usan accesorios de compresión y están diseñados, fabricados y probados de acuerdo con los requisitos del código.

Figura 12. Componentes del módulo de control de calefacción**.**

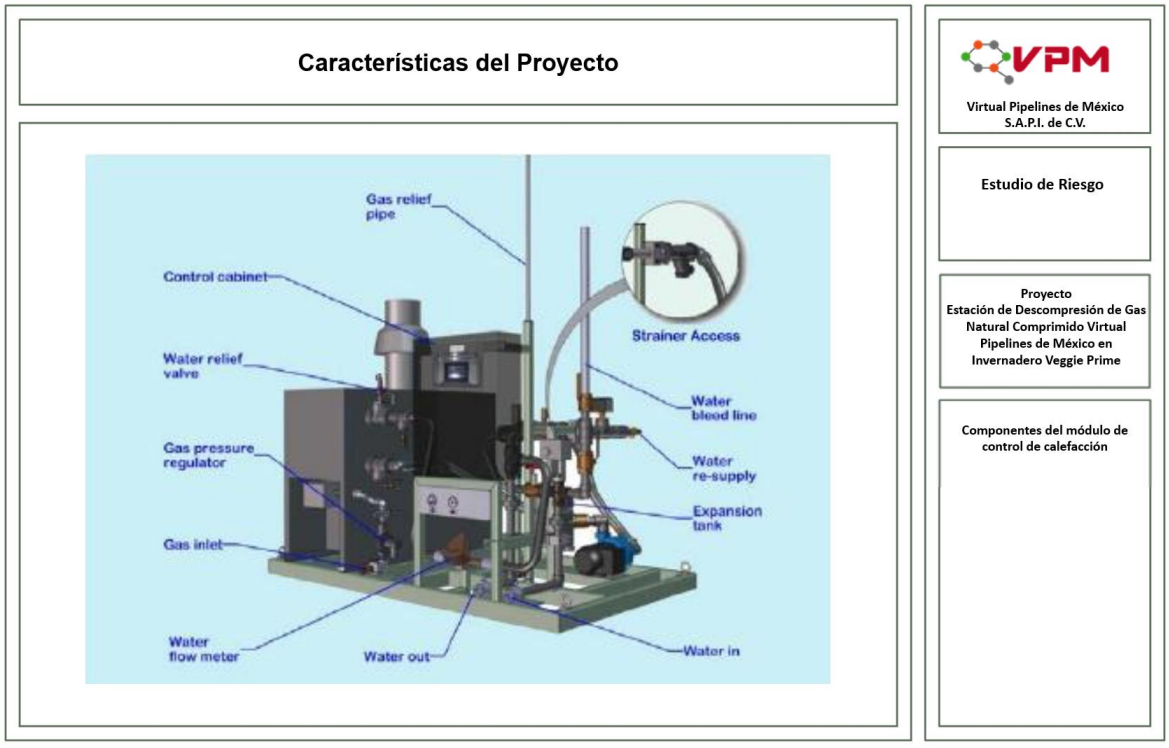
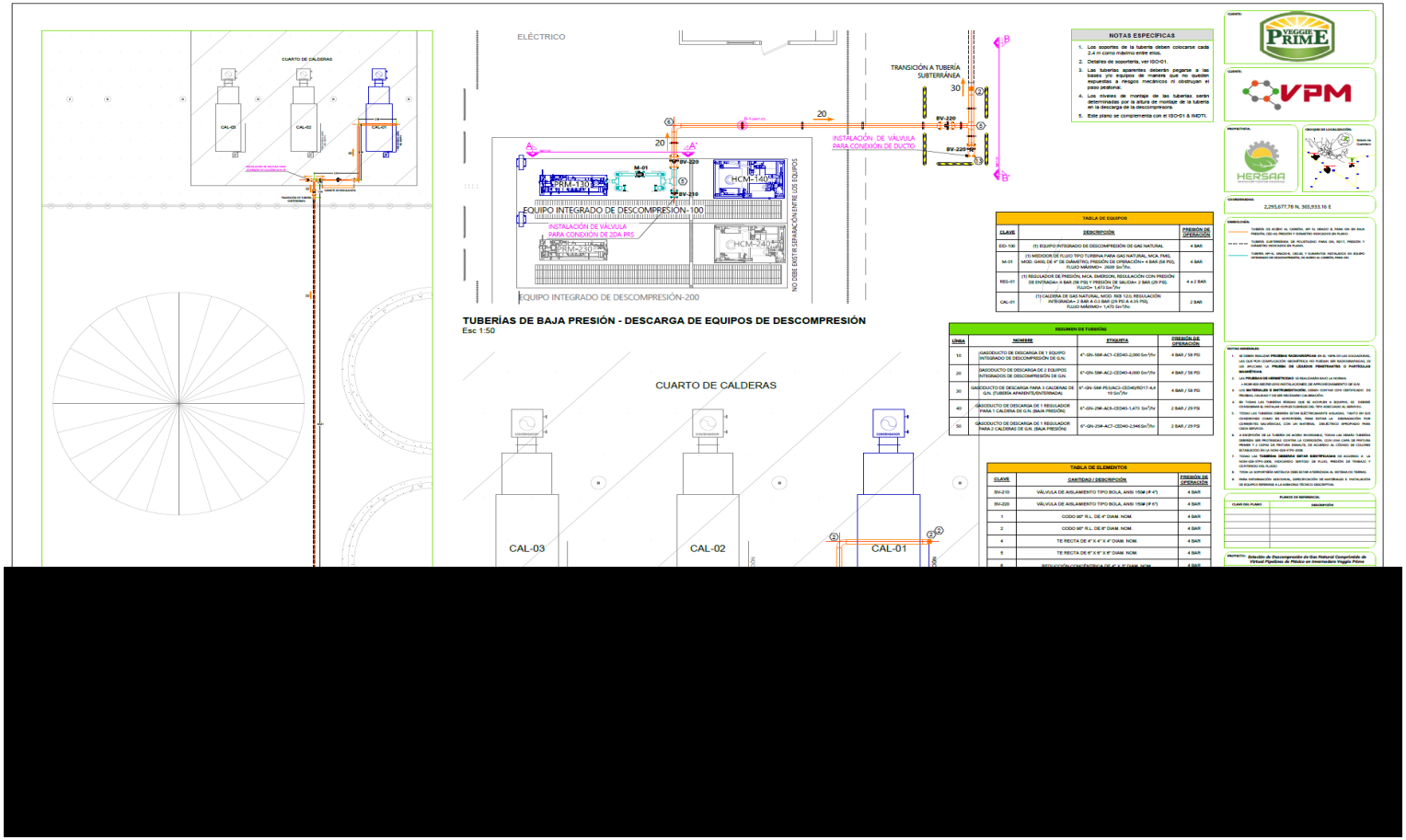


Figura 13. Equipo integrado de descompresión (**Anexo 01.13**).



UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Tabla 6. Características de equipos y elementos principales.

Descripción	TAG	Año de fabricación	Código de Diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida Útil	Sustancia manejada	Estado físico de la sustancia	Prueba de presión hidrostática	Flujo Máximo	Presión de operación (kg/cm^2)	Temperatura de operación (ºC)	Sistemas de control de seguridad y medios de contención	Ubicación
Módulos de Cilindros de GNC.	MGNC-01	2022	ISO11119-1:2012	30CrMo + fibra de carbono	30 años	GNC	Gas	382.39 kg/cm^2 (375 Bar)	5,500 m^3 por módulo	254.92 kg/cm^2 (250 Bar)	28	Válvula de alivio de presión. Válvula de cilindro tipo mariposa. Manómetro. Termómetro bimetálico. Conector de carga y descarga.	Área de descarga de contenedores
Equipo Integrado de descompresión	EID-100-1 y EID-100-2												
Válvula Check	PD-110	2022	ANSI B 31.65	AC 3”	25 AÑOS	GNC	Gas	382.39 kg/cm^2 (375 Bar)	2000 m^3/h	254.92 kg/cm^2 (250 Bar)	10-30	NA	Área de descompresión de GNC
Módulos de Reductor de presión (PRM)	PRM-120	2022	CSA estándar Z662-99	Acero al Carbón	25 años	GN	Gas	375 kg/cm^2 (270 Bar)	2000 m^3/h	254.92 kg/cm^2 (250 Bar)	10-30	Sistema de paro de emergencia con botón pulsador ESD en patín Válvula de bola con venteo 1" Válvula Check 1" Válvula de alivio de presión y tubería de descarga en acero al carbón Válvulas de aislamiento	

Descripción	TAG	Año de fabricación	Código de Diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida Útil	Sustancia manejada	Estado físico de la sustancia	Prueba de presión hidrostática	Flujo Máximo	Presión de operación (kg/cm^2)	Temperatura de operación (ºC)	Sistemas de control de seguridad y medios de contención	Ubicación
												Paneles de control eléctrico NEMA 12.4 o cerramientos de panel eléctrico 3R Válvulas de relevo de seguridad (SRV) PLC montado en gabinete a prueba de explosión	
Módulo de Control de Calentamiento (HCM)	HCM-130	2022	CSA estándar Z662-99	Acero al Carbón	25 años	Agua/Glicol	Líquido	10.55 kg/cm^2 (10.35 bar)	2000 m^3/h	7.03 kg/cm^2 (6.9 Bar)	-30 a 100	Alarma indicadora de flujo Válvula de alivio de agua Regulador de presión de gas	
Medidor de Flujo Tipo Turbina	M-01	2022	MCA. FMG, MOD. G250	Acero al Carbón	25 años	GN	Gas	9.17 kg/cm^2 (9 Bar)	2000 m^3/h	6.11 kg/cm^2 (6 Bar)	10-30	NA	
Válvula de aislamiento tipo bola	BV-210	2022	ANSI 150·# 3”	Acero al Carbón	25 años	GN	Gas	9.17 kg/cm^2 (9 Bar)	2000 m^3/h	6.11 kg/cm^2 (6 Bar)	10-30	NA	
Regulador de presión	REG-01	2022	Type 99 MCA Emerson	Acero al Carbón	25 años	GN	Gas	9.17 kg/cm^2 (9 Bar)	2000 m^3/h	Presión de entrada 6.11 kg/cm^2 (6 Bar) Presión de salida 1.73 kg/cm^2 (1.7 Bar)	10-30	NA	
Válvula de aislamiento	BV-220	2022	ANSI 150·#	Acero al	25 años	GN	Gas	2.60 kg/cm^2	2000 m^3/h	1.73 kg/cm^2	10-30	NA	

Descripción	TAG	Año de fabricación	Código de Diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida Útil	Sustancia manejada	Estado físico de la sustancia	Prueba de presión hidrostática	Flujo Máximo	Presión de operación (kg/cm^2)	Temperatura de operación (ºC)	Sistemas de control de seguridad y medios de contención	Ubicación
tipo bola			2”	Carbón				(2.55 Bar)		(1.7 Bar)			
Regulador de presión	REG-02	2022	Type 99 MCA Emerson	Acero al Carbón	25 años	GN	Gas	9.17 kg/cm^2 (9 Bar)	2000 m^3/h	Presión de entrada 6.11 kg/cm^2 (6 Bar) Presión de salida 3.05 kg/cm^2 (3 Bar)	10-30	NA	
Válvula de aislamiento tipo bola	BV-230	2022	ANSI 150·# 3”	Acero al Carbón	25 años	GN	Gas	4.58 kg/cm^2 (4.5 Bar)	2000 m^3/h	3.05 kg/cm^2 (3 Bar)	10-30	NA	
Válvula de aislamiento tipo bola	BV-240	2022	ANSI 150·# 3”	Acero al Carbón	25 años	GN	Gas	4.58 kg/cm^2 (4.5 Bar)	2000 m^3/h	3.05 kg/cm^2 (3 Bar)	10-30	NA	

I.6.2.3. Sistema de distribución eléctrica (fuerza y control).

El Invernadero Veggie Prime deberá dejar una alimentación eléctrica (220/127V 3F 4H + T) en un registro eléctrico tipo 1 (RBTB-1) ubicado a pie de tablero eléctrico tipo NEMA 1 instalación e interior para proteger la caída de suciedad, instalado en la descompresora para que, a partir de ahí, se inicie la distribución eléctrica de los diferentes destinos propios y cercanos a la descompresora (Ver Plano **Anexo 01.04, Anexo 01.05** y **Anexo 01.06**).

Se siguen los criterios de selección e instalación de equipos eléctricos de acuerdo a lo indicado en la **NOM-001-SEDE-2012**, con el fin de que la instalación se realice con los criterios de seguridad para los usuarios, la continuidad de su uso y la extensión del tiempo de vida. Para mayor detalle ver **Anexo 01.07**.

I.6.2.4. Sistema de de tierras.

El sistema de tierras que se instalará como parte del **Proyecto** se basa en los lineamientos establecidos en la **NOM-001-SEDE-2012,** Instalaciones Eléctricas (Utilización). Para lo cual se contará con un contratista especializado, el cual desarrollará el proyecto eléctrico de conformidad con dichos lineamientos normativos y de acuerdo a los planos que para tal efecto se realizan, considerando de manera muy especial las características de los equipos que deben aterrizarse, sus especificaciones, tipos y resistencia del suelo y todos los factores que, por la composición del gas que se manejará deben vigilarse y cumplirse, tales como: resistividad del medio ohm, sistema de tierras de malla cerrada, protección de sobretensión, etc., los cuales deben monitorearse periódicamente para garantizar su óptimo funcionamiento .

La tubería de suministro de gas enterrada debe tener protección catódica de acuerdo con los códigos de instalación locales. Esto requiere el uso de bridas aislantes en la entrada y salida de la tubería desde el suelo y ánodos de sacrificio enterrados a intervalos, como es requerido por los códigos locales (**Anexo 01.08**).

I.6.2.5. Sistema de pararrayos.

El sistema de pararrayos Franklin France modelo active 1D está constituido por un electrodo de varilla tipo Copperweld de 5/8” (1.58 cm) de diámetro y 10 pies (304.8 cm) de longitud, marca Erico, de un conector mecánico de cobre para conectar cable calibre 2/0 AWG a la varilla cobrizada de 5/8”, marca Burndy. El cable de cobre trenzado para pararrayos es de 28 hilos calibre 2/0 AWG,

además consta de una luminaria LED tipo reflector 200 W C/U; un contador de descargas atmosféricas a 3 metros del Nivel de Piso de Terminado (NPT) con desconectador de prueba con cables de cobre para pararrayos de 28 hilos; tubo de PVC servicios pesado de 25 mm con penetración promedio de 1.70 metros del poste en el terreno (**Anexo 01.09**).

I.6.2.6. Sistema de seguridad y señalética.

El **PRS** contará con los diferentes sistemas de seguridad con la intención de reducir al máximo los riesgos por alguna falla mecánica o eléctrica, considerando además el cumplimiento de las normas que aplican a este tipo de estaciones donde se manejan materiales combustibles de alta presión. Es importante mencionar que cada equipo de descompresión cuenta con un controlador lógico programable (**PLC)** dedicado a monitorear las condiciones de operación. El **PRS** cuenta con:

- Válvula de alivio de presión y tubería de descarga.
- Protección catódica.
- Válvulas de aislamiento.
- Panel de control eléctrico NEMA 12.4 o cerramientos de panel eléctrico 3R.
- Conexiones de cableado de campo eléctrico.
- Interruptores de bloqueo del sistema de ventilación y de llamas.
- Intercambiador de calor de acero al carbón y tubería inoxidable.
- Filtros, tuberías y reguladores están diseñados para alta y baja presión.
- PLC montado en gabinete a prueba de explosión.
- Conexiones eléctricas y conexiones flexibles a prueba de explosión.

Válvula de alivio de presión y tubería de descarga.

En la PRS2000_4000 hay seis válvulas de relevo de seguridad (SRV), tres de estas válvulas en el módulo reductor de presión, una en cada poste de decantación (dos en total) y otra en el módulo de control.

- Superior **SRV**.

- Media **SRV**.
- Inferior **SRV**.
- Disco de Ruptura.

Para llevar a cabo el proceso de las **SRV**, se debe buscar en la placa para verificar los rangos de presión. Si una **SRV** abre, lo hará con un ruido fuerte. Durante el decantado, la operación y el servicio de la **PRS**, es recomendable usar protección auditiva, así como el equipo de protección personal requerido.

Todas las válvulas de relevo de seguridad deberán de ser removidas y probadas cada año desde la fecha del comisionamiento por un taller certificado o con base en códigos de seguridad y estándares locales. Las válvulas de alivio proporcionan protección contra sobrepresión al resto de los componentes de la **PRS** (tubería, válvulas, filtros y sellos).

Aun y cuando el sistema está protegido por alarmas de alta presión en todas las etapas, en el evento poco probable de que un sensor o control electrónico falle, las válvulas de alivio liberarán el gas que se encuentra con sobrepresión. Cada válvula está conectada a través de tubería a la atmósfera y a una altura de seguridad suficiente.

Equipo contra incendio y señales (Anexo 01.11).

- 4 extintores de 9 kg.
- Alarma visible y audible.
- 6 botones de paro de emergencia.
- Uso obligatorio del equipo de protección personal (ropa de algodón, casco de protección, botas, guantes y gafas).
- 2 salidas de emergencia, ruta de evacuación y punto de reunión.
- Advertencia de riesgo eléctrico.
- Solo personal autorizado.
- No fumar, no usar flama abierta, prohibido usar celular.
- Apague el motor, velocidad máxima y no estacionarse.

- Aviso de materiales peligrosos.
- No estacionarse.
- Ruta de evacuación.
- Letrero pararrayos.
- Punto de reunión.
- Advertencia de riesgo eléctrico.

II. Descripción del proceso.

II.1. Filosofia de operación.

El proceso general de suministro de **GNC** inicia con la compresión del gas natural en una estación madre (**"Centro de Transferencia de GNC para transportes por medio de semirremolques"**) de servicio dedicada y/o exclusiva a la compresión de gas natural, la cual está conectada a un gasoducto. Esta estación madre surte mediante postes de carga, gas natural a una presión de 250 Bar a los módulos de almacenamiento (SKID) que transportarán el energético a las instalaciones del usuario final.

Una vez que la carga se efectúa correctamente, la unidad móvil que lleva los SKID se desplaza hasta las instalaciones del Invernadero Veggie Prime donde se conectarán al poste de descarga que está conectado directamente al **PRS**, dando inicio al proceso de despresurización.

El **PRS** se encuentra compuesto de dos grandes elementos, el **PRM** y el **HCM**. La estación reductora cuenta con un filtro en la entrada, un intercambiador de calor (gas-agua), dispositivos de regulación, tubería y control eléctrico. El módulo de calentamiento consiste en una caldera (combustible: gas natural), un dispositivo de regulación de gas, medidor de flujo de agua, separador de aire, filtro de agua, bomba y medidor de caudal.

El gas del contenedor fluye hacia el **PRM** donde es filtrado, calentado (a través del intercambiador de calor de agua del **HCM**), regulado, medido y suministrado. El **HMC** distribuye y calienta el agua, utilizando para la transferencia de calor el gas del **PRM**. El **PRM** reduce de forma segura la presión del gas mediante la adición de la cantidad apropiada de calor para contrarrestar la reducción de la temperatura debido a la despresurización. El gas a baja presión en la salida es preparado y puede ser utilizado en calderas, calentadores, motores u otros dispositivos.

La línea de entrada para el **PRM** está conectado a un almacenamiento fijo o móvil o a una tubería. El gas que fluye hacia el **PRM,** pasa a través de un mecanismo de seguridad y normalmente se encuentra cerrada la válvula de entrada.

La válvula aísla el **PRM** del suministro de gas cada vez que éste se apaga o si se inicia la secuencia de apagado de emergencia. Las partículas pequeñas se eliminan del gas de suministro por un filtro de entrada, situada antes de que el intercambiador de calor. El gas fluye a continuación por la tubería del intercambiador de calor que es calentada por una corriente de agua caliente por la bomba localizada en el **HCM**.

Los controles eléctricos para cada uno de los componentes se encuentran instalados en sus soportes o en cajas con las características adecuadas de acuerdo a la clasificación de la zona. Los controles eléctricos incluyen un dispositivo de parada de emergencia (ESD – Emergency shut- down).

El gas entra en la primera etapa de regulación y puede ser empleado en varias etapas antes de reducir la presión hasta el nivel requerido. Se instalan manómetros en el sistema para monitoreo local de la presión y ajuste de los reguladores.

Regulación de presión.

Existen múltiples etapas de regulación, donde, en la primera etapa por lo general se emplean reguladores con sistema de resorte para reducir la presión hasta el nivel adecuado para la segunda etapa. Se utilizan varios reguladores para acondicionar el nivel de caudal en el sistema.

Módulo de control de calentamiento (HCM).

La entrada de gas al **HCM** se encuentra conectada al **PRM**. El gas que va hacia el **HCM** pasa a través de válvulas que se utilizan para aislar el módulo. Un regulador y manómetros de presión son instalados antes de la entrada de la caldera para asegurar el nivel de presión adecuado. Una línea de purga es instalada después del regulador.

El agua se conduce hacia el **HCM** a través de la entrada y un interruptor de flujo indica si el nivel es muy bajo. Una válvula de chequeo en este punto se suministra con un regulador para agregar una entrada adicional de agua al sistema. El agua es conducida hacia un tanque separador de aire que incluye un “venteo” que remueve el aire del sistema, pasando después por un filtro que retiene/previene el ingreso de partículas extrañas hacia la bomba. A continuación de la bomba se

encuentra un caudalímetro y entra a la caldera. Después del proceso de calentamiento el agua puede ser recirculada con la operación de la válvula de 3 vías o descarga del **PRM**.

Controles eléctricos.

La lógica de operación del **PRS** es controlada por un **PLC** (dispositivo lógico programable). Éste se encarga de iniciar y parar el **PRS**, continuamente monitoreando las condiciones y el estado de las alarmas asociadas.

Las unidades del **PRS** tienen un sistema de parada de emergencia (ESD Emergency shut down) que incorpora pulsadores tipo “hongo” ubicados en sitios claves. El sistema se apagará automáticamente de forma segura, aislando el **PRS** de la entrada de gas. Un interruptor de “En línea/Fuera de línea” está ubicado en el panel del **HCM** y en el panel de control del **PRM**. Ambos interruptores deben estar en la posición “En línea” para que el **PRS** funcione automáticamente. Al colocar cualquiera de estos dos interruptores en posición “Fuera de línea” detendrá el sistema **PRS** y permanecerá en este estado hasta que sea reanudada la operación al colocar los interruptores en posición “En línea”.

Operación del PRS.

Estado de inicio:

La caldera debe estar lista para calentar el agua. La interfaz operario – máquina es un panel táctil que permite monitorear y llevar a cabo diferentes funciones. Para iniciar se coloca el interruptor en posición “Fuera de línea” y se oprime el botón “Reset”. Si todas las alarmas son limpiadas, la barra de estado indicará “Fuera de línea”. Si existe una condición de falla, un mensaje anunciará la falla correspondiente. En este caso, se deberá corregir la causa de falla y presionar nuevamente “Reset” para remover la condición de alarma. Una vez que las alarmas han sido limpiadas, la barra de estado indicará “Fuera de línea” y el sistema estará listo para operar.

Estado de operación:

La caldera suministrará calor al sistema, siendo controlada por un termostato (zona 1). La caldera funcionará normalmente al recibir una señal de “petición de calentamiento” desde el **PLC**. Cuando el **PRS** se coloca “En línea” por primera vez, el sistema completará la etapa de “Calentamiento” que enviará la solicitud de “calentamiento” y colocará la válvula en posición de 85% (apertura). El tiempo

que el sistema opera en modo “Calentamiento” se toma de un punto de ajuste del cliente, con un valor por defecto de 180s. Una vez que esta etapa se encuentra completa el sistema es declarado como “Listo”. Automáticamente el control variará la temperatura del gas de salida mediante la modificación de la posición de la válvula de agua y el termostato (on/off). La válvula de control/distribución (diverter valve) da paso a la cantidad de agua caliente requerida en el intercambiador de calor y a cierta porción de agua hacia la bomba. Esta cantidad se encuentra determinada por un lazo de control tipo PID que asegura que la temperatura de gas se mantendrá en el rango de 10 a 40°C. En algunos modelos las válvulas duales de control/distribución se utilizan para redundancia. En estos modelos las válvulas son seleccionadas manualmente utilizando los interruptores de selección en el panel de control y colocando las válvulas manuales de bola en la posición correcta para el dispositivo seleccionado.

Parada.

Para detener el **PRS**, simplemente se debe colocar “Fuera de línea” cualquiera de los interruptores. La caldera se apagará y la válvula de entrada se cerrará inmediatamente cuando esto ocurra. La bomba operará por cierto tiempo (ajustado) y después se detendrá.

Una alarma detendrá también el **PRS**, de forma similar a lo anteriormente descrito; la diferencia es que la bomba se detendrá al mismo tiempo que la alarma ocurre.

Alarmas del PRS.

Si alguno de los sensores del **PRS** presenta falla, el **PLC** lee este estado y el **PRS** se apagará. El **PLC** indicará el estado de alarma mediante un bombillo piloto (color rojo, si aplica).

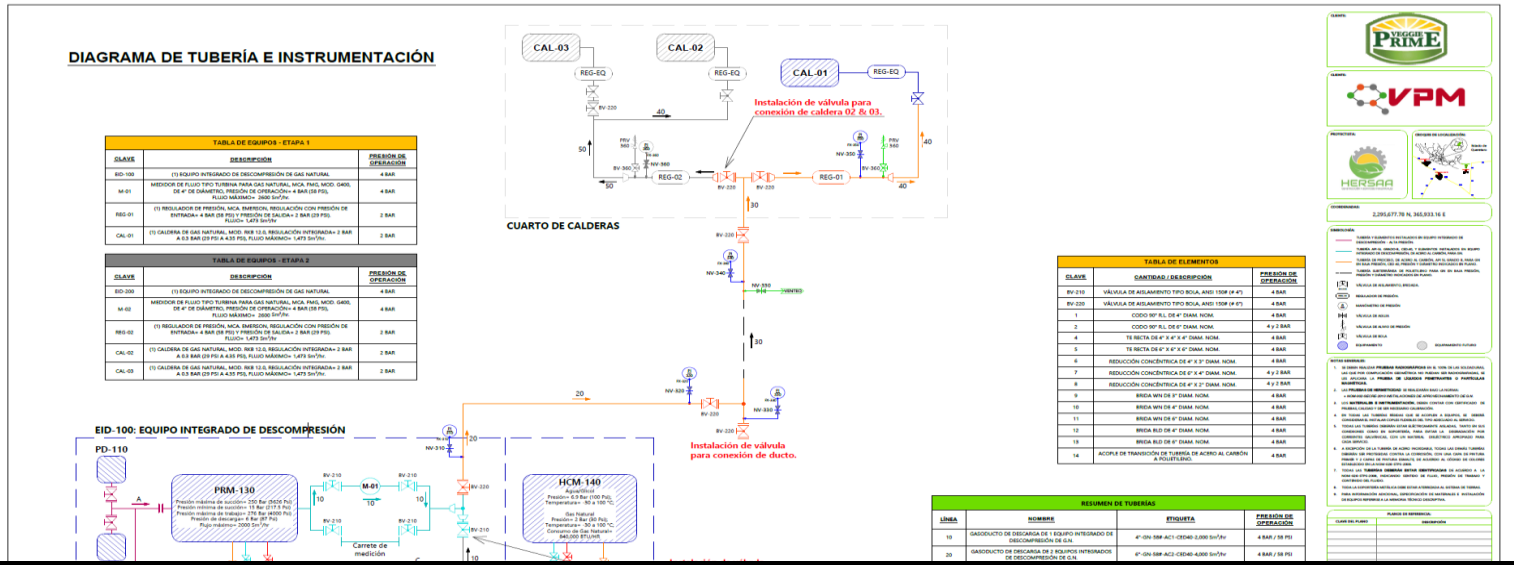
Cuando el **PLC** registra una alarma, el **PRS** no operará hasta que la condición de falla no haya sido corregida y el botón “Reset” oprimido. Para limpiar las alarmas asegúrese que las condiciones de falla hayan sido corregidas. Después se procede a oprimir el botón “Reset”. El **PRS** retornará a operación normal. Si las alarmas no han sido apropiadamente corregidas, el panel presentará nuevamente el estado de alarma.

Las advertencias no son como las alarmas; éstas se anunciarán en la pantalla y en ciertos casos detendrán el equipo, sin embargo, no detendrán totalmente el **PRS**.

Tabla 7. Condiciones de operación del **PRS**.

Característica	Descripción
Modelo	PRS-2000
Flujo nominal	2000 Sm^3/h
Presión máxima	276 Bar
Rango de presión de descarga	6 Bar
Mínima presión de succión a la PR a 4 Bar de descarga	15Bar
Tipo de Medidor	Fluido Oscilante-Compensación por Presión y Temperatura
Precisión	Certificado para Transferencia de Custodia
Temperatura de descarga	10-30 °C
Máximo calor del gas de entrada	500,000 Btu/h

Figura 14. Diagrama de tubería e instrumentación del **Proyecto** (**Anexo 01.12**).



UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

II.2. Sustancia a manejar.

Sustancia	Capacidad máxima de descompresión y suministro (m^3/hr)	CAS	Riesgo Mayor	Tipo de almacenamiento	Familia química	Características de peligrosidad				
						Propiedades físicas y químicas		NOM-018-STPS-2000		
						Estado físico	Olor	S	I	R
Gas natural	2,000	8006-14-2	Incendio Formación de nubes explosivas y/o flamables, así como explosión	No aplica	Hidrocarburos	Gas	Mercaptanos	1	4	0

Tabla 8. Composición de la mezcla.

Nombre químico	%	CAS	Grado de Riesgo		
			S	I	R
Metano	83.0	74-82-2	1	4	0
Etano	11.0	74-84-0	1	4	0
Nitrógeno	6.0%	7727-37-9	1	0	0
Humedad	150.0 mg/m^3				

III. Descripción del entorno.

El **Proyecto** se ubicará dentro del predio de los invernaderos de la **Veggie Prime, S.A.P.I. de C.V.** en Avenida San Rafael #200, Ex hacienda de San Rafael El Marqués, Querétaro, en las siguientes coordenadas WGS84, UTM zona 14: X 365879.766, Y 2295682.57 y X 365951.348, Y 2295682.59.

El acceso al **Proyecto** es por la Carretera Estatal 510 (Carretera Atongo) hacia el lado este por el camino de terracería en el km 3.8 y que llega hasta llegar al predio de **Veggie Prime**.

III.1. Componentes abióticos.

III.1.1. Clima.

De acuerdo con esta clasificación, el clima en el **AP** es BS1kw Semiárido, templado, que se caracteriza por tener temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C; con un régimen de lluvias en verano del 5% al 10.2% anual.

Figura 15. Tipo de clima en el área del **Proyecto.**

Con el propósito de hacer un análisis más detallado de las condiciones meteorológicas del **AP,** se llevó a cabo una evaluación de la información generada por las estaciónes meteorológicas más cercanas al área de estudio. La información recopilada corresponde a registros de 59 años (1951-2010) (**Tabla 9**).

Tabla 9. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio (m.s.n.m. = metros sobre el nivel del mar).

Estación	Número	Municipio y estado	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
Nogales	00022046	Colon, Querétaro	20°41'55" N	108°08'39" W	2,053
Juriquilla	00022045	Querétaro, Querétaro	20°42’16” N	100°27’34” W	1,885
El Zamorano	00022049	Colon, Querétaro	20°54’15” N	100°12’42” W	2,558
Plantel 7	00020070	El Marqués, Querétaro	20°36’20” N	100°20’37” W	1,850

Con el registro de información de la estación se prosiguió a realizar un análisis de las variables climatológicas, temperatura y precipitación, obteniendo la siguiente información:

III.1.1.1. Temperatura.

La temperatura promedio anual registrada en las estaciones oscila entre los 13.7°C y los 19.7°C (con una temperatura promedio de 17°C). Los meses más cálidos son mayo y junio con una media de 19.7°C y 19.3°C, respectivamente. Los meses más fríos son diciembre, enero y febrero con 13.9 °C, 13.7°C y 14.8°C, respectivamente (**Tabla 10**).

Tabla 10. Temperatura media mensual registrada.

Mes	Nogales			Juriquilla			El Zamorano			Plantel 7			Media		
	22046			22045			22049			20070					
	Max	Med	Mín	Max	Med	Mín	Max	Med	Mín	Max	Med	Mín	Max	Med	Mín
Enero	20.4	13.4	6.3	23.1	13.6	4.1	20.9	13.1	5.4	23	14.5	5.9	21.9	13.7	5.4
Febrero	22.3	14.8	7.2	24.7	15	5.3	21.8	13.6	5.5	24.9	15.9	7	23.4	14.8	6.3
Marzo	24.2	16.5	8.7	26.9	16.8	6.8	23.8	15.3	6.8	26.5	18.1	9.6	25.4	16.7	8
Abril	26	18.1	10.3	28.5	19	9.4	25.6	16.8	8.1	27.9	19.7	11.5	27	18.4	9.8
Mayo	27.3	19.7	12	29.4	20.7	12	25.9	17.4	8.8	29.7	20.8	11.8	28.1	19.7	11.2
Junio	25.8	19.1	12.5	27.9	20.8	13.6	24.9	16.7	8.6	28.3	20.6	13	26.7	19.3	11.9
Julio	24	17.9	11.8	26.3	19.8	13.4	23.7	16	8.2	28	20.5	13.1	25.5	18.6	11.6
Agosto	24.1	17.8	11.6	26.4	19.8	13.1	24.2	16.3	8.5	27.5	20.3	13	25.6	18.6	11.6
Septiembre	23.3	17.1	11	25.9	19.1	12.4	23.5	15.8	8	26.2	19.6	13	24.7	17.9	11.1
Octubre	22	15.7	9.4	25.4	17.5	9.6	23.4	15.1	6.7	25.4	18.3	11.3	24.1	16.7	9.3
Noviembre	21.6	14.6	7.5	24.8	16	7.2	22.9	14.6	6.4	23.8	16.6	9.3	23.3	15.5	7.6
Diciembre	19.9	13	6.1	23.5	14.4	5.2	21.4	13.7	6	22.9	14.4	5.9	21.9	13.9	5.8
Promedio	**23.4**	**16.5**	**9.5**	**26.1**	17.7	**9.3**	**23.5**	**15.4**	**7.3**	**26.2**	**18.3**	**10.4**	**24.8**	**17**	**9.1**

III.1.1.2. Precipitación.

La precipitación media anual registrada en las estaciones varía entre 5.7 y 108.8 mm, con una precipitación media anual de 511.8 mm. La temporada de lluvias ocurre en los meses de abril a octubre, donde los meses más lluviosos son julio y agosto, con registros de precipitaciones de 108.8 y 97.2 mm, respectivamente. Por otro lado, los meses con menor precipitación son marzo y diciembre con registros de 7 y 5.7 mm, respectivamente (**Tabla 11**).

Tabla 11. Precipitación máxima diaria, media y máxima mensual.

Mes	Nogales		Juriquilla		El Zamorano		Plantel 7		MediaMedia	
	22046		22045		22049		20070			
	Media	Máxima	Media	Máxima	Media	Máxima	Media	Máxima	Media	Máxima
Enero	7.3	48.3	12.9	109	20.1	108.6	6.1	23.7	11.6	72.4
Febrero	3.4	21.8	14.4	167.7	11.9	94	22.3	188.1	13	117.9
Marzo	5.7	35.2	5.8	33.7	10.6	60	6	34.7	7	40.9
Abril	11.6	96.8	21.9	90.6	27.7	120.5	13.4	101.3	18.7	102.3
Mayo	28.6	81	39.1	118	54.8	135	18.5	70.3	35.3	101.1
Junio	74.4	219.1	87.3	197	97.9	182.5	86.3	158.5	86.5	189.3

Mes	Nogales 22046		Juriquilla 22045		El Zamorano 22049		Plantel 7 20070		MediaMedia	
	Media	Máxima	Media	Máxima	Media	Máxima	Media	Máxima	Media	Máxima
Julio	94	235.3	131.4	402.7	120.5	251.9	89.1	212.4	108.8	275.6
Agosto	66.2	144.7	104.9	207	97.1	163.7	120.7	212.8	97.2	182.1
Septiembre	35	113	76.6	197.5	98.4	254	108.1	271.1	79.5	209.1
Octubre	27.1	130.4	35.6	112.9	51.2	213.8	30.8	57	36.2	128.5
Noviembre	4.8	23.9	15.7	90.5	16.4	62	12.6	43.8	12.4	55.1
Diciembre	3.9	19.7	7.5	36.6	9.9	44.5	1.6	12.1	5.7	28.2
Anual	362		553.1		616.5		515.5		511.8	

III.1.1.3. Vientos dominantes.

Los datos de velocidad y dirección del viento provienen de la Estación Meteorológica Automatizada (**EMA**) más cercana al **AP** y que cuenta con registros de este tipo. En este caso, dicha **EMA** es **EMA** Huimilpan.

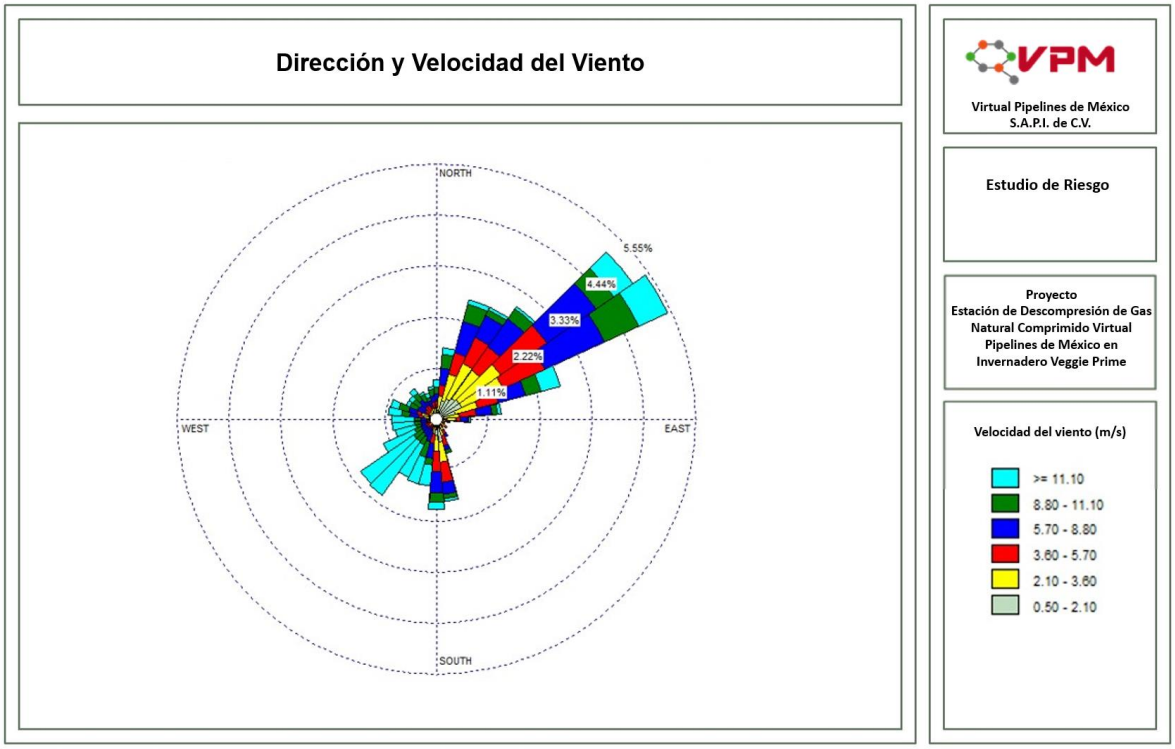
De acuerdo con los datos registrados por la **EMA**, el viento en esta zona tiene una dirección promedio de 146.21°. De acuerdo con esto, la dirección del viento fluye predominantemente de NW a SE, en la zona del **Proyecto**. Por otra parte, su velocidad promedio es de 3.72 m/s. Los meses en los que la velocidad promedio es mayor son febrero, marzo y abril con 6.02, 5.65 y 6.68 m/s, respectivamente. En contraparte, la velocidad promedio más baja es de 2.20 m/s y corresponde al mes de septiembre. La rosa de los vientos se presenta en la

Tabla 12. Cuadro de velocidades medias y máximas de los vientos mensuales (m/s) en la estación **EMA** Humilpan, Querétaro

Mes	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	182.22	3.96
Febrero	152.57	6.02
Marzo	168.06	5.65
Abril	181.56	6.68
Mayo	151.32	4.40
Junio	124.85	2.86
Julio	112.80	2.45
Agosto	95.36	2.80

Mes	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)
Septiembre	121.83	2.20
Octubre	166.77	2.84
Noviembre	125.64	2.28
Diciembre	171.55	2.55
Media	**146.21**	**3.72**

Figura 16. Dirección predominante del viento en las zonas cercanas al área del **Proyecto.**



III.1.2. Fenómenos climatológicos.

En las estaciones meteorológicas reportadas anteriormente se presentan los datos para los siguientes fenómenos climatológicos: lluvia, neblina, granizo y tormentas eléctricas. El número de días promedio mensual se describe en la

Tabla 13.

Tabla 13. Promedio mensual de días con lluvia, niebla, granizo y tormentas que se registraron en las estaciones meterológicas cercanas al **Proyecto**.

Estación	Eventos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Nogales	Lluvia	1.7	1.2	1.3	1.8	4.0	6.9	8.0	5.5	4.0	3.0	1.2	1.3	39.9
	Niebla	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	1.0	1.2	0.9	4.2
	Granizo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Tormenta Eléctrica	0.0	0.2	0.0	0.2	0.4	0.8	0.5	0.6	0.6	0.7	0.3	0.0	4.3
Juriquilla	Lluvia	1.7	1.3	1.0	3.0	5.0	7.8	10.3	8.5	6.9	4.1	1.6	1.4	52.6
	Niebla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	Granizo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	Tormenta Eléctrica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.1	1.3
El Zamorano	Lluvia	2.7	1.7	1.5	3.3	6.5	8.2	9.3	8.1	7.8	4.1	2.1	2.0	57.3
	Niebla	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	0.2	0.0	0.0	1.0
	Granizo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Tormenta Eléctrica	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	1.8
Plantel 7	Lluvia	1.2	1.2	1.4	1.8	3.9	7.3	7.4	8.5	7.9	4.3	1.5	0.8	47.2
	Niebla	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.2	1.7	0.1	3.1
	Granizo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Tormenta Eléctrica	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3

III.1.2.1. Heladas.

Una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno es < 0 °C durante un tiempo mayor a cuatro horas. Conforme al Atlas Nacional de Riesgos por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (**CENAPRED**)[3], el **AP** se encuentra en una zona de peligro bajo por ocurrencia de heladas (**Figura 17**).

[3] http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

Figura 17. Nivel de peligro por heladas en el área del **Proyecto.**

III.1.2.2. Ciclones (huracanes).

El **CENAPRED** define los ciclones tropicales como masas de aire cálido y húmedo que se forman en el mar a temperaturas mayores a 26°C, con vientos fuertes que giran alrededor de una zona central en sentido contrario a las manecillas de reloj. De acuerdo con el **CENAPRED** y debido a la ubicación geográfica del **Proyecto**, el peligro por ciclones en el **AP** es bajo (**Figura 18**).

Figura 18. Nivel de peligro por ciclones en el área del **Proyecto.**

III.1.2.3. Granizo.

El granizo es un tipo de precipitación que se forma cuando las gotas de agua al interior de las nubes de tormenta (cumulonimbos) son impulsadas hacia zonas frías, en donde se congelan. Al chocar con otras gotas congeladas se aglutinan y crecen formando piedras de hielo que se precipitan debido a su peso. De acuerdo con los datos del **CENAPRED**, el **AP** se encuentra en una zona donde el nivel de peligro por granizo es medio (**Figura 19**).

Figura 19. Nivel de peligro por granizo en el área del **Proyecto.**

III.1.2.4. Sequía.

La sequía es una condición normal y recurrente del clima. Ocurre o puede ocurrir en todas las zonas climáticas, aunque sus características varían significativamente de una región a otra. Se define como un conjunto de condiciones ambientales atmosféricas de muy poca humedad que se extienden durante un periodo suficientemente prolongado como para que la falta de lluvias cause un grave desequilibrio hidrológico y ecológico.

Otros factores climáticos como las altas temperaturas, los vientos fuertes y una baja humedad relativa están frecuentemente asociados con la sequía. Aun cuando el clima es el principal elemento de la sequía, otros factores como los cambios en el uso del suelo (la deforestación, agricultura, zonas urbanas), la quema de combustibles fósiles, las manchas solares, la ocurrencia de El Niño y otros fenómenos, afectan las características hidrológicas de la región.

Debido a que las regiones están interconectadas por sistemas hidrológicos, el impacto por sequía puede extenderse más allá de las fronteras del área con deficiente precipitación.

De acuerdo con los datos del Atlas de Riesgos del **CENAPRED**, el **AP** se encuentra en una zona con un peligro bajo por sequía (**Figura 20**).

Figura 20. Nivel de peligro por sequía en el área del **Proyecto.**

III.1.2.5. Inundaciones.

Las inundaciones son fenómenos hidrometeorológicos que, de acuerdo con el **CENAPRED**, consisten en el incremento del nivel de superficie libre de un cuerpo de agua (río, lago, mar, etc.) que ocasiona la invasión del agua en sitios usualmente secos. Las inundaciones se generan debido a la ocurrencia de eventos extraordinarios como tormentas, oleaje por huracanes o incluso por fallas en estructuras hidráulicas como presas. El **AP** se encuentran en una zona con un nivel de peligro por inundaciones bajo (**Figura 21**).

Figura 21. Nivel de peligro por inundaciones en el área del **Proyecto.**

III.1.3. Geología.

Dentro del **AP** existe una unidad litoestratigráfica la cual corresponde a suelo formado por depósitos aluviales que son una masa de sedimentos detríticos que ha sido transportada y sedimentada por un flujo de arena, sedimento, grava y barro arrojado por los ríos y arroyos (**Figura 22**).

Tabla 14. Unidades litológicas presentes en el área del **Proyecto**.

Clave	Unidad litoestratigráfica	Área del Proyecto	
		m²	ha
Q(al)	Aluvial	1,524.19	0.15
Total		**1,524.19**	**0.15**

Figura 22. Unidades litoestatigráficas presentes en el área del **Proyecto.**

Un sistema de topoformas se define como un conjunto de formas de terreno asociadas entre sí según algún patrón (o patrones) estructural(es) o degradativo(s) y que además presentan un mayor grado de uniformidad paisajística en relación con la unidad jerárquica que las comprende.

Las clases de topoformas se describen con base en la elevación, aspecto, componente, origen, material de depósito, ubicación, asociación y fase.

El **AP** se localiza dentro de un sistema de topoformas de tipo llanura. Este sistema se caracteriza por ser la parte orográfica de fondo es un tipo de relieve que se caracteriza por presentar una notable planicie u ondulaciones leves en el paisaje (**Figura 23**)

Figura 23. Topoformas en el área del **Proyecto.**

III.1.4. Relieve.

Entre las características más importantes del relieve se encuentran las que se refieren a las elevaciones, pendientes y exposiciones del terreno que determinan las topoformas de la superficie del terreno. Algunas características tales como fallas y fracturas tectónicas son parte complementaria de la morfología de una superficie determinada.

III.1.5. Altitud.

El **AP** se encuentran en una zona con elevaciones que van de los 1,900 a los 2,000 msnm (**Figura 24**).

Figura 24. Gradiente altitudinal en el área del **Proyecto.**

III.1.6. Presencia de fallas y fracturas.

Las fracturas pueden ser generadas por la concentración de esfuerzos en zonas de contraste composicionales (contactos de capas, cambios de facies, entre otros), por pérdida de volumen (compactación), por enfriamiento o durante una deformación contraccional o extensional. De acuerdo con el **INEGI,** en el **AP** no se observa ningún tipo de estructura geológica que pudiera comprometer el desarrollo del **Proyecto (Figura 25).**

Figura 25. Fallas y fracturas en el área del **Proyecto.**

III.1.7. Susceptibilidad de la zona de derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos.

Muchos de los taludes naturales se encuentran en una condición potencialmente inestable, de manera que los movimientos y los colapsos se pueden iniciar con facilidad. Los temblores intensos junto con los procesos de erosión son causas comunes que pueden actuar en diversas formas. Probablemente el factor más importante de todos los que pueden provocar un problema de inestabilidad de laderas naturales, sea el cambio en las condiciones de contenido de agua del subsuelo.

Esto puede ser generado por interferencia con las condiciones naturales de drenaje, evaporación excesiva de suelos que normalmente están húmedos o un incremento en el agua del subsuelo producido por lluvias excesivas.

Este último quizá sea el modo más común de afectar las condiciones del agua subterránea y es especialmente grave, porque las lluvias excesivas también incrementarán los escurrimientos superficiales que pueden provocar una erosión del material al pie de un talud e intensificar de este modo las tendencias al deslizamiento.

El suelo que se presenta en la zona es difícil de separase, lo cual no provocará deslizamiento.

Según la información del **CENAPRED** (2012) publicado por la **CONABIO** en el mapa de riesgos por deslizamiento de laderas en **México**, el **AP** pertenece a una región cuyo peligro por deslizamiento es muy bajo (**Figura 26**).

Figura 26. Nivel de peligro por deslizamiento de laderas en el área del **Proyecto.**

III.1.8. Regionalización sísmica.

La regionalización sísmica de México es la caracterización de las cuatro zonas sísmicas del país, la cual se realizó con base en los registros históricos de grandes sismos, los catálogos de sismicidad y datos de aceleración del terreno como consecuencia de sismos de gran magnitud.

- *Zona A, de baja sismicidad.* No presenta registros históricos por lo que no se han reportado sismos de magnitud considerable en los últimos 80 años. Aceleración menor al 10%.
- *Zona B, de media intensidad*. Es de moderada intensidad, pero las aceleraciones no alcanzan a rebasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

- *Zona C, de alta intensidad*. En esta zona hay más actividad que en la zona B, aunque las aceleraciones del suelo tampoco sobrepasan el 70% de la aceleración de gravedad.
- *Zona D*. Ha registrado con frecuencia grandes temblores y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores al 70% de gravedad.

De acuerdo con el mapa de regionalización sísmica de México, el **AP** se localiza dentro de la zona B, lo cual implica un riesgo moderado (**Figura 27**).

Figura 27. Regionalización sísmica en el área del **Proyecto.**

III.1.9. Intensidad sísmica

La intensidad sísmica se refiera al grado de afectación que la ocurrencia de un sismo puede tener sobre la infraestructura y las actividades humanas. Se mide a través de la escala modificada de Mercalli (Servicio Sismológico Nacional, s.f.) que se en la **Tabla 15**.

La intensidad de un sismo en un lugar determinado se evalúa mediante la Escala Modificada de Mercalli y se asigna en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y en el

terreno. De acuerdo con el mapa global de intensidad que representa la actividad sísmica en el país, el **AP** se encuentra en un nivel de intensidad V (**Figura 28**).

Tabla 15. Escala de Mercalli.

Intensidad	Efectos
I	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido muy claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como el paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libe por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas agitados; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta el colapso parcial; grande, en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunas estructuras bien construidas en madera se destruyen; la mayoría de las estructuras de mampostería y marcos destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado

Intensidad	Efectos
XI	Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcidos.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

Figura 28. Intensidad sísmica en el área del **Proyecto.**

III.1.10. Edafología.

Existen diferentes sistemas de clasificación de suelo, para el presente proyecto se utilizó la cartografía de **INEGI**, escala 1: 17,000, a partir de la cual se obtuvo que en el **AP** existe solo una unidad de suelo: Vertisol mázico (**Tabla 16**). En la **Figura 29** se presenta la ubicación del **AP** con respecto a los tipos de suelo.

El suelo tipo Vertisol mázico es de lugares con climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y dura o muy dura en los 20 cm superiores del horizonte, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad.

Tabla 16. Unidades edafológicas en el área del Proyecto

Clave según clasificación WRB	Tipo de suelo	Área del Proyecto	
		m²	ha
VRmzpe/3	Vertisol Mázico	1,524.19	0.15
Total		**15,24.19**	**0.15**

Figura 29. Unidades edafológicas presentes en el área del **Proyecto.**

III.1.11. Hidrología superficial.

El **AP** se localiza en la Región Hidrológica 12 Lerma Santiago, en la subcuenca Río Apaseo. La Región Hidrológica Lerma Santiago corresponde a una de las vertientes interiores más importantes del país y tiene una extensión de 132,916 km^2. Cubre el 21.52% de la superficie estatal, drenando las aguas del suroeste de la entidad hacia el río Lerma, para posteriormente verter sus aguas al Océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Laja (19.42%) y Río Lerma-Toluca (1.78%).

Dentro del **AP** no se identificaron cuerpos de agua, dentro del área del **SA** se encuentran 6 cauces menores de índole intermitente.

III.1.12. Hidrología subterránea.

El **AP** se encuentra en el acuífero Valle de Amazcala, el cual tiene una extensión de 217 km^2, se ubica en la porción suroccidental del estado, dentro del municipio de El Marqués.

El acuífero Valle de Amazcala cubre parcialmente el municipio de El Marques. Dentro de las principales poblaciones se encuentran Santa María Begoña, Chichimequillas, Amazcala, Tierra Blanca, Santa Cruz, Atongo, San Rafael entre otras.

De acuerdo a la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2015, el acuífero se clasifica en una zona de disponibilidad 1.

Actualmente, se tienen vedas para el aprovechamiento de agua del subsuelo desde el año de 1949 mediante Decreto oficial publicado en el Diario Oficial de la Federación, que señala que por causa de interés público y para protección de los mantos acuíferos se establece veda por tiempo indefinido, dentro de los municipios de Querétaro, Corregidora y El Marques.

Sin embargo, En este valle se tienen censados 134 aprovechamientos activos, de los cuales 105 corresponden al uso agrícola, abrevadero 11 y 18 pozos se utilizan para uso público urbano.

Tabla 17. Disponibilidad de agua subterránea en el acuífero Valle de Amazcala.

Acuífero	Disponibilidad media anual (hm^3/año)	Recarga total media anual (R) (hm^3/año)	Descarga natural comprometida (DNC) (hm^3/año)	Volumen de extracción de áreas subterráneas (VEAS) (m^3 anuales)	Déficit (m^3 anuales)
Valle de Amazcala	-23.247000	34.0	2.8	54.447000	-23,247,000

III.2. Componentes bióticos.

III.2.1. Flora y fauna.

El **AP** se desarrolla dentro de los terrenos destinados a la construcción de invernaderos de la empresa **Veggie Prime,** mismos que han tenido un uso agrícola desde hace años por lo que no existe vegetación forestal en ellos.

Debido a la situación actual del predio, el cual carece de vegetación y hay presencia de personal y desarrollo de infraestructura por parte de **Invernadro Veggie Prime**, éste carece de presencia de fauna.

Figura 30. Vista panorámica del sitio del Proyecto para el año 2019 previo a las obras del Invernadero Veggie Prime**.**

Figura 31. Estado actual del área del **Proyecto.**

III.3. Zonas vulnerables.

De conformidad a lo señalado en la guía de Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos (**ARSH**), para identificar las zonas vulnerables de población, componentes ambientales, infraestructura y uso de suelo, se realizará en un radio de 500 metros a partir de los límites del área del Proyecto (**AP**).

En la **Figura 32** y **Tabla 18** se presenta el inventario de zonas vulnerables del **Proyecto.**

Figura 32. Zonas vulnerables dentro del radio de 500 metros**.**

Tabla 18. Inventario de zonas vulnerables.

Asenamiento	Nombre/ Descripción	Municipio	Número de habitantes/trabajadores	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N, S, E, O, SE, NO, SO, NE)
Edificación		El Marqués	N/D	479.37	SW
Edificación		El Marqués	N/D	469.05	NE
Edificación		El Marqués	N/D	414.61	N
Servicio Médico	Clínica O Centro De Salud	El Marqués	N/D	423.90	SE
Localidad	Rural	El Marqués	347	445.44	SE
Localidad	San Rafael	El Marqués	N/D	498.49	NE
Tanque		El Marqués	N/D	441.19	SE
Cuerpo De Agua	Vaso del bordo	El Marqués	N/D	462.80	NW
Edificación		El Marqués	N/D	409.40	N
Edificación		El Marqués	N/D	482.34	NE
Edificación		El Marqués	N/D	443.15	NE
Edificación Cultural	Templo	El Marqués	N/D	5296.09	WE
Granja	Bovina	El Marqués	N/D	326.11	S
Granja	Avícola	El Marqués	N/D	353.79	N

Figura 33. Cruces de infraestructua del **Proyecto** en un radio de 500 m**.**

Tabla 19. Proximidades con cruces para un radio de 500 m.

Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)
Camino	Camino de terracería	53.15	E
Camino	Camino de terracería	144.91	W
Camino	Sin pavimento (grava)	340.42	S
Camino	Camino de terracería	401.49	S
Calle	Pavimentada	318.54	S
Camino	Vereda	359.85	N
Camino	Vereda	389.75	SW
Calle	Pavimentada	356.55	SE

Tabla 20. Uso de suelo y vegetación para un radio de 500 m.

Localización	Tipo de uso de suelo
Norte	Agricultura de temporal anual
Noroeste	Agricultura de temporal anual
Sur	Agricultura de riego anual y semipermanente
Sureste	Agricultura de riego anual y semipermanente
Noreste	Agricultura de temporal anual

IV. Análisis y evaluación de riesgos.

IV.1. Análisis preliminar de peligros.

El **HAZID** (Hazardad Identification) es una herramienta que nos permite identificar peligros laborales dentro y fuera de una instalación. Esta herramienta nos permite estudiar los riesgos desde el inicio de un diseño o construcción, de tal manera que nos permita reducir y evitarlos con tiempo antes de que se conviertan en riesgos potenciales y causar gastos fuera de lo planificado.

Es de suma importancia contar con la información de la infraestructura donde se aplica el **HAZID**, el clima y datos geográficos puesto que estos suelen ser el origen de peligros externos. Los resultados obtenidos y los peligros que sean identificados nos permitirán cumplir con los requisitos en materia de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente. Esta técnica hace uso de la experiencia y habilidades de un grupo multidisciplinario que evaluara los peligros o problemas operacionales que puedan llegar a su citarse a futuro.

Las premisas para el estado actual del sistema de compresión y distribución de **GN** nos permiten contemplar el uso de alguno de los dos tipos de **HAZID**; conceptual y/o detallado.

HAZID Conceptual: este estudio es llevado a cabo al inicio del Proyecto donde se describe y analiza factores tales como presupuesto, accesibilidad al sitio, planificación de procesos, poblaciones y medios bióticos etc. de la ubicación donde se encuentra la instalación.

La información disponible en esta etapa es mínima, pero es de suma importancia contar con los siguientes documentos para una mejor identificación de riesgos:

- Costos y cotizaciones de inversión: estos documentos serán de gran aporte para ver las limitaciones del Proyecto y con esto los recursos que se contaran para la ingeniería, construcción y puesta en marcha de la instalación, la falta de activos con lleva a tomar actitudes no profesionales e indicios de riesgos.
- Planes de desarrollo de campo.
- Legislación aplicable.
- Regulaciones ambientales.
- Estándares de la compañía de relevante aplicación
- Política operativa de la compañía
- Conocimientos del plan de respuesta de emergencia que será de ayuda para poder tener orientación y conocimiento de las rutas de evacuación en caso de emergencia. Asimismo, los cronogramas deberán ser estudiados para garantizar la seguridad del área y el personal involucrado en este. La información detallada del diseño, tecnología e instrumentos requeridos por la empresa a implementar: es de suma importancia pues con la ayuda de estos documentos se cumplirá con las normas establecidas al momento de empezar la construcción del diseño por ejemplo sistemas de seguridad, paneles antiexplosivos, de acero inoxidable, **PLC** de control de proceso, etc
- Conocimiento de normas establecidas en la construcción de instalaciones industriales que manejen sustancias altamente riesgosas lo cual es indispensable y urgente el cumplimiento de actividades de la instalación y su ejecución en orden para reducir los riesgos de accidente que afectaran a los trabajadores.

HAZID detallado: es aplicado una vez que el Proyecto ya ha comenzado, aquí se toma como referencia los riesgos y parámetros que existen en este actualmente. Durante las sesiones se busca considerar los factores externos que pueden afectar la instalación tales como seguridad, medio ambiente y entorno en el que se encuentra esta al momento de desarrollar operaciones, mantenimiento o ejecutar un proceso. Los documentos que se consideran relevantes para el desarrollo del **HAZID** detallado son:

- Diagrama de flujo.
- Balances de masa para cada diseño opcional.

- Planos de la planta.
- Descripción de los procesos incluyendo todas las operaciones proyectadas.
- Descripción del proyecto, incluyendo todas las opciones, problemas de ciclo de vida y flexibilidad planificada de la planta.
- Estrategias de seguridad: análisis para garantizar la estabilidad de las estrategias, evaluaciones y medidas de seguridad aplicadas, pues una debilidad en ellas afectara a las desarrolladas actualmente poniendo en riesgos al personal involucrado.
- Sistemas de seguridad pasivos y activos que serán contemplados en la instalación.

En ambos tipos de estudios **HAZID** el resultado esperado es encontrar las modificaciones y mejoras de operación, construcción, diseño que sean necesarias para administrar los riesgos. En el desarrollo del análisis **HAZID** conceptual y detallado para el sistema de descompresión, el equipo de especialistas en conjunto, realizó un listado potencial de las actividades y sus consecuencias para crear peligros que puedan surgir, así como mencionar las salvaguardas con las que se cuenta y que protegen contra la actividad analizada. Los posibles factores de peligros normalmente usados fueron: condiciones ambientales del sitio, diseños menores a los requeridos en la ingeniería, incumplimientos normativos, impacto social internos y externos de la empresa, desviaciones fuera de operación normal del proceso, condiciones o riesgos adyacentes a la instalación. Sin embargo, pueden utilizarse otros parámetros, según convenga al analista o grupo de trabajo.

Una vez que cada una de las situaciones de peligro fue identificada en las reuniones, el facilitador o líder **HAZID** recomendó al equipo de trabajo mejorar las problemáticas encontradas principalmente en los rubros de protección de seguridad inadecuada, diseños de ingeniería, diseño constructivo o incumplimiento normativo. Usualmente se recomendó tomar algunas acciones dirigidas a reducir el riesgo por severidad de la desviación potencial identificada, asegurando que estos peligros identificados fueran debidamente entendidos por todos los miembros del grupo multidisciplinario para lograr una adecuada administración de peligros con unas recomendaciones factibles para el cliente.

En el **Anexo 02** del presente estudio se presentan las hojas de trabajo del **HAZID** para el análisis preliminar de peligros.

IV.1.1. Resultados del análisis HAZID.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los peligros identificados de acuerdo al nivel de riesgo y grado de peligro obtenido, de conformidad a las desviaciones obtenidas de forma temprana en el diseño conceptual del proyecto de mayor a menor grado de peligro.

Tabla 21. Resultados Hazid por grados de peligro en la categoría o actividad.

No	Categoría o actividad	Desviaciones	Peligros	FR	MR	FR	Grado de peligro analizado	Nivel de riesgo
5	Seguridad física	1. Sabotaje, delincuencia organizada o terrorismo	1. Daño a las instalaciones que pudiera ocasionar incendio y explosión. 2. Lesiones al personal operativo. 3. Contaminación al ambiente por las emisiones de gases de combustión.	4	DP	3	**C**	**12**
					EP	3	**C**	**12**
					IA	3	**C**	**12**
					DIP	3	**C**	**12**
1	Impacto social	1.3. Volcadura de semirremolque de cilindros dentro de la instalación por choque o malas maniobras de acomodo.	1. Daño a los equipos de la instalación. 2. Fuga de **GNC** del cilindro con posible incendio o explosión 3. Lesión a personal operativo de la instalación	4	DP	3	**C**	**12**
					EP	3	**C**	**12**
					IA	3	**C**	**12**
					DIP	3	**C**	**12**
2	Aspectos ambientales	2.4 Temperaturas extremas	1. Incendios fuera del polígono de la instalación (Analizado en 2.1) 2. Posible daños a los equipos. 3. Posible fuga de gas natural con posible conato de incendio por sobrepresión en equipos y accesorios.	4	DP	3	**C**	**12**
					EP	3	**C**	**12**
					IA	3	**C**	**12**
					DIP	3	**C**	**12**
6	Ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos constructivos de la instalación	2. Falta de señalización de seguridad e información en el área de trabajo.	1. Lesiones menores al personal operativo que amerita primeros auxilios. 2. Incumplimiento a la normatividad 3. Sanciones por parte de las autoridades	5	DP	2	**C**	**10**
					EP	2	**C**	**10**
					IA	2	**C**	**10**
					DIP	2	**C**	**10**
8	Diseño de los equipos y sistemas de seguridad	1. Área sin protección	1. Lesiones al personal. 2. Daños a la instalación por incendio o explosión de petrolíferos	5	DP	2	**C**	**10**
					EP	2	**C**	**10**
					IA	1	**C**	**10**
					DIP	2	**C**	**10**

No	Categoría o actividad	Desviaciones	Peligros	FR	MR	FR	Grado de peligro analizado	Nivel de riesgo
6	Ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos constructivos de la instalación	4. Falta de identificación de señalización de tuberías y recipientes	1. Incumplimiento a la normatividad de seguridad. 2. Mala operación. 3. Inseguridad en equipos y personal operativo	4	DP	2	C	8
					EP	2	C	8
					IA	2	C	8
					DIP	2	C	8
7	Coordinación de trabajos entre las diferentes empresas (proveedor-suministrados-consumidor)	1. Falta de comunicación	1. Lesiones y fatalidades. 2. Daños a las instalaciones por incendio o explosión. 3. Paro de operación de las instalaciones.	4	DP	2	C	8
					EP	2	C	8
					IA	2	C	8
					DIP	2	C	8
2	Aspectos ambientales	2.3. Fuertes Vientos	1. Afectación a las instalaciones.	6	DP	1	C	6
					EP	1	C	6
					IA	1	C	6
					DIP	1	C	6
2	Aspectos ambientales	2.8. Tormentas eléctricas	1. Daño de instrumentos. 2. Daño a equipos estáticos y dinámicos. 3. Incendio forestal (Analizado en 2.1).	6	DP	1	C	6
					EP	1	C	6
					IA	1	C	6
					DIP	1	C	6
6	Ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos constructivos de la instalación	1. Bloqueo de rutas y pasillos de las áreas de trabajo.	1. Lesiones menores al personal operativo que amerita primeros auxilios.	6	DP	1	C	6
					EP	1	C	6
					IA	1	C	6
					DIP	1	C	6
2	Aspectos ambientales	2.1. Incendio fuera del polígono de la instalación.	1. Daño a los equipos por radiación adyacente en su estructura. 2. Intoxicación por humo al personal operativo.	3	DP	2	C	6
					EP	2	C	6
					IA	2	C	6
					DIP	2	C	6

No	Categoría o actividad	Desviaciones	Peligros	FR	MR	FR	Grado de peligro analizado	Nivel de riesgo
			3. Paro de la planta. 4. Posible incremento de la presión y temperatura de las tuberías y accesorios del sistema de descompresión.					
2	Aspectos ambientales	2.6. Niebla	1. Disminución de la visibilidad. 2. Accidente vehicular.	3	DP	2	**C**	**6**
					EP	2	**C**	**6**
					IA	2	**C**	**6**
					DIP	2	**C**	**6**
2	Aspectos ambientales	2.10. Hundimientos, derrumbes y fracturas	1. Daño a las estructuras de las instalaciones	2	DP	3	**C**	**6**
					EP	3	**C**	**6**
					IA	3	**C**	**6**
					DIP	3	**C**	**6**
6	Ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos constructivos de la instalación	5. Falta de condiciones seguras en áreas cerradas de la instalación.	1. Incomodidad del personal operativo. 2. Daño a los dispositivos electrónicos. 3. Paro de las instalaciones.	6	DP	1	**C**	**6**
					EP	1	**C**	**6**
					IA	1	**C**	**6**
					DIP	1	**C**	**6**
6	Ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos constructivos de la instalación	6. Riesgo eléctrico	1. Lesión al personal operativo. 2. Daños a la instalación.	2	DP	3	**C**	**6**
					EP	3	**C**	**6**
					IA	3	**C**	**6**
					DIP	3	**C**	**6**
8	Diseño de los equipos y sistemas de seguridad	2. Menor al requerido por la normatividad	1. Incremento del riesgo no tolerable para la instalación. 2. Daños a la instalación por incendio y explosión de petrolíferos.	5	DP	1	**C**	**5**
					EP	1	**C**	**5**
					IA	1	**C**	**5**
					DIP	1	**C**	**5**

No	Categoría o actividad	Desviaciones	Peligros	FR	MR	FR	Grado de peligro analizado	Nivel de riesgo
			3. Multas y sanciones económicas a la empresa. 4. Incremento de la póliza de seguros y fianzas 5. Lesiones al personal					
2	Aspectos ambientales	2.2. Lluvias Torrenciales	1. Inundación de las instalaciones con afectación a los equipos 2. Falla en el suministro de energía eléctrica 3. Bloqueo temporal al acceso a la instalación	4	DP	1	**D**	**4**
					EP	1	**D**	**4**
					IA	1	**D**	**4**
					DIP	1	**D**	**4**
6	Ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos constructivos de la instalación	3. Falta de identificación de los equipos de operación (TAG)	1. Mala operación. 2. Condiciones inseguras de operación	4	DP	1	**D**	**4**
					EP	1	**D**	**4**
					IA	1	**D**	**4**
					DIP	1	**D**	**4**
1	Impacto social	1.2. Falta de recursos de apoyo externo en materia de protección civil	1. Imposibilidad de comunicación con la población. 2. Incumplimientos en los planes de emergencia de protección civil	3	DP	1	**D**	**3**
					EP	1	**D**	**3**
					IA	1	**D**	**3**
					DIP	1	**D**	**3**
2	Aspectos ambientales	2.9. Ciclones y huracanes	1. Afectación a las instalaciones.	3	DP	1	**D**	**3**
					EP	1	**D**	**3**
					IA	1	**D**	**3**
					DIP	1	**D**	**3**
2	Aspectos ambientales	2.11. Fauna nociva	1. Obstrucción de líneas y equipos por la invasión de fauna externa a la instalación	3	DP	1	**D**	**3**
					EP	1	**D**	**3**

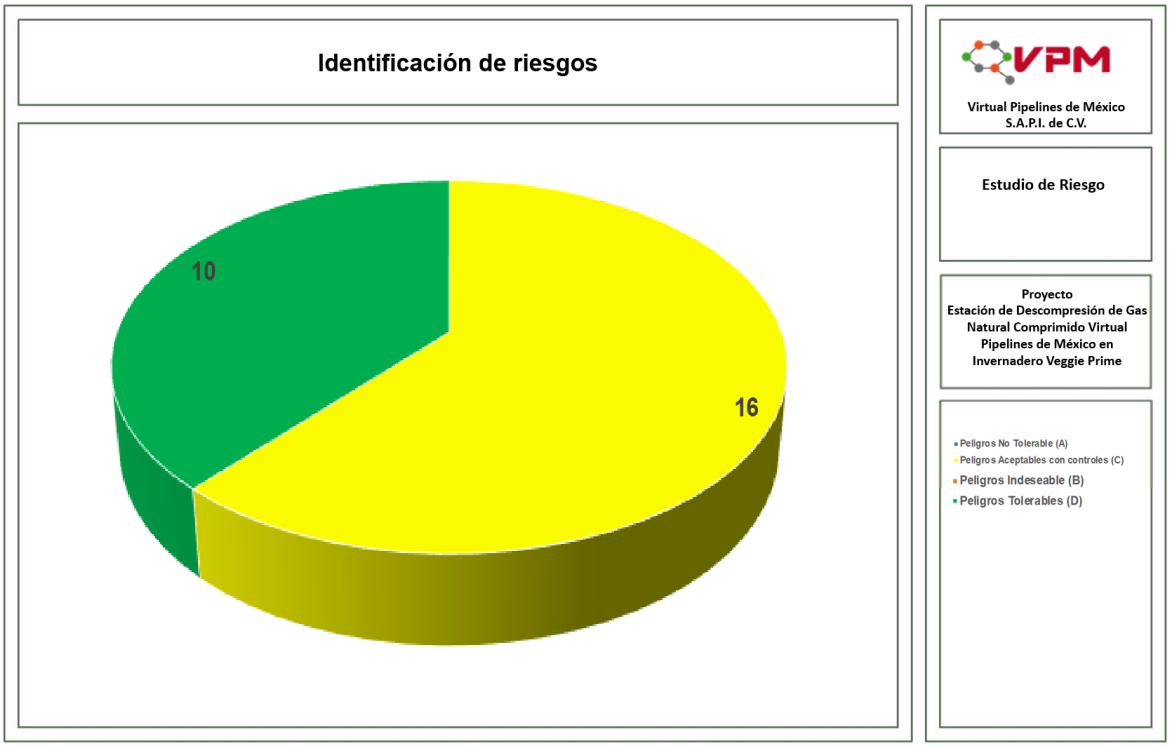
No	Categoría o actividad	Desviaciones	Peligros	FR	MR	FR	Grado de peligro analizado	Nivel de riesgo
					IA	1	D	3
					DIP	1	D	3
2	Aspectos ambientales	2.7. Sismo de intensidad mayor a 6.0 grados escala de Richter	1. Posibles fracturas en la estructura de la instalación. 2. Fractura de tuberías con posible fuga de gas natural con incendio o explosión.	1	DP	3	D	3
					EP	3	D	3
					IA	3	D	3
					DIP	3	D	3
2	Aspectos ambientales	2.5. Alta humedad en el ambiente	1. Daños a la conexión de los instrumentos de control. 2. Incremento en la corrosión de líneas u equipos. 3. Daños a las cámaras de seguridad de circuito cerrado.	1	DP	2	D	2
					EP	2	D	2
					IA	2	D	2
					DIP	2	D	2
1	Impacto social	1.1 Falta de información a la población de las actividades de la instalación	1. Bloqueos de las instalaciones. 2. Posibles inspecciones o auditorias por parte de la autoridad	1	DP	1	D	1
					EP	1	D	1
					IA	1	D	1
					DIP	1	D	1
2	Aspectos ambientales	2.12. Inundación	1. Inundación de las instalaciones con afectación a los equipos 2. Falla en el suministro de energía eléctrica 3. Bloqueo temporal al acceso a la instalación	1	DP	1	D	1
					EP	1	D	1
					IA	1	D	1
					DIP	1	D	1
4	Proximidad con centros de población	1. Siniestro dentro de la instalación que afecte a los centros de población.	1. Posible afectación a la población de las cercanías del centro urbano por radiación o sobrepresión.	1	DP	1	D	1
					EP	1	D	1
					IA	1	D	1

No	Categoría o actividad	Desviaciones	Peligros	FR	MR	FR	Grado de peligro analizado	Nivel de riesgo
			2. Contaminación al ambiente por emisión de gases de combustión. 3. Paro de la instalación.		DIP	1	**D**	**1**
3	Interacción con las vías de comunicación	1. Afectación al camino de acceso para invernadero VEGGIE PRIME.	Ningún peligro observado					

Cabe señalar que con base en los resultados obtenidos de la metodología **HAZID** (Hazardad Identification), se tienen un total de 26 desviaciones con diferentes peligros, que si estos no son considerados en el diseño e ingeniería del Proyecto. La clasificación de peligros queda de la siguiente manera:

- **Peligro no tolerable (A).** No se identificó ningún tipo de peligro en esta categoría.
- **Peligro indeseable (B).** El único peligro indeseable es el determinado por la seguridad física debido a acciones de sabotaje o delincuencia organizada. Éste último es un agente externo que puede llegar a ocurrir por la ubicación física del Proyecto.
- **Peligro aceptable con control (C).** Se obtuvieron 15 desviaciones de diferentes actividades relacionadas con impacto social, aspectos ambientales, ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos constructivos de la instalación, coordinación de trabajos entre las diferentes empresas (proveedor-suministrados-consumidor) y diseño de los equipos y sistemas de seguridad. Dichas desviaciones pueden reducir su categoría si en el diseño del Proyecto se cumple con las disposiciones de la normatividad y estándares nacionales e internacionales aplicables a los diferentes equipos, tuberías, válvulas, soldaduras, recipientes a presión, entre otros, así como a las condiciones meteorológicas, los fenómenos hidrometeorológicos y geológicos del sitio del Proyecto**.**
- **Peligros tolerables (D).** Se obtuvieron 10 desviaciones de diferentes actividades relacionadas con impacto social, aspectos ambientales, proximidad con centros de población, ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos constructivos de la instalación. Estas desviaciones tienen una probabilidad de ocurrencia de baja magnitud e intensidad y no requieren de controles específcos. Sin embargo, si deben ser fortalecidos y considerados en los criterios de diseño y desarrollo de la ingeniería del Proyecto.

Figura 34. Tipos de peligros identificados en el **HAZID.**



IV.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares.

El ámbito de aplicación de esta metodología observa una utilidad, principalmente, para el establecimiento de posibles riesgos en un sistema como el que se maneja en el **Proyecto**. Además, sirve para hacer una aproximación cuantitativa de la frecuencia de determinados tipos de accidentes, en caso de disponerse de una base estadística suficientemente representativa. La principal ventaja en el uso de esta metodología de análisis de riesgo ambiental es que el establecimiento de una hipótesis de accidentes se basa en casos reales. De esa forma, a continuación, se procede al planteamiento y desarrollo del análisis histórico de accidentes, tomando como marco de referencia los siniestros acontecidos tanto internacional como nacionalmente, conforme los siguientes puntos:

Marco general.

Las actividades del sector hidrocarburos como el transporte o manejo de sustancias como el gas natural, en todo proceso industrial que esta intervenga tiene cierto margen de riesgo que puede estar

vinculado a manifestaciones de eventos no deseados como incendios o explosiones (derivados de fugas e ignición) y otros factores como los siguientes:

a. Inadecuado control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación tales como bridas, empaques en válvulas y en los puntos de inicio y final.

b. La frecuencia, continuidad y características de los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo.

c. La eficiencia y rapidez de respuesta para el control de emergencias, de acuerdo con los planes de Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

En lo referente al control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación, este representa para el Proyecto un estudio de abatimiento del nivel de riesgo, debido a que la mayor parte de los materiales manejados en la industria de hidrocarburos han demostrado cumplir con los estándares de calidad más importantes establecidos por la Internacional Standard Organization (**ISO**), lo que generalmente resulta en nulas fallas en materiales y equipos de operación.

Debido a que el **Promovente** operará este sistema, estará atento a realizar con frecuencia y continuidad los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo, así como una oportuna y eficaz atención y respuesta para el control de emergencias a partir de la implementación de programas de Seguridad Industrial y Protección Ambiental y/o con la adopción de estándares de calidad cada vez más exigentes. Sin embargo, pudieran persistir algunos problemas, aunque en pequeña proporción, lo que provoca que existan factores extrínsecos a las labores y actividades de operación que pudieran derivar en problemas de accidentes. A pesar de que la industria del sector hidrocarburos tiene un registro de accidentes inferior al de otras actividades industriales, ésta es considerada de alto riesgo. Para el caso de México, los accidentes con gas natural han ocurrido en su mayoría en gasoductos, dichos eventos pusieron en manifiesto el alto grado de consecuencias derivadas de las manifestaciones del riesgo implícito que lleva la operación y manejo de sistemas que contienen el combustible mencionado.

Estadística general de accidentes.

Conforme a los datos publicados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en su página electrónica de internet (www.profepa.gob.mx), el análisis estatal y anual de accidentes en la República Mexicana para el periodo 2000-2014, presenta la siguiente estadística.

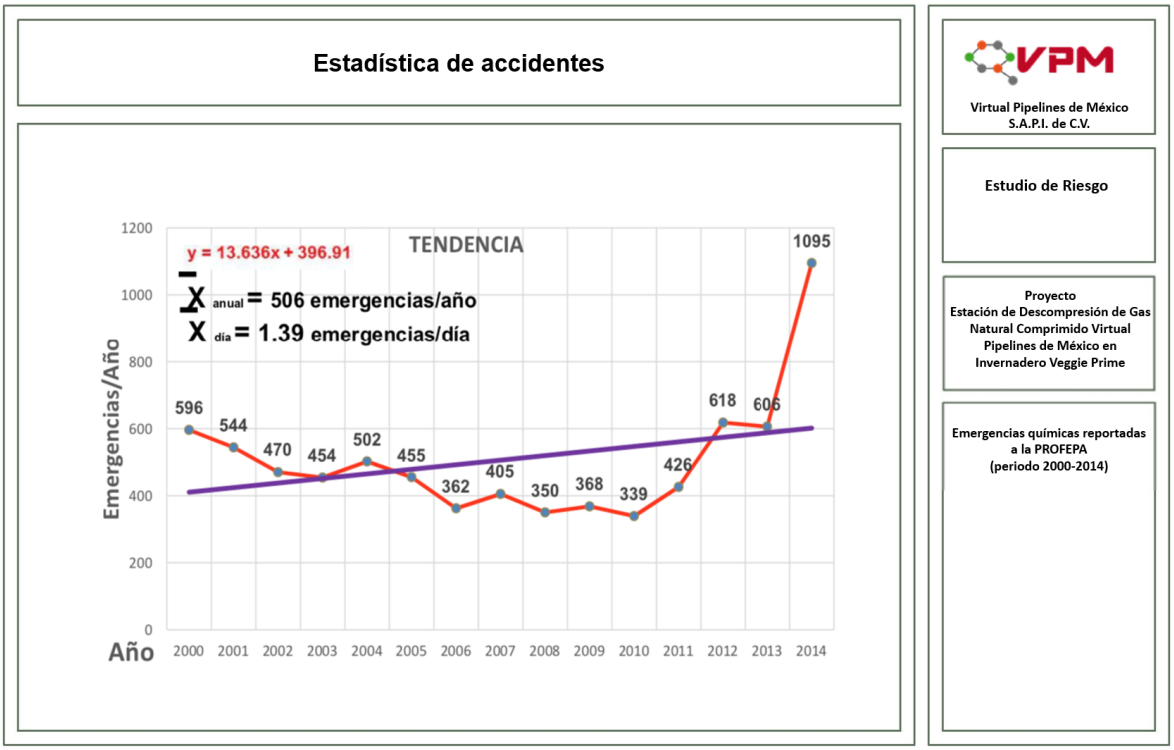
Tabla 22. Emergencias químicas reportadas a la PROFEPA (período 200-2014).

Estado	Año															Total	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Eventos	%
Veracruz	143	83	73	94	118	85	63	65	44	46	45	57	90	76	123	1205	15.88
Tabasco	98	93	92	60	65	63	46	59	26	29	9	12	20	24	95	791	10.42
Tamaulipas	10	33	30	41	44	32	44	44	58	36	23	22	34	42	63	556	7.33
Guanajuato	31	34	6	14	6	9	11	16	24	26	25	14	33	53	237	539	7.10
Campeche	39	41	41	48	116	38	5	10	2	4	2	6	6	5	12	375	4.94
México	25	19	19	21	8	23	15	11	14	12	21	17	35	51	59	350	4.61
Oaxaca	18	19	17	19	18	23	29	22	24	19	16	21	30	21	29	325	4.28
Puebla	12	16	20	30	11	19	8	7	7	22	20	28	25	23	62	310	4.08
Nuevo León	18	21	25	4	7	5	16	9	14	20	25	24	30	28	35	281	3.70
Sonora	13	15	4	6	13	15	10	18	12	4	9	20	55	29	37	260	3.43
Chiapas	21	21	32	20	13	21	13	18	14	12	8	4	13	3	9	222	2.92
Jalisco	19	8	5	8	2	13	11	11	7	11	18	13	30	24	38	218	2.87
Hidalgo	22	20	13	8	8	11	8	7	9	9	8	16	17	22	32	210	2.77
Ciudad de México	14	3	4	7	16	19	11	9	6	12	9	13	15	34	34	206	2.71
Chihuahua	4	8	3		1	6	13	13	12	8	10	20	24	29	35	186	2.45
Coahuila	25	19	12	9	7	6	7	5	6	14	8	18	15	10	10	171	2.25
Baja California	7	10	10	2	2	4	5	11	2	6	7	20	23	23	17	149	1.96
Michoacán	11	14	13	11	7	3	7	6	6	6	12	9	15	10	13	143	1.88
San Luís Potosí	11	16	17	13	2	17	2	8	7	7	5	9	8	8	9	139	1.83
Querétaro	9	3	5	6	6	1	6	9	7	11	10	11	13	10	27	134	1.77
Sinaloa	6	5	9	3	2	2	2	5	4	3	4	13	16	21	34	129	1.70

Estado	Año															Total	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Eventos	%
Zacatecas	2	4	3	3	1	8	4	10	5	9	15	11	15	13	22	125	1.65
Yucatán	3	5	2	7	7	2	4	5	6	7	4	8	13	8	8	89	1.17
Durango	5	10	4	3	5	9	1	9	4	0	3	4	8	5	8	78	1.03
Morelos	8	1	1	2	5	1	4	4	5	7	4	5	4	8	6	65	0.86
Tlaxcala	6	7	1	0	1	6	4	4	1	2	1	8	7	6	10	64	0.84
Guerrero	2	3	0	5	4	2	2	1	6	7	3	8	3	5	6	57	0.75
Baja California Sur	0	5	0	3	0	0	0	1	6	4	7	8	6	6	4	50	0.66
Aguascalientes	4	5	3	1	1	1	1	0	3	8	3	2	2	2	7	43	0.57
Colima	2	0	2	2	4	4	4	2	4	5	1	0	3	2	8	43	0.57
Nayarit	5	3	1	4	0	4	3	3	2	0	0	3	5	3	5	41	0.54
Quintana Roo	3	0	3	0	2	3	3	3	3	2	4	2	5	2	1	36	0.47
Total	**596**	**544**	**470**	**454**	**502**	**455**	**362**	**405**	**350**	**368**	**330**	**426**	**618**	**606**	**1095**	**7590**	**100.00**
Evento/Día	**1.63**	**1.49**	**1.29**	**1.24**	**1.38**	**1.25**	**0.99**	**1.11**	**0.96**	**1.01**	**0.93**	**1.17**	**1.69**	**1.66**	**3.00**	**1.39**	

En cuanto al factor estadístico en relación con el tiempo, la **PROFEPA** tiene la siguiente estadística de accidentes:

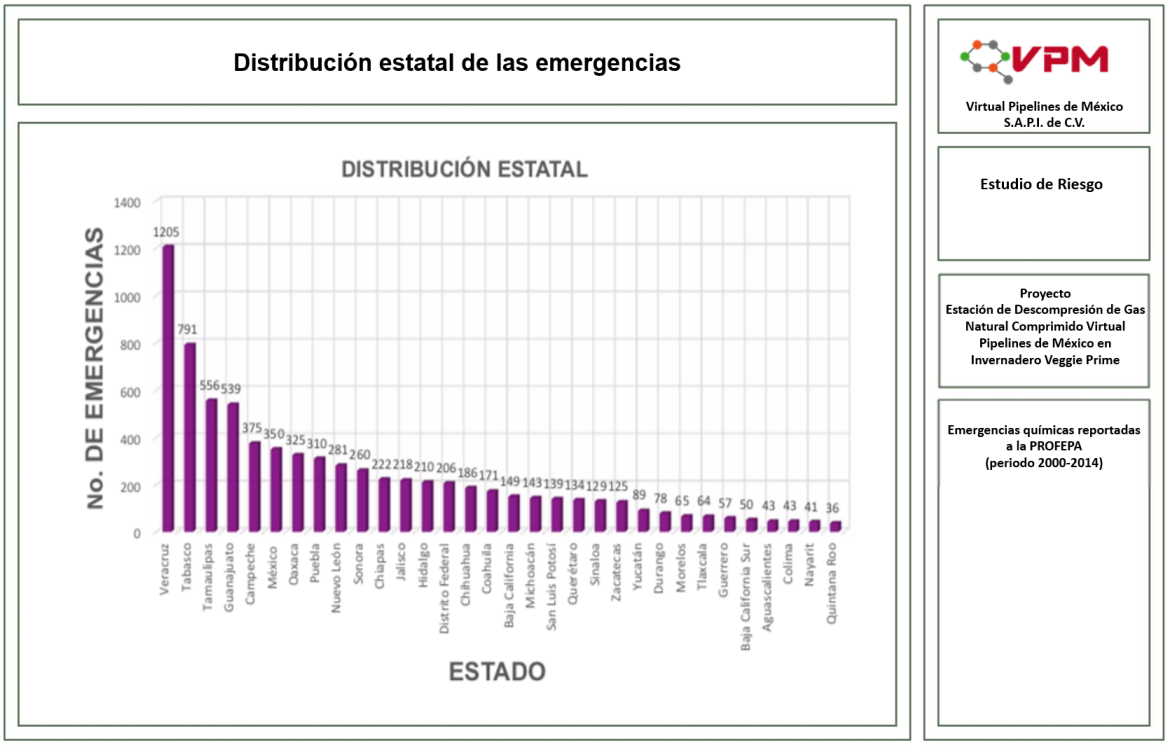
Figura 35. Emergencias químicas reportadas a la **PROFEPA** (periodo 2000-2014)**.**



Cabe mencionar que dentro de la información recopilada no se incluyen eventos de tipo doméstico o comercial (incendios en cines, hoteles, explosiones de cilindros de gas LP o doméstico), ni accidentes con materiales radioactivos. Se registran aquellos que ocurren en plantas industriales asociados con sustancias químicas y que en la mayoría de los casos los daños ocasionados trascienden los límites de propiedad; así como los que ocurren al exterior por el transporte de estas sustancias, que pueden provocar daños a la población y/o al ambiente, requiriendo la movilización de los cuerpos de respuesta a emergencias (protección civil, bomberos, etc.).

Por otro lado, en los estados de Veracruz, Tabasco, Tamaulipas, Guanajuato, Campeche y Ciudad de México se presentaron más del 50% de las emergencias ambientales, concentrándose en Veracruz alrededor del 20% del total a nivel nacional. Esto se debe a que en estos se concentra la mayor actividad petrolera, que provoca un gran movimiento de crudo y sus derivados. En el estado de Guanajuato y Ciudad de México por su posición geográfica, se tiene un gran flujo de vehículos que transportan sustancias químicas.

Figura 36. Distribución estatal de las emergencias químicas reportadas a la **PROFEPA** (periodo 2000-2014).



Es importante destacar que la mayor parte de estos eventos están constituidos por derrames; lo cual tiene especial importancia desde el punto de vista ambiental, ya que en general los productos derramados afectan al suelo y posiblemente al subsuelo, aguas subterráneas y cuerpos de agua superficiales. En el caso de fugas de sustancias peligrosas, aunque estas también pueden afectar a los recursos naturales, la principal preocupación radica en el riesgo que representan para la integridad y salud de las poblaciones, dada la posible rapidez con que pueden propagarse a distancia, abarcando extensiones que pueden ser significantes como nubes tóxicas, inflamables y/o explosivas.

Tabla 23. Tipo de emergencias químicas reportadas a la **PROFEPA** (período 2000-2014).

Año	Número de eventos	Tipo									
		Fuga		Derrame		Explosión		Incendio		Otro	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
2000	596	46	7.7	483	81.0	26	4.6	35	5.9	6	1.0
2001	544	50	9.2	455	83.6	14	2.5	21	3.9	4	0.7
2002	470	22	4.7	403	85.7	15	2.6	27	5.7	3	0.6

Año	Número de eventos	Tipo									
		Fuga		Derrame		Explosión		Incendio		Otro	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
2003	454	22	4.8	385	84.8	18	3.2	21	4.6	8	1.8
2004	502	29	5.8	445	88.6	10	1.8	18	3.6	0	0.00
2005	455	51	11.2	338	74.3	28	4.9	38	8.4	0	0.00
2006	362	51	14.1	251	69.3	31	5.5.	29	8.0	0	0.0
2007	405	54	13.3	292	72.1	25	4.4	34	8.4	0	0.0
2008	350	54	15.4	249	71.1	16	2.8	30	8.6	1	0.3
2009	368	67	18.2	245	66.6	22	3.9	34	9.2	0	0.00
2010	339	44	13.0	228	67.3	33	5.8	34	10.0	0	0.00
2011	426	65	15.3	273	64.1	50	8.8	36	8.5	2	0.5
2012	618	87	14.1	408	66.0	66	11.6	51	8.3	6	1.0
2013	606	102	16.8	384	63.4	70	12.3	44	7.3	6	1.0
2014	1095	139	12.7	819	74.8	51	9.0	83	7.6	3	0.3
Total	7590	883	11.6	5658	74.5	475	6.3	535	7.0	39	0.5

Los hidrocarburos constituyen la mayor frecuencia estuvieron presentes y en conjunto (petróleo crudo, gasolina, diésel, combustóleo, gas natural y gas LP) representan el 69.8% del total de las emergencias ambientales. Otras sustancias diferentes a los hidrocarburos, también frecuentes en las emergencias ambientales son amoníaco, ácido sulfúrico, solventes orgánicos, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio y cloro.

Tabla 24. Sustancias involucradas en los accidentes químicos reportados a la **PROFEPA** (período 2000-2014).

Nombre de la sustancia	%
Petróleo crudo	42.08
Gasolinas	7.83
Diésel	6.80
Combustóleo	5.39
Amoniaco	4.05
Gas LP	3.19
Gas natural	2.30
Aceites	2.27
Solventes orgánicos	2.26
Ácido Sulfúrico	1.09

Nombre de la sustancia	%
Otras sustancias	27.71
Total	100

El gas natural es un combustible que, si es utilizado o manejado con procedimientos y equipos adecuados, puede ser muy seguro. El riesgo del gas está fundamentalmente en el hecho de no saber usarlo y en el exceso de confianza. Los accidentes de gas natural se pueden evitar si el equipo de transporte, almacenamiento y de suministro es el adecuado, con un mantenimiento establecido y manejado por personal capacitado. El riesgo asociado a este tipo de proyectos se considera en la posibilidad de que se presente una fuga de gas, la cual puede provocar incendios o explosiones.

El uso de tuberías de transporte en los Estados Unidos de América, ha crecido gradual y constantemente. Inicia en el año de 1920 con el uso de tuberías de alta presión. Al final de la Segunda Guerra Mundial ya existían más de 131 000 kilómetros de tuberías interestatales en el país. Actualmente la industria del transporte de hidrocarburos ha crecido de tal manera que existen más de 482 700 km de tuberías interconectadas en redes de recolección y distribución, que suministran energéticos a más de 160 millones de consumidores. Esta información es obtenida por la Office of Pipelines Safety (OPS) de los Estados Unidos de América[4].

Las estadísticas en cuanto a incidentes en ductos de transporte de hidrocarburos publicadas por la OPS del Departamento de Transporte en los Estados Unidos (DOT) para el periodo de 1986 a 2004, indican que se registraron 3 358 accidentes, 37 muertes, 255 lesionados y pérdidas económicas por más de 859 millones 704 mil 423 dólares. Siendo la corrosión y los daños por terceras partes, las causas 1 y 2 respectivamente, con mayor número de registros.

Incidentes mayores en ductos de transporte de Petróleos Mexicanos Pemex

El sistema de transporte por ductos en el país consta de más de 55,000 km de tuberías dependientes de las cuatro subsidiarias que conforman **PEMEX**. Los fluidos transportados son crudo, gasolinas, Diesel, gas licuado, gas natural y productos petroquímicos, principalmente. Los diámetros de las tuberías varían desde 3" hasta 48" de diámetro, y comparten en gran medida los corredores de los derechos de vía (DDV), donde se realizan las tareas y actividades de operación, mantenimiento e inspección principalmente[5].

[4] Office of Pipeline Safety, OPS, USA, 2004. (Web http: // ops.dot.gov/stats/1q_sum.htm). Acceso 12/08/2004.

[5] Anuario Estadístico de Pemex, pp. 11, 23, 29,37, 2005.

Por otro lado, **PROFEPA**[6] monitoreó (durante el periodo comprendido entre los años de 1997 a 2001), los sistemas de transporte de hidrocarburos en tres diferentes medios, los cuales son: por ducto, marítimo y carretero, de donde se obtuvieron datos reveladores.

Pemex-Refinación opera y administra los poliductos en el territorio nacional; además de procesar el petróleo crudo, elabora productos refinados y distribuye: gas licuado, gasolinas, turbosina, diesel, combustóleo y otros, mediante una red de ductos, entre los que se encuentran los poliductos. Las tomas clandestinas provocan afectaciones a la población y grandes pérdidas económicas[15].

Cabe destacar que las principales causas que originaron emergencias y produjeron consecuencias importantes en el país durante el periodo 1994 a 2003 fueron: derrames de producto, contaminación y afectaciones a terceros (población civil).

Los casos más significativos, con mayor número de registros de accidentes, son debidos a: tomas clandestinas (304 casos), corrosión (125 casos) y golpe mecánico (6 casos), entre los más importantes[7].

Una compilación de estos registros y otros más que se presentaron en los sistemas de poliductos instalados en los derechos de vía del país durante el periodo 1994-2003 se muestran en la **Tabla 25**.

Tabla 25. Resumen de accidentes en ductos.

Causas	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	ST
Corrosión externa	7	7	23	19	35	27	-	3	1	3	125
Golpe mecánico	2	1	-	1	-	-	-	-	2	-	6
Falla de la soldadura tranversal	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
Tomas clandestinas	9	21	45	7	46	51	35	37	45	8	304
Golpe de ariete	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Fisura por sobrepresión	-	-	1	-	1	-	-	-	2	-	4
Falla de la abrazadera	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	2
Material defectuoso	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Sobre esfuerzo por movimiento de tierra	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Fuga en la válvula	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Ruptura de monoblock	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1

[6] Procuraduría Federal de Protección al Ambiente PROFEPA, Subprocuraduría de Auditoria Ambiental, Dirección General de Auditoria del Riesgo Ambiental y Prevención de Accidentes, 2001

[7] Datos de Accidentes de Pemex-Refinación, Subdirección de Distribución. Gerencia de Transportación por Ducto, Subgerencia Ductos Sureste, 2004.

Causas	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	ST
Total											441

Fuente: Olivera-Villaseñor, Ruperto Enrique; Rodríguez-Castellanos, Alejandro Estudio del riesgo en ductos de transporte de gasolinas y diesel en México Científica, vol. 16, núm. 4, octubre-diciembre, 2012, pp. 159-165 Instituto Politécnico Nacional**.**

Por tipo de incidente, el estudio muestra que son cuatro los básicos: explosión, fuga, fuego y nube de gas. El primero es el más frecuente para el gas natural y otras sustancias, con el 88.51% de los casos.

En la tabla siguiente, se muestran los accidentes y accidentes encontrados en las diferentes bases de datos nacionales e internacionales.

Tabla 26. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares.

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Fuente
1984	San Juan Ixhuatepec México	Terminal de almacenamiento de gas natural	Gas natural	Explosión con efecto dominó de las esferas y salchichas de almacenamiento de gas natural	Este accidente fue en las instalaciones del cabezal de distribución de **PEMEX** y la causa del percance se consideró por la falta de mantenimiento del equipo de almacenaje y del sistema contra incendios, además de una supervisión más estricta, por personal altamente capacitado	Este siniestro causo muchos miles de daños tanto materiales como humanos	PEMEX, 1984
1987	Nueva Jersey, USA	Tubería de gas natural	Gas natural	Una tubería de hierro fundido de 4" se fracturó tangencialmente resultando en una explosión.	La falla se había debilitado debido a la corrosión, la falla fue originada por fuerzas externas, el cabezal de hierro fundido fue remplazado por tubería aprobada de plástico.	Incendio en cas residencial	PROFEPA, 2005
1993	Villahermosa	Gasoducto	Gas natural	Fuga de gas natural	Se desconocen las causas	No hubo daños. Reparación de la fuga, sustituyendo un tramo de 195 m de tubería en el gasoducto.	PEMEX, 1993
1994	Coahuila	Red de distribución de gas natural	Gas natural	Fuga de gas natural en la línea de distribución con explosión	Falta de mantenimiento de la tubería de la red de distribución. Las medidas llevadas a cabo fueron: Renovación de la tubería de gas, reparación de fugas en medidores y un estudio de evaluación del área afectada.	Dos heridos gravemente.	PROFEPA, 2005

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Fuente
1994	Nuevo León	Centro de regulación de gas natural	Gas natural	Fuga de gas natural en el centro de regulación.	Durante el mantenimiento al purgar la válvula de salida del gas.	Se acordonó el área, evacuación de familias en un radio de 100 m a la redonda y suspensión de tráfico. No hubo daños al medio ambiente, ni pérdidas humanas.	PROFEPA, 2005
1996	Guadalajara México	Tanque estacionario casa habitación	Gas natural	Tanque estacionario se incendió y estalló	Tanque estacionario que estaba siendo llenado en un hogar se incendió y estalló	Causando 3 muertos y varios heridos de gravedad	PEMEX, 1996
1998	México	Estación de compresión de gas natural.	Gas natural.	Fuga de gas con explosión.	Separación de la conexión entre la línea de servicios de plástico y el accesorio de compresión instalado en la línea antes del medidor. Algunas excavaciones se habían llevado a cabo semanas antes del incidente para instalación de drenajes, el terreno no fue rellenado con seguridad.	Una casa fue dañada debido a una explosión resultante	PROFEPA, 2005
1999	Ciudad de México	Carrotanque de gas natural	Gas natural	Descargando gas natural el carrotanque que se incendió enfrente del café Tacuba en el centro histórico de la Ciudad de México	La causa falta de mantenimiento y verificación de las válvulas de exceso de flujo y de relevo (válvula de seguridad)	Solo hubo daños materiales.	PROFEPA, 2005

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Fuente
2000	Ciudad de México	Planta de almacenamiento y distribución de gas natural	Gas natural	La empresa Regio Gas tuvo un accidente de fuga de gas LP con fuego provocado por el arranque y descontrol de éste dentro de sus instalaciones en la Alcaldía Azcapotzalco.	La causa fue la falta de capacitación y de cumplir con las medidas de seguridad establecidas dentro de las instalaciones.	Los daños fueron del tipo material sin muertes.	PROFEPA, 2005
2000	Ciudad de México	Carrotanque de gas natural	Gas natural	La empresa Gas Luxor con una pipa de 12,500 litros en las calles de Reforma e Insurgentes se incendió.	La causa fue la imprudencia del conductor de la pipa, falta de capacitación y concientización del producto que se transporta	No hubo heridos, solo daños materiales	PROFEPA, 2005
2005	Kentucky, USA	Tubería de gas natural	Gas natural	Una tubería de gas de 30" que operaba a una presión de 987 psi, se rompió.	La causa probable fue debido a la corrosión en la tubería que tenía 29 años de haber sido instalada	La ruptura se extendió hasta 145 m y expuso la tubería fuera del subsuelo y otra tubería paralela adyacente de 12 m.	PROFEPA, 2005
2005	México	Estación de compresión de gas natural.	Gas natural.	Fuga de gas de una línea de 36" en el ensamblado de una válvula de compuerta. El ducto se torció y se originó un pequeño orificio, exponiendo una línea de	Fuga de una línea de 36 pulg en el ensamblado de una válvula de compuerta.	El chorro de gas se incendió y alcanzó un edificio de compresión que estaba a 75 metros de distancia: dos turbinas de 20,000 hp fueron destruidas y una resultó con daños, los edificios de	PROFEPA, 2005

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Fuente
				34 pulg de diámetro de la descarga de la turbina		control y medición que estaban a 183 m fueron destruidos, así como también el edificio de compresores y el taller. El flujo en el ducto se suspendió automáticamente por medio del cierre de las válvulas que se encontraban a 24 km de distancia, sin embargo, el gas remanente en el ducto continuó quemándose por 3 horas aprox.	
2009	Carolina del Norte, USA	Planta de ConAgra Slim Jim en Garner, Carolina del Norte	Gas natural	Explosión de gas natural	El accidente se produjo durante la operación de purga al aire libre de una tubería de acero de abastecimiento de gas que estaba conectado a un calentador de agua. Debido a las dificultades para encender el calentador de agua, la operación de purga se continuó durante un tiempo inusualmente largo, causando finalmente la nube de gas en el interior del edificio, acumulando gas a una concentración por encima de su límite inferior de explosividad. La nube de gas causó una	Ese accidente originó la pérdida de cuatro vidas humanas, causó heridas a otras 67 personas.	Agencia de Seguridad Química e Investigación de Peligros de los Estados Unidos de Norteamérica (CSB)

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Fuente
					explosión al ponerse en contacto con una fuente de ignición		
2010	Connecticut, USA	Red de distribución de gas natural	Gas natural	Explosión y fuego de la tubería de distribución de gas natural durante los trabajos de limpieza de la tubería.	Para quitar los residuos de la tubería, los trabajadores utilizaron el gas natural a alta presión de aproximadamente 650 libras por pulgada cuadrada. Durante este proceso, el gas natural encontró una fuente de ignición y explotó.	6 trabajadores fatalmente heridos	Agencia de Seguridad Química e Investigación de Peligros de los Estados Unidos de Norteamérica (CSB)
2014	San Pedro, Monterrey, N.L.	Red de distribución de gas natural	Gas natural	Explosión e incendio de gas natural en el sector Valle Oriente de San Pedro Garza García, en la zona metropolitana de Monterrey	La tubería dañada es la principal que abastece de gas natural al sector y resultó afectada al caerle una barda encima, la cual colapsó porque la tierra quedó reblandecida por lluvias recientes.	En este evento no hubo lesionados, pero si hubo daños materiales, las cuales fueron 3 vehículos que se encontraban cerca y el carril lateral de la avenida Lázaro Cárdenas. Cerca de dos mil personas fueron desalojadas de los inmuebles contiguos durante los primeros minutos del siniestro.	La Jornada, 2014

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Fuente
2012	San Miguel Xoxtla	Contenedores con cilindros de GNC	Gas natural	Explosión/incendio	Falla de sistema de carga de tanques para transporte	Emisión de partículas derivadas de la combustión de los contenedores. 3 personas heridas.	Reforma 2012
2015	Coyoacán, Ciudad de México	Red de distribución de gas natural	Gas natural	Explosión en tubería de conexión de gas natural.	Presuntamente a una mala maniobra en una tubería por parte de trabajadores contratados por la empresa Gas Natural Fenosa.	La explosión dejó a 4 personas heridas, incluidos los trabajadores, mientras que dos casas dúplex resultaron con serios daños, siendo evacuados los vecinos del lugar.	El Universal, 2015
2015	Tlapango, Tlaxcala	Red de distribución de gas natural	Gas natural	Fuga de gas natural por ruptura de tubería	Ruptura de un dueto de gas natural de 20 milímetros de diámetro de la empresa Maxigas.	Tras 2 horas de labores se logró la contención de la fuga. No se registró la pérdida de vidas humanas ni lesiones a terceros	La polilla, Tlaxcala
2015	Azcapotzalco, Ciudad de México	Red de distribución de gas natural	Gas natural	Fuga de gas natural por ruptura de tubería	Fracturada durante obras de construcción en calles de la colonia Santa Catarina de la Alcaldía Azcapotzalco.	La ruptura generó una fuga de gas que duró 2 horas hasta ser controlado por los bomberos. Debido a esto, se realizó el desalojo de habitantes a 500 metros a la redonda, unas 5 manzanas,	El Financiero, 2015

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Fuente
						aproximadamente 600 personas, a fin de prevenir una mayor emergencia. La válvula fue cerrada y bomberos esperaron a que la presión del gas disminuyera, mientras que con mangueras y agua evitaban que el gas se esparciera. No se reportaron personas lesionadas	

Como se puede observar los accidentes en su mayoría se pueden considerar errores humanos. Las fugas del gas natural pueden estar presentes en los elementos de servicio como son reguladores, bridas, válvulas y sellos o empaques, pero el mayor riesgo se presentará en el área de almacenamiento del gas.

Debido a que la densidad del gas natural es mayor que la del aire, se incrementa la posibilidad de la acumulación de una nube de vapor inflamable, la cual puede viajar y encenderse por calor, chispas o flamas y retroceder con flamas. Sobre este hecho las Plantas de almacenamiento y estaciones de carburación para vehículos que emplean como combustible el gas natural no están exentas de riesgo, por lo cual es necesario una estructuración simultanea tanto de las autoridades que las regulen, los usuarios y de los dueños para evitar todo tipo de siniestros.

IV.1.3. Identificación de peligros y escenarios de riesgo.

IV.1.3.1. Metodología HAZOP (Hazardous Operability Analysis).

La técnica de análisis de peligros y operabilidad (**HAZOP**) se basa en el principio de que varios expertos con diferentes especialidades pueden interactuar de una manera creativa y sistemática para identificar más problemas trabajando juntos que trabajando separados. La técnica de análisis **HAZOP** fue originalmente desarrollada por el Dr. Trevor Kletz en la década de 1970 en la compañía Imperial Chemical Industries, para evaluar la operación de sus instalaciones industriales. Posteriormente, esta técnica fue adaptada de manera colegiada por el American Institute of Chemical Engineers y difundida a partir de 1992 a través de las Guías editadas por el Center for Chemical Process Safety y es recomendada para identificar los problemas de seguridad y de operabilidad que se pudiesen presentar en una instalación durante su operación normal, arranque y paro (Aiche, 1999).

El **HAZOP** (Hazard Operability Study) es una técnica cualitativa que permite identificar postulados de accidentes que pudieran ocurrir en la instalación. Para desarrollar un estudio **HAZOP** se integra un grupo multidisciplinario de especialistas con experiencia y conocimiento en diseño, operación, mantenimiento y seguridad de instalaciones similares a la que se va a estudiar, encabezado por un líder con conocimiento profundo de la técnica. Se requiere que comprendan completamente el proceso y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las secciones del proceso y sus componentes, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal y las instalaciones durante la operación de las mismas.

La metodología consiste en dividir la instalación en subsistemas que tengan una identidad funcional propia y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, caudal, etc.).

Las desviaciones son establecidas de forma sistemática recurriendo a una lista de palabras guía que califican el tipo de desviación. Ejemplos de palabras guía más utilizadas son las siguientes:

Tabla 27. Palabras guía más utilizadas en la metodología **HAZOP.**

Palabra guía	
No/ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cuantitativo
Parte de	Decremento cuantitativo
Inversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

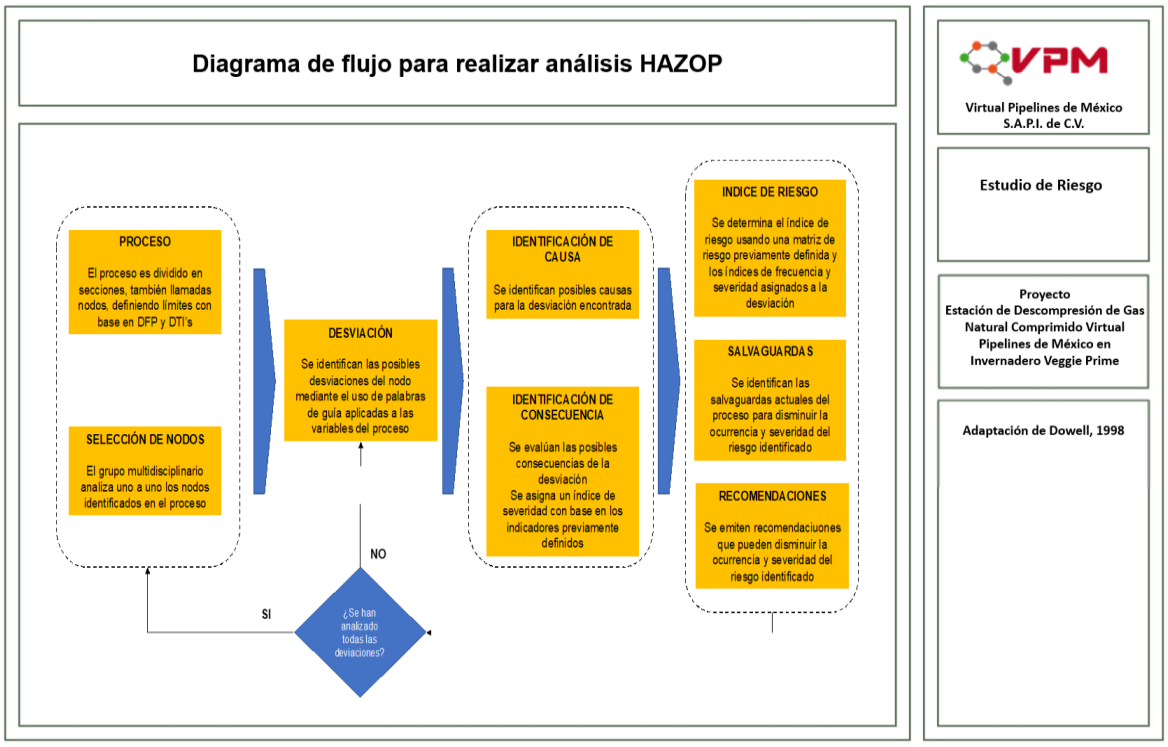
La identificación de peligros de un sistema en plantas de proceso y otras instalaciones es fundamental para garantizar un diseño y operación seguros. La metodología de identificación de riesgos **HAZOP** (Análisis de Peligros y Operabilidad) es una técnica para el análisis de peligros en procesos que es empleada durante el diseño de un proyecto, establecimiento de una instalación industrial o modificación mayor en un proceso.

Esta metodología consta de un procedimiento altamente disciplinado que permite identificar las posibles desviaciones de un proceso con respecto a su intención de diseño. El **HAZOP** se puede definir como la examinación crítica, sistemática y formal de un proceso y sus intenciones de diseño aplicado a instalaciones nuevas o existentes para evaluar el potencial de falla de partes individuales de equipos, y las consecuencias que se producirían como resultado en las instalaciones (Dunjó *et al.,* 2010).

La **Figura 37** muestra un diagrama de flujo general para realizar un análisis **HAZOP** (adaptación de Dowell III, 1998), para lo que es necesario contar con los diagramas de flujo de proceso (**DFP**) y tubería e instrumentación (**DTI**) del sistema y dividir el proceso en secciones manejables con límites definidos, también conocidas como nodos. Dentro de cada nodo se analizan las posibles desviaciones de las principales propiedades que caracterizan el proceso (presión, temperatura, flujo, etc.). Lo anterior, basándose en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia

de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros definidos en la intención de diseño. Dicho análisis, es realizado por un grupo multidisciplinario cuyos miembros deben contar con la experiencia y conocimientos necesarios del sistema.

Figura 37. Diagrama de flujo para realizar un análisis **HAZOP** (Adaptación de Dowell III, 1998).



Las desviaciones del sistema son establecidas de manera sistemática recurriendo a una lista de palabras guía (no, mayor, menor, tal como, etc.), que cualifican el tipo de desviación. Esto supone que los valores de diseño de los flujos, temperaturas, presiones, concentraciones, etc., son inherentemente seguros y operables. Una vez que han sido establecidas las desviaciones es necesario definir la posible causa de las mismas y determinar las consecuencias que tienen en las instalaciones. A fin de determinar el índice de riesgo de cada desviación, es necesario evaluar la frecuencia de la causa y severidad de la consecuencia con base en una matriz de riesgo definida previamente. El nivel de riesgo sirve como indicador para determinar si se cuenta con las salvaguardas necesarias o es necesario incluir recomendaciones en el diseño u operación del proceso. A continuación se detalla la aplicación de cada una de las etapas al proyecto.

A. Selección de nodos.

El análisis **HAZOP** de la Estación de descompresión se realizó con base en los VPM-VEGGIE PRIME-IMDTI-01-23112021-C (diagrama de tuberías e instrumentación). Los nodos identificados para el análisis se muestran en la **Tabla 28**.

Tabla 28. Descripción de nodos seleccionados para el análisis **HAZOP.**

Nodo	Equipo	Descripción del nodo
1	Descarga del semirremolque a través del poste de descarga integrado al módulo.	4 tanques contenedores con capacidad de 2,250 m^3 c/u @3,600 Psi son descargados a través de los postes de descarga integrados en la plataforma móvil a través de una tubería de 1 ½" Ø hasta el equipo de despresurización en cada uno de los equipos integrados de descompresión
2	Flujo de gas de alta presión **GNC** desde válvula de recepción hasta salida de intercambiadores de calor.	El **GNC** es calentado antes de reducir la presión a fin de evitar condiciones de operación con temperaturas por debajo de los 10°C, y que comprometan la integridad física de la instalación.
3	Válvulas reductoras de presión y descarga de **GNC**	La presión del **GNC** es reducida de 3,600 a 59 Psi a través de un sistema de tres etapas. En la primera etapa, la presión se reduce a 750 Psi; en la segunda a 175 Psi y finalmente es descargado a 59 Psi.
4	Alimentación de gas natural a sistema de calentamiento **HCM**.	El gas natural proviene del sistema PRS después de las tres etapas de reducción de presión y es alimentado como combustible para el BLR-01 del sistema HCM a 20 Psi.
5	Flujo de refrigerante en sistema de calentamiento **HCM**.	El **HCM** busca mantener la temperatura del gas de salida en el sistema PRM entre 10 y 40°C. Este módulo consiste de un boiler que calienta un circuito de agua que fluye a través del **PRM** y debe operar entre los 80 y 100°C.
6	Sistema de suministro de gas natural en baja presión.	Suministro de gas natural en tuberías de 3" y 4" D.N. en los equipos de la empresa Invernaderos Aguilares de tres válvulas de regulación, con flujos de 1,050 Sm^3/hr, 447 Sm^3/hr y 418 Sm^3/hr a una distancia de 60, 324 y 45 metros respectivamente

En el **Anexo 03** del presente Estudio de Riesgo se presentan las hojas de trabajo del **HAZOP**.

B. Resultados del análisis HAZOP.

En la **Tabla 29** se muestran los resultados del Hazop en los 6 nodos analizados de mayor a menor riesgo obtenido.

Tabla 29. Resultados del análisis **HAZOP.**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
1	1.2 Menos presión	3. Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque por golpe extremo	1. Fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	3	4	**12**
1	1.5 Menos flujo	3. Ruptura de manguera o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor / golpe extremo	1. Fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo PRS 2000.	3	4	**12**
1	1.16 Sin seguridad y vigilancia	1. Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada.	1. Daño a las instalaciones que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión. 2. Lesiones al personal operativo.	4	3	**12**
2	2.11 Menos temperatura	2. Menor flujo / temperatura de refrigerante proveniente de HCM por falla en medidores de temperatura en primera etapa de descompresión.	1. Disminución de temperatura en el sistema fuera de rangos de diseño. Posible daño a resistencia de material de intercambiadores de calor.	3	4	**12**
3	3.11 Menos temperatura	3. Entrada de gas natural a válvula reductora de presión en primera etapa de descompresión a baja temperatura por falla en sistema de calentamiento HCM.	1. Temperaturas de operación por debajo del límite de los materiales. Fractura de tuberías y fuga de material.	3	4	**12**
3	3.8 Flujo temprano	1. Descarga de tanque contenedor antes de que el sistema de calentamiento se encuentre listo para operar.	1. Temperatura de operación por debajo de la intención de diseño. Fuga de material por daño en resistencia mecánica de materiales	3	4	**12**
4	4.10 Menos temperatura	3. Falla de boiler	1. Fuga de gas natural que genera una atmósfera inflamable y/o explosiva. 2. Mezcla agua/glicol no alcanza temperatura de operación. Efectos en línea principal de gas natural y refrigerante analizados en nodos 2, 3 y 5.	3	4	**12**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
			3. Gas natural en línea principal opera a baja temperatura. Efecto analizado en nodo 2.			
5	5.5. Menos flujo	3. Falla de bomba	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas. Escenario analizado en nodo 2. 2. Falla prematura de boiler por falta de refrigerante a largo plazo.	3	4	**12**
5	5.6 No flujo	1. Falla de bomba.	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas. Escenario analizado en nodo.	3	4	**12**
6	6.2 Menos presión	2. Ruptura parcial o total de la tubería por poro de corrosión o golpe extremo.	1. Fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	3	4	**12**
3	3.4 Más flujo	1. Desajuste/falla de válvula de control de flujo. Escenario analizado en nodo 1.	1. Posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva. 2. Baja temperatura de gas a entrada de válvula reductora de presión causando operación fuera de la intención de diseño. Fuga de gas natural al dañarse la integridad del equipo.	3	4	**12**
1	1.2 Menos presión	1. Válvula manual para venteo abierta por descuido operacional	1. Fuga de gas natural con riesgo de nube inflamable y posible incendio y/o explosión.	3	3	**9**
1	1.2 Menos presión	5. Falla en acoplamiento / equipo al inicio de operaciones	1. Fuga de material a la atmósfera	3	3	**9**
1	1.5 Menos flujo	1. Válvula de venteo manual abierta	1. Fuga de GNC causando atmósfera inflamable / explosiva.	3	3	**9**
1	1.5 Menos flujo	6. Falla en acoplamiento / equipo al inicio de operaciones	1. Fuga de material a la atmósfera	3	3	**9**
2	2.10 Más temperatura	2. Mayor flujo/temperatura de refrigerante proveniente del HCM.	1. Sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones	3	3	**9**
3	3.4 Más flujo	1. Desajuste/falla de válvula de control de flujo. Escenario analizado en nodo 1.	1. Posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	3	3	**9**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
			2. Baja temperatura de gas a entrada de válvula reductora de presión causando operación fuera de la intención de diseño. Fuga de gas natural al dañarse la integridad del equipo.			
4	4.2 Menos presión	4. Falla de boiler.	1. Fuga de gas natural que genera una atmósfera inflamable y/o explosiva. 2. Mezcla agua/glicol no alcanza temperatura de operación. Escenario analizado en nodo 5. 3. GNC opera a baja temperatura. Escenario analizado en nodo 2	3	3	**9**
5	5.6 No flujo	2. Cierre de válvulas manuales de venteo por descuido operacional.	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas. Escenario analizado en nodo. 2. Daño de bomba.	3	3	**9**
2	2.11 Menos temperatura	4. Falla en la integridad física de uno de los intercambiadores de calor por corrosión.	1. Disminución de temperatura en el sistema que causa congelamiento y fractura del sistema con fuga de material a través de conexiones/sellos.	2	4	**8**
4	4.4. Más flujo	Falla de boiler.	1. Fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva. 2. Mezcla agua/glicol no alcanza temperatura de operación. Escenario analizado en nodo 5.	2	4	**8**
1	1.3 No presión	2. Falla en acoplamiento / equipo al inicio de operaciones	1. Fuga de gas natural al ambiente	2	3	**6**
1	1.4 Más flujo	1. Desajuste / falla de válvula de control de flujo	1. Posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	2	3	**6**
1	1.6 No flujo	2. Presión de descarga en tanque contenedor igual a presión en sistema PRS.	1. Acumulación de gas natural en el sistema.	3	2	**6**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
1	1.13 Más corrosión	2. Incremento de la humedad relativa en el medio ambiente	1. Incremento en la corrosión galvánica externa e interna ocasionando agrietamiento con fractura causando posible fuga de gas natural a la atmósfera:	2	3	**6**
1	1.14 Material incorrecto	1. Material fuera de especificaciones y sin la calidad solicitada, lo que ocasiona agrietamiento por fatiga de material, o agrietamiento inducido por nitrógeno.	1. Agrietamiento de material con fractura causando posible fuga de gas natural con riesgo de nube inflamable y posible incendio y/o explosión.	2	3	**6**
1	1.15.1. Sin capacitación	1. Errores operativos en el cierre de válvulas al inicio y durante el proceso de descompresión.	1. Afecta la operación por ineficiencias en el proceso de descompresión por Ineficiencia en descarga y demoras.	2	3	**6**
1	1.16.2. Fenómenos climáticos	1. Caída de una tormenta eléctrica que mediante un rayo ocasione daños a los semirremolques estacionados y PSR.	1. Puede ocasionar posible incendio y/o explosión de gas natural en los semirremolques.	3	2	**6**
1	1.16.2. Fenómenos climáticos	2. Inundación en el patio de descarga de los semirremolques de GNC y PSR.	1. Suspensión de suministro de gas natural al Inernadero Veggie Prime.	3	2	**6**
1	1.16.3. Fenómenos geológicos	2. Hundimientos de terreno que puede causar movimiento o tensión de los semirremolques de GNC.	1. Hundimientos de la infraestructura con posibles daños estructurales.	3	2	**6**
1	1.16.4. Errores en la logística en el abastecimiento y recepción de GNC	1. Colisión o choque de dos semirremolques al estarse estacionando en el área de descarga.	1. Daño a las instalaciones que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	3	2	**6**
2	2.1 Más presión	3. Sobrecalentamiento de GNC en los intercambiadores de calor.	1. Posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio/atmósfera explosiva.	3	2	**6**
2	2.1 Más presión	4. Obstrucción en filtro coalescente antes de válvula reductora de presión.	1. Sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones.	3	2	**6**
2	2.3 No presión	2. Falla en acoplamiento / equipo al inicio de operaciones	1. Fuga de gas natural al ambiente	2	3	**6**
2	2.5 Menos flujo	1. Válvula de venteo manual en filtro parcialmente abierta	1. Fuga de GNC causando atmósfera inflamable / explosiva.	3	2	**6**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
2	2.5 Menos flujo	2. Falla en conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras	1. Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión.	2	3	**6**
2	2.6 No flujo	1. Válvula de descarga en tanque contenedor cerrada/Falla en válvula de control de flujo. Analizado en nodo 1.	1. Acumulación de gas natural en el sistema. Posible fuga de gas natural.	3	2	**6**
2	2.6 No flujo	2. Presión de descarga en nodo igual a presión en entrada de nodo.	1. Acumulación de gas natural en el sistema. Posible fuga de gas natural	3	2	**6**
2	2.10 Más temperatura	3. Falla en medidores de temperatura en primera etapa de descompresión.	1. Sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones.	3	2	**6**
2	2.10 Más temperatura	4. Menor flujo de gas natural por obstrucción en filtro coalescente.	1. Sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones.	3	2	**6**
2	2.11 Menos temperatura	3. Pérdida de transferencia de calor por fouling en intercambiadores de calor.	1. Temperatura fuera de intención de diseño causando fuga de gas natural. 2. El mismo escenario genera ruptura de tubería por falla de material y fuga de gas natural. 3. Mayor consumo de gas natural en HCM para alcanzar temperatura de operación.	2	3	**6**
2	2.11 Menos temperatura	5. Falla de HCM. Escenario analizado en nodo 5.	1. Mismo escenario con fuga adicional a través de intercambiador con falla.	3	2	**6**
3	3.1 Más presión	1. Falla en válvula de control de primera etapa de descompresión.	1. Fuga de gas natural a través de sellos o conexiones por alta presión en reguladores. 2. Daño de válvulas con descarga de GNC a alta presión. Fuga de gas natural a través de sellos, conexiones o bridas.	2	3	**6**
3	3.1 Más presión	3. Falla de medidores de presión en etapa de descompresión.	1. Posible sobrepresión del sistema ocasionando fuga de gas natural.	3	2	**6**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
3	3.1 Más presión	4. Falla en calibración / Set point incorrecto de válvulas en etapa de descompresión.	1. Fuga de gas natural por sobrepresión del sistema.	3	2	**6**
3	3.2 Menos presión	1. Falla de válvulas en etapa de descompresión.	1. Descarga de gas natural a presión inferior del set point ocasionando temperatura de operación por debajo de la intención de diseño. Fuga de gas natural por falla en materiales.	2	3	**6**
3	3.2 Menos presión	2. Falla en calibración / Set point incorrecto de válvulas en etapa de descompresión.	1. Posible operación por debajo de temperatura de diseño. Fuga de gas natural por falla en materiales.	2	3	**6**
3	3.5 Menos flujo	3. Válvulas manuales de venteo en etapa de descompresión abiertas por descuido operacional.	1. Fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva.	3	2	**6**
3	3.5 Menos flujo	4. Falla en acoplamiento/equipo al inicio de operaciones	1. Fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva.	3	2	**6**
3	3.10 Menos temperatura	1. Falla en calibración/ set point de válvula reductora de presión en primera etapa de descompresión descargando a mayor presión del diseño original.	1. Posible sobrepresión del sistema causando fuga de gas natural.	3	2	**6**
3	3.10 Menos temperatura	3. Falla en medidores de presión en etapa de descompresión.	1. Posible sobrepresión del sistema causando fuga de gas natural.	3	2	**6**
3	3.10 Menos temperatura	4. Falla en medidores de temperatura en etapa de descompresión.	1. Posible sobrepresión del sistema causando fuga de gas natural.	3	2	**6**
3	3.11 Menos temperatura	2. Falla en válvula reductora de presión.	1. Sin consecuencias en el proceso. Mayor consumo de gas natural en HCM para lograr rango de temperatura.	2	3	**6**
3	3.11 Menos temperatura	4. Falla en medidores de temperatura en etapa de descompresión.	1. Posible temperatura de operación por debajo del límite de los materiales. Fractura de tuberías y fuga de material.	3	2	**6**
4	4.2 Menos presión	1. Falla en conexiones, sellos o bridas.	1. Fuga de gas natural generando atmósfera inflamable / explosiva.	2	3	**6**
4	4.2 Menos presión	5. Válvula manual de venteo en línea abierta por descuido operacional.	1. Fuga de gas natural generando una atmósfera explosiva / inflamable.	3	2	**6**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
4	4.4. Más flujo	1. Mayor presión de gas natural a boiler por falla / desajuste en válvulas reguladoras de flujo.	1. Sin consecuencias en el nodo. Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de GN a través de válvulas de venteo. Escenario analizado en nodo 2. 2. Aumento de temperatura en boiler causando cambio de fase en refrigerante. Escenario analizado en nodo 5.	3	2	**6**
4	4.4. Más flujo	3. Previa falla en válvulas de descompresión que daña válvulas de control de flujo.	1. Fuga de gas natural generando atmósfera inflamable / explosiva.	2	3	**6**
4	4.4. Más flujo	5. Válvula manual de venteo abierta por descuido operacional.	1. Fuga de gas natural que genera una atmósfera inflamable y/o explosiva.	3	2	**6**
4	4.9 Más temperatura	1. Mayor flujo de gas natural a boiler por falla / desajuste en válvula de control de flujo.	1. Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de gas natural. 2. Aumento de temperatura en boiler causando cambio de fase en refrigerante. Efecto en sistema de refrigerante analizado en nodo 5.	2	3	**6**
4	4.9 Más temperatura	3. Incorrecto set point en válvulas de control.	1. Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de gas natural. Efecto en sistema de refrigerante analizado en nodo 5. 2. Aumento de temperatura en boiler causando cambio de fase en refrigerante. Efecto en sistema de refrigerante analizado en nodo 5.	3	2	**6**
4	4.10 Menos temperatura	5. Válvula manual de venteo abierta operacional. por descuido.	1. Falla en alimentación de gas natural a boiler. Mezcla agua/glicol recirculado en HCM operando a baja temperatura a salida del boiler. Efectos en línea principal de gas natural y refrigerante analizados en nodos 2, 3 y 5.	3	2	**6**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
5	5.1 Más presión	1. Mayor suministro de gas natural a boiler por falla en válvulas de control de gas hacia boiler.	1. Sobrecalentamiento de GNC en sistema PRS por incremento en temperatura de refrigerante. Escenario analizado en nodo 2. 2. Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol hasta punto de ebullición causando cavitación en tuberías. Daño en sistema rotatorio de bomba al no remover gas de succión.	2	3	**6**
5	5.1 Más presión	2. Bloqueo de tubería de circuito de refrigerante	1. Falla en el suministro de calor al sistema PRS. Operación bajo temperaturas criogénicas. Escenario analizado en nodo 2. 2. Sobrepresión del sistema causando fuga a través de sellos, conexiones o empaquetaduras.	2	3	**6**
5	5.3 No presión	1. Falla de bomba.	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas. Escenario analizado en nodo 2. 2. Falla prematura de boiler por falta de refrigerante a largo plazo.	3	2	**6**
5	5.5 Menos flujo	1. Fuga en conexiones, bridas o sellos.	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas. Efecto en línea principal de gas analizado en nodo 2. 2. Fuga de mezcla agua/glicol.	2	3	**6**
5	5.5 Menos flujo	2. Falla en medidor de flujo / válvula de compensación de refrigerante.	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas en línea principal de gas natural. Efecto analizado en nodo 2. 2. Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol para que GNC alcance temperatura de operación. Cavitación en tubería y daño de bomba.	2	3	**6**
5	5.5. Menos flujo	4. Válvulas manuales de venteo abiertas operacional. por descuido.	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas. Efecto en línea principal de gas analizado en nodo 2. 2. Fuga de mezcla agua/glicol.	3	2	**6**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
5	5.9 Más temperatura	1. Mayor suministro de gas natural a boiler por falla en válvulas de control de flujo de gas.	1. Sobrecalentamiento de GNC en sistema PRS por incremento en temperatura de refrigerante. Escenario analizado en nodo 2. 2. Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol hasta punto de ebullición causando cavitación en tuberías. Daño en sistema rotatorio de bomba al no remover gas de succión.	2	3	**6**
5	5.9 Más temperatura	3. Boiler no deja de operar al alcanzar set point/ incorrecto set point.	1. Sobrecalentamiento de GNC en sistema PRS por incremento en temperatura de refrigerante. Escenario analizado en nodo 2. 2. Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol hasta punto de ebullición causando cavitación en tuberías. Daño en sistema rotatorio de bomba al no remover gas de succión.	2	3	**6**
5	5.10 Menos temperatura	1. Menor suministro de flujo de gas natural a por falla en válvulas de control de flujo.	1. Disminución de temperatura en el sistema. Temperaturas de operación por debajo de los 90°C causan temperaturas criogénicas en sistema PRS. Escenario analizado en nodo 2. 2. Temperatura de refrigerante por debajo de set point causando condensación de gases de efluente en boiler: corrosión y reducida succión de venteo.	3	2	**6**
5	5.10 Menos temperatura	2. Falla en sellos o conexiones desde sistema PRS hacia boiler.	1. Disminución de temperatura en el sistema. Temperaturas de operación por debajo de los 90°C causan temperaturas criogénicas en sistema PRS. Escenario analizado en nodo 2. 2. Fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva. Escenario analizado en nodo 4. 3. Temperatura de refrigerante por debajo de set point causando condensación de gases de efluente en boiler: corrosión y reducida succión de venteo.	3	2	**6**
5	5.10 Menos temperatura	3. Falla en medidores de temperatura en línea de gas.	1. Menor flujo de gas natural a boiler. Escenario analizado en Nodo 2.	2	3	**6**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
			2. Apertura de válvula para la compensación de refrigerante aumentando el flujo de agua/glicol en boiler reduciendo la temperatura a la salida del boiler. Escenario analizado en Nodo 2. 3. Temperatura de refrigerante por debajo de set point causando condensación de gases de efluente en boiler: corrosión y reducida succión de venteo.			
5	5.10 Menos temperatura	4. Falla de boiler.	1. Falla en el suministro de calor al sistema PRS. Operación bajo temperaturas criogénicas. Escenario analizado en nodo 2.	3	2	**6**
6	6.2 Menos presión	1. Fuga en conexiones, sellos o bridas. 2. Válvula parcialmente cerrada por descuido operacional	1. Falta de suministro a los equipos de la empresaVeggie Prime. 2. Fuga de gas natural a la atmósfera.	3	2	**6**
6	6.5 Menos flujo	1. Fuga en conexiones, bridas o sellos.	1. Fuga de gas natural a la atmósfera.	2	3	**6**
1	1.2 Menos presión	2. Fuga a través de conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras.	1. Fuga de gas natural con riesgo de nube inflamable y posible incendio y/o explosión.	2	2	**4**
1	1.1. Más presión	1. Tanques contenedores operando a mayor presión (falla humana al sobrecargar contenedores)	1. Sin consecuencias en nodo. Entrada de GNC a mayor presión hacia intercambiadores de calor. 2. Fuga de gas natural a través de sellos y conexiones 3. Ruptura catastrófica de tubería/conexiones por sobre presión del sistema.	2	2	**4**
1	1.1. Más presión	2. Falla en cierre de válvulas de control de flujo (normalmente cerrada) por falta de mantenimiento.	1. Sin consecuencias en nodo. Entrada temprana de gas natural al sistema. Analizado en nodo 2. 2. Fuga de gas natural a través de sellos y conexiones.	2	2	**4**
1	1.5 Menos flujo	2. Falla en conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras	1. Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión.	2	2	**4**
1	1.16.3. Fenómenos geológicos	1. Sismo de magnitud igual o mayor a 7 grados escala de Richter.	1. Daños estructurales a la infraestructura de la planta.	2	2	**4**
2	2.10 Más temperatura	1. Menor flujo de gas natural por falla en válvula de control de flujo.	1. Posible sobrepresión del sistema causando fuga de gas natural a través de sellos o conexiones.	2	2	**4**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
3	3.1 Más presión	2. Falla en válvulas de control en segunda y tercera etapas de descompresión.	1. Fuga de gas natural a través de sellos o conexiones por alta presión en descarga de PRS.	2	2	**4**
3	3.2 Menos presión	3. Falla de medidores de presión.	1. Posible operación por debajo de temperatura de diseño. Fuga de gas natural por falla en materiales.	2	2	**4**
3	3.2 Menos presión	4. Falla en conexiones, bridas o sellos.	1. Fuga de gas natural.	2	2	**4**
3	3.5 Menos flujo	1. Falla en válvula reguladora de flujo. Escenario analizado en nodo 1.	1. Posible aumento de temperatura en gas natural. El sistema opera con menor flujo de GNC (<2,000 m^3/h).	2	2	**4**
3	3.5 Menos flujo	2. Falla en conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras	1. Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión.	2	2	**4**
3	3.10 Menos temperatura	2. Falla en válvula reductora en la primera etapa de descompresión.	1. Posible sobrepresión del sistema causando fuga de gas natural.	2	2	**4**
4	4.1 Más presión	3. Previa falla en válvulas de descompresión que daña válvulas de control de flujo de gas hacia boiler.	1. Posible sobrepresión que causa fuga a través de sellos, conexiones o bridas.	2	2	**4**
4	4.4. Más flujo	2. Incorrecto set point en válvulas de control de flujo.	1. Sin consecuencias en el nodo. Aumento de temperatura en boiler causando cambio de fase en refrigerante. Escenario analizado en nodo 5.	2	2	**4**
4	4.9 Más temperatura	2. Falla en medidores de temperatura en línea de gas.	1. Aumento de temperatura en boiler causando cambio de fase en refrigerante. Efecto en sistema de refrigerante analizado en nodo 5.	2	2	**4**
4	4.10 Menos temperatura	4. Bloqueo de gas natural en línea de suministro.	1. Falla en alimentación de gas natural a boiler. Mezcla agua/glicol recirculado en HCM operando a baja temperatura a salida del boiler. Efectos en línea principal de gas natural y refrigerante analizados en nodos 2, 3 y 5.	2	2	**4**
5	5.2 Menos presión	1. Falla en conexiones, sellos o bridas.	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas. Escenario analizado en nodo 2. 2. Fuga de mezcla agua/glicol. .	2	2	**4**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
5	5.2 Menos presión	2. Falla de bomba.	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas. Escenario analizado en nodo 2. 2. Falla prematura de boiler por falta de refrigerante a largo plazo.	2	2	**4**
5	5.8 Flujo retardado	1. Falla de bomba.	1. Falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas. Escenario analizado en nodo 2.	2	2	**4**
6	6.1 Más presión	1. Aumento de la temperatura del gas natural, debido a agentes externos, tales como un incendio, provocando alta presión.	1. Sobrecalentamiento de la tubería ocasionando una sobre presión que puede ocasionar ruptura y fuga de gas natural.	2	2	**4**
6	6.3 No presión	1. Falla de suministro de gas natural. 2. Válvula de recepción cerrada por descuido operacional	1. No hay consecuencias en el nodo.	2	2	**4**
6	6.4 Más flujo	1. Falla del regulador.	1. Aumento de flujo en tubería ocasionando sobre presión y posibilidad de fuga de gas natural en conexiones, bridas y sellos.	2	2	**4**
6	6.7 Más temperatura	1. Sobrecalentamiento de la tubería de suministro de gas natural por temperaturas extremas.	1. Sobrepresión en el ducto de gas natural.	2	2	**4**
1	1.2 Menos presión	4. Presión de tanque contenedor por debajo de rango operativo en descarga / falla en apertura de válvula de tanque contenedor	1. Sin consecuencia en nodo. Retardo en descarga de tanques contenedores	3	1	**3**
1	1.2 Menos presión	6. Válvula manual (parcialmente) abierta en purga de tubería con nitrógeno.	1. Sin consecuencias en el proceso	3	1	**3**
1	1.3 No presión	1. Falla en apertura de válvulas en tanque contenedor	1. Sin consecuencias en el nodo.	3	1	**3**
1	1.3 No presión	3. Válvula manual cerrada en purga de tubería con nitrógeno	1. Sin consecuencia en el nodo.	3	1	**3**
1	1.4 Más flujo	2. Regulador de flujo en set point incorrecto durante purga de tuberías con nitrógeno	1. Sin consecuencias en el nodo.	3	1	**3**
1	1.5 Menos flujo	4. Presión de tanque contenedor por debajo de rango operativo en descarga / falla en apertura de válvula en tanque contenedor.	1. Sin consecuencias en nodo. Descarga de tanques contendores a menor velocidad.	3	1	**3**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
1	1.5 Menos flujo	7. Válvula manual parcialmente cerrada en purga de tubería con nitrógeno	1. Sin consecuencia en el proceso	3	1	**3**
1	1.6 No flujo	1. Válvula de descarga en tanque contenedor cerrada / falla	1. Sin consecuencia en el nodo.	3	1	**3**
1	1.6 No flujo	3. Válvula manual cerrada en purga de tubería con nitrógeno	1. Sin consecuencia en el nodo.	3	1	**3**
1	1.8 Flujo temprano	1. Descarga de tanque contenedor antes de que el sistema de calentamiento se active ocasionado por falla en sistema de control	1. Sin consecuencias en el nodo. GNC alcanza temperaturas criogénicas en el sistema: Analizado en nodo 3.	3	1	**3**
1	1.9 Flujo retardado	1. Demora en la descarga de tanque contenedor	1. Sin consecuencia en el proceso	3	1	**3**
1	1.11 Menos temperatura	1. Condiciones atmosféricas adversas.	1. Sin consecuencias en el nodo. Temperatura en descarga de primera etapa de descompresión menor a intención de diseño: Analizado en nodo 2.	3	1	**3**
1	1.12 Menos mantenimiento	1. Fallas válvula de control de flujo, medidores de presión, medidores de temperatura, debido a desgastes internos o ruptura de algún elemento interno o de control (solenoides, elastómeros, etc).	1. Fuga de gas natural a la atmósfera	3	1	**3**
1	1.13 Más corrosión	1. El personal de mantenimiento no se encuentra capacitado y aplica de manera ineficiente el programa.	1. Falla de las válvulas medidoras de presión, temperatura y accesorios PRS.	1	3	**3**
2	2.3 No presión	3. Válvula manual cerrada en purga de tubería con nitrógeno	1. Sin consecuencia en el nodo.	3	1	**3**
2	2.4 Más flujo	1. Desajuste / falla de válvula de control de flujo a entrada de PRS por falta de mantenimiento.	1. Posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	3	1	**3**
2	2.4 Más flujo	2. Regulador de flujo en set point incorrecto durante purga de tuberías con nitrógeno	1. Sin consecuencias en el nodo.	3	1	**3**
2	2.5 Menos flujo	3. Presión de tanque contenedor por debajo de rango operativo en descarga / falla en apertura de válvula en tanque contenedor.	1. Sin consecuencias en nodo. Descarga de tanques contendores a menor velocidad.	3	1	**3**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
2	2.5 Menos flujo	4. Taponamiento de filtro coalescente por falta de mantenimiento	1. Sin consecuencias en el nodo. Posible incremento de presión en nodo 1: Analizado en nodo 1.	3	1	**3**
2	2.5 Menos flujo	6. Válvula manual en filtro coalescente parcialmente cerrada en purga de tubería con nitrógeno.	1. Sin consecuencias en el proceso	3	1	**3**
2	2.6 No flujo	3. Válvula manual en filtro coalescente cerrada en purga de tubería con nitrógeno.	1. Sin consecuencia en el nodo.	3	1	**3**
2	2.8 Flujo temprano	1. Descarga de tanque contenedor antes de que el sistema de calentamiento se encuentre listo para operar.	1. Sin consecuencias en el nodo. GNC alcanza temperaturas criogénicas en el sistema: Analizado en nodo 3.	3	1	**3**
2	2.9 Flujo retardado	1. Demora en la descarga de tanque contenedor	1. Sin consecuencia en el proceso	3	1	**3**
3	3.4 Más flujo	2. Regulador de flujo en set point incorrecto durante purga de tuberías con nitrógeno	1. Sin consecuencias en el nodo.	3	1	**3**
4	4.1 Más presión	1. Falla / desajuste en válvula de control de flujo hacia boiler.	1. Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de gas natural. Efecto en ciclo de refrigerante analizado en nodo 5. 2. Aumento de temperatura en boiler causando cambio de fase en refrigerante. Efecto en ciclo de refrigerante analizado en nodo 5.	3	1	**3**
4	4.1 Más presión	2. Incorrecto set point / calibración de válvulas de control de flujo de gas.	1. Sin consecuencias en el nodo. Aumento de temperatura en boiler causando cambio de fase en refrigerante. Escenario analizado en nodo 5.	3	1	**3**
4	4.3 No presión	1. Válvula manual cerrada por descuido operacional.	1. Falla en el calentamiento de refrigerante. Posible operación a temperaturas criogénicas ante falla de PLC.	3	1	**3**
4	4.6 No flujo	1. Válvula manual a entrada de línea de gas cerrada por descuido operacional.	1. Falla en el calentamiento de refrigerante. Posible operación a temperaturas criogénicas ante falla de PLC.	3	1	**3**
4	4.7. Flujo temprano	1. Descarga de tanque contenedor antes de que el sistema de calentamiento se encuentre listo para operar.	1. Sin consecuencias en el nodo. El gas natural es alimentado a boiler.	3	1	**3**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
4	4.8 Flujo retardado	1. Demora en la descarga de tanque contenedor. Efecto en línea principal analizado en nodos 2 y 3.	1. Refrigerante no es calentado de acuerdo a las especificaciones de diseño.	3	1	**3**
4	4.8 Flujo retardado	2. Válvula manual a entrada de línea de gas cerrada por descuido operacional. Efecto en línea principal analizado en nodos 2 y 3.	1. Refrigerante no es calentado de acuerdo a las especificaciones de diseño.	3	1	**3**
5	5.9 Más temperatura	4. Baja eficiencia en la transferencia de calor debido a fouling en intercambiadores de calor.	1. Mayor consumo de energía para lograr set point de temperatura. 2. Falla en la integridad física de intercambiador de calor: Disminución de temperatura en el sistema. Operación del sistema PRS a temperatura fuera de diseño operativo. Escenario analizado en nodo 2. 3. Falla en la integridad física de intercambiador de calor: fuga a través de conexiones de intercambiador.	3	1	**3**
1	1.5 Menos flujo	5. Falla en válvula reguladora de flujo	1. Sin consecuencias en el nodo. Posible incremento de temperatura en primera etapa de descompresión: Analizado en nodo 2.	2	1	**2**
2	2.1 Más presión	1. Desajuste de válvula reguladora de flujo por falta de mantenimiento en línea.	1. Sin consecuencias en nodo. Entrada de GNC a mayor presión hacia intercambiadores de calor.	2	1	**2**
2	2.1 Más presión	2. Tanques contenedores operando a mayor presión.	1. Sin consecuencias en nodo. Entrada de GNC a mayor presión hacia intercambiadores de calor.	2	1	**2**
2	2.2. Menos presión	1. Falla eléctrica /Desajuste de la válvula de recepción de sistema PRS.	1. Posible aumento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor por falla en respuesta de HCM. Un aumento excesivo de temperatura podría ocasionar sobrepresión y fuga de gas natural.	2	1	**2**
2	2.2. Menos presión	2. Falla en conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras.	1. Fuga de gas natural que puede ocasionar una atmosfera inflamable y/o explosiva.	1	2	**2**
2	2.3 No presión	1. Falla en apertura de válvulas en tanque contenedor	1. Sin consecuencias en el nodo.	2	1	**2**
2	2.5 Menos flujo	5. Falla en acoplamiento/equipo al inicio de operaciones.	1. Fuga de material a la atmósfera	2	1	**2**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
2	2.11 Menos temperatura	1. Falla en válvula de control de flujo ocasionando mayor flujo de GNC en intercambiadores de calor.	1. Posible sobrepresión en el sistema y temperatura por debajo de la intención de diseño. Fuga de gas natural.	2	1	**2**
3	3.7 Flujo inverso	1. Presión en descarga de PRS mayor a presión de entrada.	1. Liberación de material en tuberías a la atmósfera	2	1	**2**
3	3.11 Menos temperatura	1. Falla en calibración / set point de válvulas reductoras de presión descargando a menor presión del diseño original.	1. Sin consecuencias en el proceso. Mayor consumo de gas natural en HCM para lograr rango de temperatura.	2	1	**2**
4	4.2 Menos presión	2. Falla / desajuste en válvulas de control de flujo de gas hacia boiler.	1. Baja temperatura de operación en sistema HCM y PRS. Escenarios analizados en nodos 2 y 5.	2	1	**2**
4	4.2 Menos presión	3. Falla de medidores de temperatura en línea de suministro de gas.	1. Baja temperatura de operación en sistema HCM y PRS. Escenarios analizados en nodos 2 y 5.	2	1	**2**
4	4.4. Más flujo	2. Menor presión de flujo de gas natural a boiler por falla / desajuste en válvula de control de flujo de gas.	1. Baja temperatura de operación en sistema HCM y PRS. Escenarios analizados en nodos 2 y 5.	2	1	**2**
4	4.4. Más flujo	3. Falla en medidores de temperatura de línea de gas.	1. Baja temperatura de operación en sistema HCM y PRS. Escenarios analizados en nodos 2 y 5.	2	1	**2**
4	4.8 Flujo retardado	3. Falla en válvulas de control. Efecto en línea principal analizado en nodos 2 y 3.	1. Refrigerante no es calentado de acuerdo a las especificaciones de diseño.	2	1	**2**
4	4.10 Menos temperatura	1. Menor presión de flujo de gas natural a boiler por falla / desajuste en válvulas de control de flujo.	1. Baja temperatura de operación en sistema HCM y PRS. Efectos en línea principal de gas natural y refrigerante analizados en nodos 2, 3 y 5.	2	1	**2**
4	4.10 Menos temperatura	2. Falla en medidores de temperatura en línea de gas.	1. Baja temperatura de operación en sistema HCM y PRS. Efectos en línea principal de gas natural y refrigerante analizados en nodos 2, 3 y 5.	2	1	**2**
5	5.4 Más flujo	1. Falla en válvula para la compensación de refrigerante en HCM.	1. Aumento de flujo en mezcla agua/glicol en circuito. Posible falla en calentamiento de refrigerante no alcanzando la temperatura de operación requerida. 2. Entrada de aire al circuito que daña bomba.	2	1	**2**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencia	F	C	Nivel de riesgo
5	5.4 Más flujo	2. Falla en medidor de flujo.	1. Aumento de flujo en mezcla agua/glicol en circuito. Refrigerante no alcanza la temperatura de operación requerida. 2. Entrada de aire al circuito que daña bomba.	2	1	**2**
5	5.7 Flujo temprano	1. Operación prematura de bomba.	1. Sin consecuencias en el nodo.	2	1	**2**
5	5.9 Más temperatura	2. Falla en medidores de temperatura	1. Sobrecalentamiento de GNC en sistema PRS por incremento en temperatura de refrigerante. Escenario analizado en nodo 2. 2. Aumento de temperatura en circuito de refrigerante.	2	1	**2**
5	5.9 Más temperatura	5. Falla en el suministro de GNC en PRS impidiendo la transferencia de calor en intercambiadores de calor.	1. Sin consecuencias en el nodo.	2	1	**2**
6	6.5 Menos flujo	2. Falla en medidor de flujo / válvula de alimentación.	1. Falla en el suministro de gas natural a los equipos de la empresa Veggie Prime.	2	1	**2**
6	6.6. No flujo	1. Falla de la PRS para el suministro de as natural	1. Pérdidas económicas por sanciones por la falta de suministro de gas natural	2	1	**2**
6	6.8 Menos temperatura	1. Disminución de la temperatura ambiental.	1. Sobrepresión en el ducto de gas natural.	2	1	**2**
1	1.7 Flujo inverso	1. Flujo de nitrógeno entrando por válvula manual venteo	1. Operación normal en purga de tubería	1	1	**1**
1	1.10 Más temperatura	1. Condiciones atmosféricas adversas que generan sobrecalentamiento de tanque contenedor.	1. Sobrepresión en mangueras y conexiones de poste de descarga. Aumento de temperatura en primera etapa de descompresión: Analizado en nodo 2.	1	1	**1**
2	2.7 Flujo inverso	1. Flujo de nitrógeno entrando por válvula manual venteo	1. Operación normal en purga de tubería	1	1	**1**

IV.2. Jerarquización de peligros y riesgos.

El análisis simplificado de riesgos de las instalaciones (FRR, del inglés Facility Risk Review) consiste en la combinación de los aspectos cualitativos del análisis de riesgos - identificación y evaluación de peligros, con los aspectos cuantitativos – evaluación de consecuencias y estimación de frecuencias.

La técnica FRR es una técnica – semi cuantitativa – simplificada de análisis de riesgos en los procesos, que utiliza los escenarios de accidentes potenciales ya identificados y evaluados para luego clasificarlos y jerarquizarlos. Se ha comprobado que esta técnica es una herramienta efectiva para el análisis cuantitativo de riesgos en muchas instalaciones de la industria del petróleo y del gas; además, el uso apropiado de ésta permitirá disponer de sus recursos de manera efectiva en la prevención de los riesgos más importantes (v.gr. riesgos inaceptables), que amenazan la seguridad del personal, la población, el medio ambiente, la producción y la instalación.

La herramienta FRR se debe utilizar para (1) enfocar la atención en aquellos accidentes potenciales que deben ser tratados con prioridad durante las actividades de prevención de accidentes e (2) identificar aquellos accidentes potenciales para los cuales es necesario conducir un análisis detallado de riesgo.

Los objetivos de la revisión de riesgos de las instalaciones son:

1. Identificar, seleccionar, evaluar y clasificar los riesgos más importantes con el potencial de ocasionar daños al personal y/o a la población, el medio ambiente, el producto manejado y la instalación.
2. Desarrollar recomendaciones para reducir los riesgos.
3. Identificar los procesos y las áreas más importantes que requieren de una evaluación más detallada para determinar las medidas más efectivas destinadas a reducir el riesgo.

Un análisis detallado de riesgos puede ser un proceso largo y costoso si se aplica a todos los procesos/sistemas de una instalación; sin embargo, con el empleo de la técnica FRR el análisis se vuelve mucho menos costoso, ya que se emplea una estructura definida para revisión y jerarquización de los riesgos en áreas o procesos, y que se determinan de acuerdo a su riesgo relativo, permitiéndole al analista concentrar su atención en los escenarios de mayor riesgo.

La caracterización del riesgo mediante la técnica FRR, a veces llamada semi cuantitativa, se logra con sólo estimar el orden de magnitud de la consecuencia y de la frecuencia de los eventos seleccionados (tablas siguientes).

En la mayoría de las ocasiones no hace falta obtener una estimación puntual de la frecuencia y de la consecuencia, por esta razón la técnica FRR es más eficiente y permite concentrar los recursos en los escenarios más peligrosos que necesiten una caracterización más precisa (es decir, un análisis cuantitativo de frecuencia y/o consecuencia). Las categorías de órdenes de magnitud, de las frecuencias y consecuencias utilizadas para el presente análisis de riesgo, han sido desarrolladas por PEMEX.

Basándose en los resultados del análisis de riesgo cualitativo, el equipo debe seleccionar casos de accidentes (escenarios), que representen el mayor riesgo, para llevar el FRR.

La selección de estos escenarios se hace con base en las consecuencias de interés de la desviación “Fuga o Ruptura” de cada una de las secciones del proceso en cuestión, es decir, cada una de las consecuencias de interés listadas en la columna de consecuencias de la tabla **HAZOP**, de la desviación correspondiente a “Fuga o Ruptura” de cada una de las secciones, representan los escenarios que deben ser seleccionados para ser analizados en el FRR.

En las categorías de consecuencias se consideran cinco tipos de ellas: daños al personal, efectos en la población, impacto ambiental, pérdida de producción y daños a la instalación.

El personal de la instalación es imprescindible a la hora de asignar categorías de consecuencia, ya que poseen el conocimiento del proceso y la experiencia necesarias; por ejemplo, el personal puede proporcionar información valiosa sobre las variables principales acerca de: (1) los efectos en la vida y la salud del personal, (2) el impacto ambiental y (3) la evaluación económica, como pueden ser los costos de reparación o remplazo de equipos, el tiempo muerto que se necesita para restaurar los sistemas después de paros, el tiempo de paralización necesario para volver a arrancar unidades de proceso y los costos asociados con interrupciones en la producción.

Para la evaluación de frecuencia se deben utilizar bases de datos sobre fallas en sus instalaciones, información de confiabilidad para la industria de proceso de hidrocarburos y otras fuentes de información o bases de datos de la industria en general. El objetivo es evaluar la frecuencia de los accidentes con la precisión suficiente como para determinar la categoría de frecuencias que se debe asignar a cada escenario de accidente, sin tratar de encontrar un valor de frecuencia puntual. La **Tabla 31** de categorías de frecuencia se puede utilizar para clasificar los escenarios de accidente.

Por lo tanto, una vez culminada la fase cualitativa del análisis de riesgos, es decir, la fase de identificación/evaluación de los peligros y las consecuencias de interés asociadas con estos peligros, el equipo de análisis de riesgo debe utilizar las tablas antes mencionadas para asignar las categorías

de consecuencia y frecuencia a los escenarios (consecuencias o accidentes de interés), seleccionados para ser analizados en el **FRR**.

Para la jerarquización de riesgos, se utilizaron los criterios establecidos en las **Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI**, para lo cual se asignó para cada escenario una ponderación por tipo de consecuencia (daño al personal, daños a la población, a la instalación, impacto ambiental, pérdidas de producción).

Tabla 30. Determinación de la consecuencia.

Categoría	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a las instalaciones (USD)
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	> 500’000,000	> 500’000,000
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana.	>50’000,000 a 500’000,000	>50’000,000 a 500’000,000
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar incapacidad	Lesiones o daños físicos mayores que generen de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica	>5’000,000 a 50’000,000	>5’000,000 a 50’000,000

Categoría	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a las instalaciones (USD)
	permanente o una fatalidad.		acciones en hasta 24 horas.		
3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar una incapacidad.	Ruidos olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000	>500,000 a 5'000,000
2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000	<50,000

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso **PEMEX-SASIPA-SI.**

Tabla 31. Categorías de frecuencias.

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/año
F6	Muy frecuente	Ocurre una o más veces en un año.	≥1.0 (≥1x100)

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/año
F5	Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.	>0.2 a ≤1.0 (>2x10-1 a ≤1x100)
F4	Poco Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10	>0.1 a ≤0.2 (>1x10-1 a ≤2x10-1)
F3	Raro	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 10 años.	>0.01 a ≤0.1 (>1x10-2 a ≤1x10-1)
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la instalación.	>0.001 a ≤0.01 (>1x10-3 a ≤1x10-2)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	>0.0001 a ≤0.001 (>1x10-4 a ≤1x10-3)

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso **PEMEX-SASIPA-SI.**

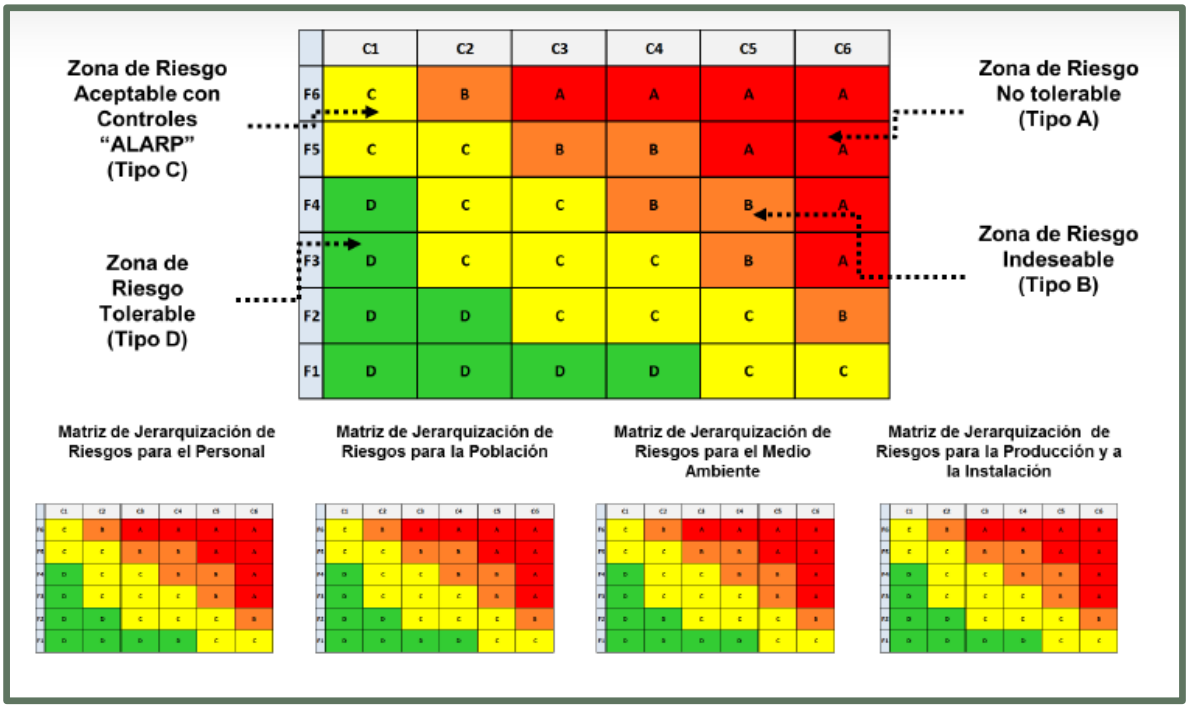
La combinación de frecuencia y gravedad genera una matriz de riesgos, en donde se indica el riesgo potencial del evento en cuestión, en función del receptor del peligro o daño (al personal, a la población, al ambiente, a la producción o a la instalación).

El nivel de riesgo para cada uno de los factores antes mencionados, se muestra a continuación, se califican los riesgos identificados con base a sus características de frecuencia de ocurrencia y severidad de las consecuencias, para posteriormente determinar su ubicación de las matrices de Riesgo mencionadas en el documento **Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgos de Proceso PEMEX-SASIPA-SI**.

Para determinar el índice de riesgo analizado se utilizan las calificaciones asignadas al índice de frecuencia y a la consecuencia utilizando la tabla del rango del índice de riesgo, que se muestra en la figura siguiente, así como también se muestra cada una de las matrices de las categorías de las consecuencias a evaluar.

Para determinar el índice de riesgo analizado se utilizan las calificaciones asignadas al índice de frecuencia y a la consecuencia utilizando la figura siguiente del rango del índice de riesgo.

Figura 38. Matriz de jerarquización de riesgo de proceso.



Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

Tabla 32. Índice de riesgo.

Índice de Riesgo	Clasificación
A	Región de riesgo no tolerable
B	Región de riesgo indeseable
C	Región de riesgo ALARP (As Low As Reasonably Practicable)
D	Región de riesgo aceptable

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI

De acuerdo con el grado de riesgo resultante de la aplicación de las matrices se decide si el riesgo estimado se encuentra en la región de riesgo no tolerable, riesgo indeseable, riesgo aceptable con controles y la región de riesgo tolerable con la cual se asignará la prioridad de las acciones recomendadas.

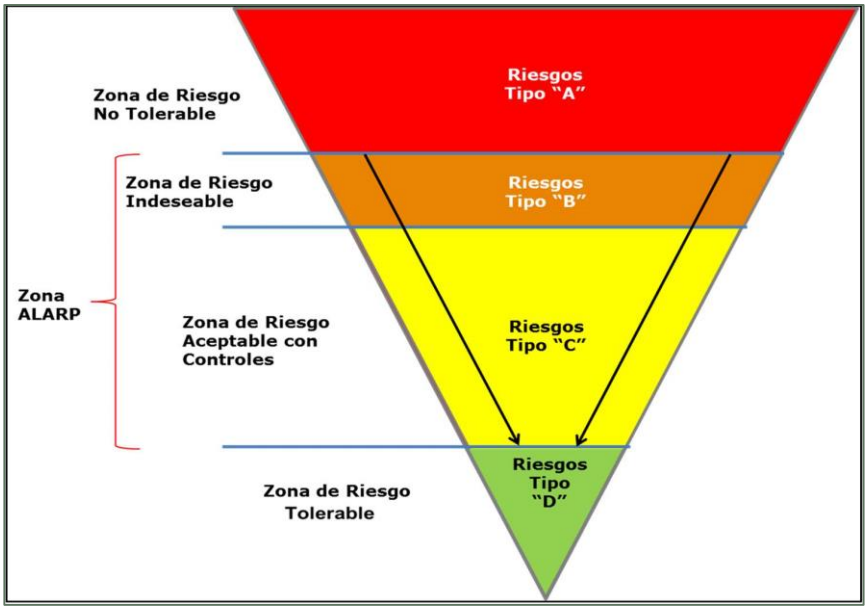
Los riesgos se clasifican como:

- **Región de riesgo no tolerable (Tipo A). El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes.** Un riesgo tipo A representa una situación de

riesgo no tolerable y deben establecerse controles temporales inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporal y permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a un riesgo **tipo C.**

- **Riesgo indeseable (Tipo B). El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes.** Un riesgo tipo B representa una situación de riesgo indeseable y deben establecerse controles permanentes inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a tipo C y, en el mejor de los casos, hasta riesgo tipo D.
- **Región aceptable con controles (Tipo C). El riesgo es significativo, pero se puede gestionar con controles administrativos.** Un riesgo tipo C representa una situación de riesgo aceptable, siempre y cuando se establezcan controles permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos deben darse en un plazo no mayor a 180 días. La administración de un riesgo tipo C debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de las diferentes capas de seguridad y/o sistemas de protección. La prioridad de una atención para reducirlos a riesgos tipo D debe estar en función de un análisis costo beneficio de las acciones correctivas y preventivas establecidas para dar atención a las recomendaciones emitidas para administrar los riesgos identificados.
- **Riesgo tolerable (Tipo D).** El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo tipo D representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

Figura 39. Priorización de las zonas de riesgo.



Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso **PEMEX-SASIPA-SI**

Aplicando la metodología descrita se realizó la categorización por grado de riesgo para cada categoría y cada peligro, en la tabla siguiente se muestran las categorías por desviación, como resultado de la aplicación de las matrices y criterios descritos anteriormente. A continuación, se presentan los resultados de los riesgos identificados en las categorías o actividades evaluadas en las hojas de trabajo del **HAZOP**.

De los resultados del **HAZOP** tenemos un total de 158 desviaciones con potenciales riesgos en la operación del **Proyecto**. En la **Tabla 33** y **Tabla 34** se muestran los resultados de la jerarquización de riesgos.

Tabla 33. Jerarquización de riesgos.

Peligros No Tolerable (A)	Peligros Indeseable (B)	Peligros Aceptables con controles (C)		Peligros Tolerables (D)	
0	0	75		83	
		NIVEL DE RIESGO 12	10	NIVEL DE RIESGO 4	23
		NIVEL DE RIESGO 9	8	NIVEL DE RIESGO 3	32
		NIVEL DE RIESGO 8	2	NIVEL DE RIESGO 2	25
		NIVEL DE RIESGO 6	55	NIVEL DE RIESGO 1	3

Tabla 34. Jerarquización de riesgos identificados del análisis **HAZOP.**

Frecuencia	Consecuencia 1	2	3	4	5	6
6						
5						
4			1.16.1			
3	1.2.4, 1.2.6, 1.3.1, 1.3.3, 1.4.2, 1.5.4, 1.5.7, 1.6.1, 1.6.3, 1.8.1, 1.9.1, 1.11.1, 1.12.1, 2.3.3, 2.4.1, 2.4.2, 2.5.3, 2.5.4, 2.5.6, 2.6.3, 2.8.1, 2.9.1, 3.4.2, 4.1.1, 4.1.2, 4.3.1, 4.6.1, 4.7.1, 4.8.1, 4.8.2, 5.9.4,	1.6.2, 1.16.2.1, 1.16.2.2, 1.16.2.3, 1.16.4, 2.1.3, 2.1.4, 2.5.1, 2.6.1, 2.6.2, 2.10.3, 2.10.4, 2.11.5, 3.1.3, 3.1.4, 3.5.3, 3.5.4, 3.10.1, 3.10.3, 3.10.4, 3.11.4, 4.2.5, 4.4.1, 4.4.5, 4.9.3, 4.10.5, 5.3.1, 5.5.4, 5.10.1, 5.10.2, 5.10.4, 6.2.1	1.2.1, 1.2.5, 1.5.1, 1.5.6, 2.10.2, 3.4.1, 4.2.4, 5.6.2	1.2.3, 1.5.3, 2.11.2, 3.8.1, 3.11.3, 4.10.3, 5.5.3, 5.6.1, 6.2.2		
2	1.5.5, 2.1.1, 2.1.2, 2.2.1, 2.2.2, 2.3.1, 2.5.5, 2.11.1, 3.7.1, 3.11.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.4.2, 4.4.3, 4.8.3, 4.10.1, 4.10.2, 5.4.1, 5.4.2, 5.7.1, 5.9.2, 5.9.5, 6.5.2, 6.6.1, 6.8.1	1.2.2, 1.1.1, 1.1.2, 1.5.2, 1.16.3, 2.10.1, 3.1.2, 3.2.3, 3.2.4, 3.5.1, 3.5.2, 3.10.2. 4.1.3, 4.4.2, 4,9.2, 4.10.4, 5.2.1, 5.8.1, 6.1.1, 6.3.1, 6.4.1, 6.7.1	1.3.2, 1.4.1, 1.13.2, 1.14.1, 1.15.1, 2.3, 2.5.2, 2.11.3, 3.1.1, 3.2.1, 3.2.2, 3.11.2, 4.2.1, 4.4.3, 4.9.1, 5.1.1, 5.5.1, 5.5.2, 5.9.1, 5.9.3, 5.10.3, 6.5.1	2.11.4, 4.4.4		
1	1.7.1, 1.10.1, 2.7.1		1.13.1			
	RIESGOS PARA EL PERSONAL (EP)	RIESGOS PARA LA POBLACIÓN (EP)	RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE (IA)	RIESGOS PARA LA PRODUCCIÓN Y LA INSTALACIÓN (DIP)		

Tabla 35. Tabla de escenarios identificados.

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
1	VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo	12	**C (ALARP)**	3	4	1	Área de descarga	Gas natural
2	VEGGIE_VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar una fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	12	**C (ALARP)**	3	4	1	Unidad PSR	Gas natural
3	VEGGIE_VPM_3	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	12	**C (ALARP)**	3	4	3	Unidad HCM	Gas natural
4	VEGGIE_VPM_4	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	12	**C (ALARP)**	3	4	6	Sistema de suministro de baja presión	Gas natural
5	VEGGIE_VPM_5	Menor flujo / temperatura de refrigerante proveniente de HCM por falla en medidores de temperatura en primera etapa de descompresión, que ocasiona posible daño a resistencia de material de intercambiadores de calor.	12	**C (ALARP)**	3	4	2	Unidad PSR	Gas natural
6	VEGGIE_VPM_6	Entrada de gas natural a válvula reductora de presión en primera etapa de descompresión a baja temperatura por falla en sistema de calentamiento HCM, que ocasiona	12	**C (ALARP)**	3	4	3	Unidad HCM	Gas natural

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
		temperaturas de operación por debajo del límite de los materiales. Fractura de tuberías y fuga de material.							
7	VEGGIE_VPM_7	Descarga de tanque contenedor antes de que el sistema de calentamiento se encuentre listo para operar, ocasiona temperatura de operación por debajo de la intención de diseño con fuga de material por daño en resistencia mecánica de materiales	12	**C (ALARP)**	3	4	3	Unidad PSR	Gas natural
8	VEGGIE_VPM_8	Falla de boiler ocasionando fuga de gas natural que genera una atmósfera inflamable y/o explosiva.	12	**C (ALARP)**	3	4	3	Unidad PSR	Gas natural
9	VEGGIE_VPM_9	Falla de bomba ocasionando falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas.	12	**C (ALARP)**	3	4	5	Unidad HCM	Gas natural
10	VEGGIE_VPM_10	Válvula manual para venteo abierta por descuido operacional, ocasionando fuga de gas natural con riesgo de nube inflamable y posible incendio y/o explosión.	9	**C (ALARP)**	3	3	1	Área de descarga	Gas natural
11	VEGGIE_VPM_11	Falla en acoplamiento / equipo al inicio de operaciones ocasionando fuga de material a la atmósfera.	9	**C (ALARP)**	3	3	1	Área de descarga	Gas natural
12	VEGGIE_VPM_12	Válvula de venteo manual abierta ocasionando fuga de GNC causando atmósfera inflamable / explosiva.	9	**C (ALARP)**	3	3	1	Área de descarga	Gas natural
13	VEGGIE_VPM_13	Mayor flujo/temperatura de refrigerante proveniente del HCM ocasionando sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones.	9	**C (ALARP)**	3	3	2	Unidad PSR	Gas natural
14	VEGGIE_VPM_14	Falla en la integridad física de uno de los intercambiadores de calor por corrosión ocasionando disminución de temperatura en el sistema que causa congelamiento y fractura del sistema	8	**C (ALARP)**	2	4	2	Unidad PSR	Gas natural

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
		con fuga de material a través de conexiones/sellos con posibilidad de incendio y explosión.							
15	VEGGIE_VPM_15	Presión de descarga en tanque contenedor igual a presión en sistema PRS ocasionando acumulación de gas natural en el sistema	6	**C (ALARP)**	3	2	1	Área de descarga	Gas natural
16	VEGGIE_VPM_16	Incremento de la humedad relativa en el medio ambiente ocasionando incremento en la corrosión galvánica externa e interna ocasionando agrietamiento con fractura causando posible fuga de gas natural a la atmósfera:	6	**C (ALARP)**	3	2	1	Área de descarga	Gas natural
17	VEGGIE_VPM_17	Material fuera de especificaciones y sin la calidad solicitada, lo que ocasiona agrietamiento por fatiga de material, o agrietamiento inducido por nitrógeno ocasionando posible fuga de gas natural con riesgo de nube inflamable y posible incendio y/o explosión	6	**C (ALARP)**	3	2	1	Área de descarga	Gas natural
18	VEGGIE_VPM_18	Errores operativos en el cierre de válvulas al inicio y durante el proceso de descompresión ocasionando ineficiencia en descarga y demoras.	6	**C (ALARP)**	3	2	1	Área de descarga	Gas natural
19	VEGGIE_VPM_19	Caída de una tormenta eléctrica que mediante un rayo ocasione daños a los semirremolques estacionados y PSR ocasionando posible incendio y/o explosión de gas natural en los semirremolques.	6	**C (ALARP)**	3	2	1	Área de descarga	Gas natural
20	VEGGIE_VPM_20	Inundación en el patio de descarga de los semirremolques de GNC y PSR ocasionando suspensión de suministro de gas natural al invernadero Veggie Prime.	6	**C (ALARP)**	3	2	1	Área de descarga	Gas natural
21	VEGGIE_VPM_21	Hundimientos de terreno que puede causar movimiento o tensión de los semirremolques de GNC ocasionando	6	**C (ALARP)**	3	2	1	Área de descarga	Gas natural

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
		hundimientos de las de la infraestructura con posibles daños estructurales							
22	VEGGIE_VPM_22	Colisión o choque de dos semirremolques al estarse estacionando en el área de descarga ocasionando daño a las instalaciones que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión	6	**C (ALARP)**	3	2	1	Área de descarga	Gas natural
23	VEGGIE_VPM_23	Sobrecalentamiento de GNC en intercambaidores de calor ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio/atmósfera explosiva	6	**C (ALARP)**	3	2	2	Unidad HCM	Gas natural
24	VEGGIE_VPM_24	Obstrucción en filtro coalescente antes de válvula reductora de presión ocasionando sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones	6	**C (ALARP)**	3	2	2	Unidad HCM	Gas natural
25	VEGGIE_VPM_25	Falla en conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras ocasionando Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión	6	**C (ALARP)**	3	2	2	Unidad HCM	Gas natural
26	VEGGIE_VPM_26	Falla en medidores de temperatura en primera etapa de descompresión ocasionando sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones	6	**C (ALARP)**	3	2	2	Unidad HCM	Gas natural
27	VEGGIE_VPM_27	Menor flujo de gas natural por obstrucción en filtro coalescente ocasionando sobrepresión del sistema e incremento de	6	**C (ALARP)**	3	2	2	Unidad HCM	Gas natural

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
		temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones							
28	VEGGIE_VPM_28	Pérdida de transferencia de calor por fouling en intercambiadores de calor ocasionando temperatura fuera de intención de diseño causando fuga de gas natural	6	**C (ALARP)**	3	2	2	Unidad HCM	Gas natural
29	VEGGIE_VPM_29	Falla en válvula de control de primera etapa de descompresión ocasionando una fuga de gas natural a través de sellos o conexiones por alta presión en reguladores.	6	**C (ALARP)**	3	2	3	Unidad PSR	Gas natural
30	VEGGIE_VPM_30	Falla de medidores de presión en etapa de descompresión ocasionando posible sobrepresión del sistema ocasionando fuga de gas natural	6	**C (ALARP)**	3	2	3	Unidad PSR	Gas natural
31	VEGGIE_VPM_31	Falla en calibración / Set point incorrecto de válvulas en etapa de descompresión ocasionando fuga de gas natural por sobrepresión del sistema.	6	**C (ALARP)**	3	2	3	Unidad PSR	Gas natural
32	VEGGIE_VPM_32	Falla de válvulas en etapa de descompresión ocasionando una descarga de gas natural a presión inferior del set point lo que provoca una temperatura de operación por debajo de la intención de diseño. Fuga de gas natural por falla en materiales.	6	**C (ALARP)**	3	2	3	Unidad PSR	Gas natural
33	VEGGIE_VPM_33	Válvulas manuales de venteo en etapa de descompresión abiertas por descuido operacional ocasionando una fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva.	6	**C (ALARP)**	3	2	3	Unidad PSR	Gas natural
34	VEGGIE_VPM_34	Falla en válvula reductora de presión. Sin consecuencias en el proceso. Mayor consumo de gas natural en HCM para lograr rango de temperatura.	6	**C (ALARP)**	3	2	3	Unidad PSR	Gas natural

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
35	VEGGIE_VPM_35	Mayor flujo de gas natural a boiler por falla / desajuste en válvula de control de flujo, ocasionando sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de gas natural.	6	**C (ALARP)**	3	2	4	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
36	VEGGIE_VPM_36	Incorrecto set point en válvulas de control, ocasionando sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de gas natural.	6	**C (ALARP)**	3	2	4	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
37	VEGGIE_VPM_37	Bloqueo de tubería de circuito de refrigerante, ocasionando sobrepresión del sistema causando fuga a través de sellos, conexiones o empaquetaduras.	6	**C (ALARP)**	3	2	5	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
38	VEGGIE_VPM_38	Falla en medidor de flujo / válvula de compensación de refrigerante ocasionando sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol para que GNC alcance temperatura de operación. Cavitación en tubería y daño de bomba.	6	**C (ALARP)**	3	2	5	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
39	VEGGIE_VPM_39	Falla en sellos o conexiones desde sistema PRS hacia boiler, ocasionando fuga de gas natural que puede generar una atmósfera inflamable y/o explosiva. Escenario analizado.	6	**C (ALARP)**	3	2	5	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
40	VEGGIE_VPM_40	Falla en medidores de temperatura en línea de gas, ocasionando apertura de válvula para la compensación de refrigerante aumentando el flujo de agua/glicol en boiler reduciendo la temperatura a la salida del boiler.	6	**C (ALARP)**	3	2	5	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
41	VEGGIE_VPM_41	Válvula parcialmente cerrada por descuido operacional, ocasionando fuga de gas natural a la atmósfera.	6	**C (ALARP)**	3	2	6	Tubería de suministro de baja presión	Gas natural

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
42	VEGGIE_VPM_42	Fuga a través de conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras, ocasionando fuga de gas natural con riesgo de nube inflamable y posible incendio y/o explosión	4	**D (Tolerable)**	2	2	1	Unidad PSR	Gas natural
43	VEGGIE_VPM_43	Tanques contenedores operando a mayor presión (falla humana al sobrecargar contenedores), ocasionando ruptura catastrófica de tubería/conexiones por sobre presión del sistema	4	**D (Tolerable)**	2	2	1	Unidad PSR	Gas natural
44	VEGGIE_VPM_44	Falla en cierre de válvulas de control de flujo (normalmente cerrada) por falta de mantenimiento, sin consecuencias en nodo. Entrada temprana de gas natural al sistema	4	**D (Tolerable)**	2	2	1	Unidad PSR	Gas natural
45	VEGGIE_VPM_45	Sismo de magnitud igual o mayor a 7 grados escala de Richter, ocasionando daños estructurales a la infraestructura de la planta	4	**D (Tolerable)**	2	2	1	Unidad PSR	Gas natural
46	VEGGIE_VPM_46	Menor flujo de gas natural por falla en válvula de control de flujo, ocasionando posible sobrepresión del sistema causando fuga de gas natural a través de sellos o conexiones	4	**D (Tolerable)**	2	2	2	Unidad PSR	Gas natural
47	VEGGIE_VPM_47	Falla en válvulas de control en segunda y tercera etapa de descompresión, ocasionando fuga de gas natural a través de sellos o conexiones por alta presión en descarga de PRS	4	**D (Tolerable)**	2	2	3	Unidad PSR	Gas natural
48	VEGGIE_VPM_48	Falla de medidores de presión ocasionando posible operación por debajo de temperatura de diseño. Fuga de gas natural por falla en materiales.	4	**D (Tolerable)**	2	2	3	Unidad PSR	Gas natural
49	VEGGIE_VPM_49	Falla en válvula reguladora de flujo ocasionando un posible aumento de temperatura en gas natural. El sistema opera con menor flujo de GNC (<2,000 m^3/h)	4	**D (Tolerable)**	2	2	3	Unidad PSR	Gas natural

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
50	VEGGIE_VPM_50	Falla en válvula reductora en la primera etapa de descompresión ocasionando posible sobrepresión del sistema causando fuga de gas natural.	4	**D (Tolerable)**	2	2	3	Unidad PSR	Gas natural
51	VEGGIE_VPM_51	Previa falla en válvulas de descompresión que daña válvulas de control de flujo de gas hacia boiler, ocasionando posible sobrepresión que causa fuga a través de sellos, conexiones o bridas	4	**D (Tolerable)**	2	2	4	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
52	VEGGIE_VPM_52	Falla en medidores de temperatura en línea de gas, ocasionando un aumento de temperatura en boiler causando cambio de fase en refrigerante.	4	**D (Tolerable)**	2	2	4	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
53	VEGGIE_VPM_53	Bloqueo de gas natural en línea de suministro, ocasionando falla en alimentación de gas natural a boiler. Mezcla agua/glicol recirculado en HCM operando a baja temperatura a salida del boiler	4	**D (Tolerable)**	2	2	4	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
54	VEGGIE_VPM_54	Aumento de la temperatura del gas natural debido a agentes externos (p. ej. un incendio) provocando alta presión, que a su vez ocasiona un sobrecalentamiento de la tubería lo que genera una sobrepresión que puede ocasionar ruptura y fuga de gas natural	4	**D (Tolerable)**	2	2	6	Tubería de suministro de baja presión	Gas natural
55	VEGGIE_VPM_55	Falla del regulador ocasionando aumento de flujo en tubería ocasionando sobre presión y posibilidad de fuga de gas natural en conexiones, bridas y sellos	4	**D (Tolerable)**	2	2	6	Tubería de suministro de baja presión	Gas natural
56	VEGGIE_VPM_56	Fallas válvula de control de flujo, medidores de presión, medidores de temperatura, debido a desgastes internos o ruptura de algún elemento interno o de control (solenoides,	3	**D (Tolerable)**	3	1	1	Unidad PSR	Gas natural

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
		elastómeros, etc.) ocasionando fuga de gas natural a la atmósfera							
57	VEGGIE_VPM_57	El personal de mantenimiento no se encuentra capacitado y aplica de manera ineficiente el programa, ocasionando una falla de las válvulas medidoras de presión, temperatura y accesorios PRS	3	**D (Tolerable)**	3	1	1	Unidad PSR	Gas natural
58	VEGGIE_VPM_58	Desajuste / falla de válvula de control de flujo a entrada de PRS por falta de mantenimiento, ocasionando una posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	3	**D (Tolerable)**	3	1	2	Unidad PSR	Gas natural
59	VEGGIE_VPM_59	Válvula manual a entrada de línea de gas cerrada por descuido operacional, ocasionando refrigerante no es calentado de acuerdo a las especificaciones de diseño	3	**D (Tolerable)**	3	1	4	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
60	VEGGIE_VPM_60	Baja eficiencia en la transferencia de calor debido a fouling en intercambiadores de calor ocasionando falla en la integridad física de intercambiador de calor: Disminución de temperatura en el sistema. Operación del sistema PRS a temperatura fuera de diseño.	3	**D (Tolerable)**	3	1	5	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
61	VEGGIE_VPM_61	Falla eléctrica/Desajuste de la válvula de recepción de sistema PRS, ocasionando un posible aumento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor por falla en respuesta de HCM. Un aumento excesivo de temperatura podría ocasionar sobrepresión y fuga de gas natural.	2	**D (Tolerable)**	2	1	2	Unidad PSR	Gas natural
62	VEGGIE_VPM_62	Falla en acoplamiento/equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de material a la atmósfera	2	**D (Tolerable)**	2	1	2	Unidad PSR	Gas natural

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
63	VEGGIE_VPM_63	Presión en descarga de PRS mayor a presión de entrada, ocasionando liberación de material en tuberías a la atmósfera	2	**D (Tolerable)**	2	1	3	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
64	VEGGIE_VPM_64	Falla de medidores de temperatura en línea de suministro de gas, ocasionando baja temperatura de operación en sistema HCM y PRS	2	**D (Tolerable)**	2	1	4	Unidad de calentamiento HCM	Gas natural
65	VEGGIE_VPM_65	Falla en medidor de flujo / válvula de alimentacióocasionando una falla en el suministro de gas natural a los equipos de la empresa Veggie Prime.	2	**D (Tolerable)**	2	1	6	Tubería de suministro de baja presión	Gas natural
66	VEGGIE_VPM_66	Condiciones atmosféricas adversas que generan sobrecalentamiento de tanque contenedor, ocasionando sobrepresión en mangueras y conexiones de poste de descarga. Aumento de temperatura en primera etapa de descompresión	1	**D (Tolerable)**	1	1	6	Tubería de suministro de baja presión	Gas natural
67	VEGGIE_VPM_67	Flujo de nitrógeno entrando por válvula manual venteo, ocasionando operación normal en purga de tubería	1	**D (Tolerable)**	1	1	6	Tubería de suministro de baja presión	Gas natural
68	VEGGIE_VPM_68	Disminución de la temperatura ambiental, ocasionando sobrepresión en el ducto de gas natural	1	**D (Tolerable)**	1	1	6	Tubería de suministro de baja presión	Gas natural

IV.3. Análisis cuantitativo de riesgos.

IV.3.1. Análisis de frecuencias.

Con base en la jerarquización de riesgos realizada en el análisis **HAZOP**, en la **Tabla 36** presentamos los posibles escenarios potenciales de riesgo del **Proyecto**. Cabe señalar que la causa de las consecuencias deriva en fugas de gas natural, ya sea por causas operacionales (mayor flujo y mayor presión) o por errores humanos, los cuales se traducirán en los eventos hipotéticos de falla para el análisis de frecuencias y de riesgo a ser modelados en la siguiente sección. Los eventos de fallas y riesgo por fugas de gas natural determinados son los que pueden ocasionar incendio o explosión si llegase a alcanzar un agente detonante que causan daños al personal, a la población, de impacto ambiental y daño a la producción e instalaciones.

Para la selección de dichos escenarios se consideró como criterio aquellos con un índice de riesgo igual o mayor a 8 unidades con severidad de consecuencia igual o mayor a 4. Ninguno de los escenarios identificados fue clasificado dentro de la región de riesgo no tolerable.

Tabla 36. Escenarios potenciales de riesgo identificados como catastrófico, más probables y alternos.

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Tipo	Referencia de origen
1	VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	12	**C (ALARP)**	Caso más probable	Presión: Nodo 1 Desviación 1.2 Flujo: Nodo 1 Desviación 1.5
2	VEGGIE_VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar una fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	12	**C (ALARP)**	Caso alterno	Sin seguridad y vigilancia: Nodo 1 Desviación 1.16
3	VEGGIE_VPM_3	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	12	**C (ALARP)**	Caso más probable	Presión: Nodo 6 Desviación 6.2
4	VEGGIE_VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva	12	**C (ALARP)**	Peor caso (catastrófico)	Flujo: Nodo 3 Desviación 3.4

Para estos escenarios se realizará el análisis de frecuencias de acuerdo a la metodología del árbol de fallas. Se analizará en primera instancia el escenario de acuerdo a la secuencia y jerarquía establecida.

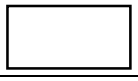
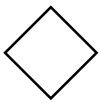
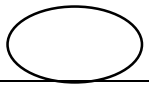
IV.3.1.1. Metodología de árbol de fallas.

El análisis de árbol de fallas (FTA, por sus siglas en inglés (Fault Tree Analysis)) es una herramienta gráfica para explorar las causas de fallas a nivel del sistema. Utiliza lógica booleana para combinar una serie de eventos de nivel inferior y es básicamente un enfoque de arriba hacia abajo para identificar las fallas de nivel de componente (evento básico) que causan que ocurra la falla de nivel del sistema (evento superior).

El análisis del árbol de fallas consta de dos elementos, eventos y puertas lógicas, que conectan los eventos para identificar la causa del evento superior no deseado. El FTA se puede utilizar para realizar todo tipo de procesos de evaluación de riesgos a nivel del sistemaSu propósito es identificar de manera efectiva la(s) causa(s) de falla del sistema y mitigar los riesgos antes de que ocurra.

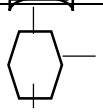
Esta es una herramienta invaluable para sistemas complejos, ya que muestra visualmente la forma lógica de identificar el problema. Además, la eficiencia del sistema se puede lograr mediante este análisis. Existen numerosos símbolos para el FTA, pero estos se dividen en dos categorías, símbolos de evento y símbolos de puerta.

Tabla 37. Símbolos de eventos en el FTA.

No.	Símbolo de evento	Descripción
1		Evento primario o básico de falla. Es un evento aleatorio y hay suficientes datos disponibles
2		Estado del evento del sistema, subsistema o componente.
3		Fallo secundario o evento en desarrollo, se puede explorar más a fondo.
4		Evento condicional y está asociado con la ocurrencia de algún otro evento
5		Evento de la casa que representa la ocurrencia o no ocurrencia de un evento.

No.	Símbolo de evento	Descripción
6	entrada salida	Transferir entradas y salidas de símbolos utilizados para replicar una rama o subárbol del FTA.

Tabla 38. Símbolos de puertas en el FTA.

No.	Símbolo de evento	Descripción
1	Puerta final	El evento de salida ocurre cuando ocurren todos los eventos de entrada.
2	Puerta	El evento de salida ocurre cuando ocurre al menos uno de los eventos de entrada
3	Prioridad y Puerta	El evento de salida ocurre cuando todos los eventos de entrada ocurren en el orden de izquierda a derecha.
4	Exclusivo o Puerta	El evento de salida ocurre si ocurre alguno de los dos eventos de entrada, pero no ambos.
5	Inhibir Puerta 	El evento de salida ocurre cuando ocurre el evento de entrada y se cumplen las condiciones satisfactoriamente.

Procedimiento:

- Definir la falla principal que se analizará, en otras palabras, identificar el evento superior no deseado.
- Identificar los contribuyentes de primer nivel que están justo por debajo del nivel superior utilizando la información técnica disponible.
- Vincular estos contribuyentes al evento de nivel superior mediante el uso de puertas lógicas (puertas Y, O) y ver la relación que existe, de modo que ayude a identificar la puerta lógica apropiada
- Identificar los contribuyentes de segundo nivel y vincularlos a la parte superior mediante el uso de puertas lógicas.
- Identificar el conjunto de cortes mínimo.

- Repita los mismos pasos hasta las causas básicas.
- Finalmente completar y evaluar el FTA.
- Calcular la probabilidad de ocurrencia de elementos de nivel más bajo y también medir las probabilidades de abajo hacia arriba.

Análisis cuantitativo del árbol de fallas

El evento superior indeseable ocurre si ocurre uno o más de los conjuntos de cortes mínimos, por lo tanto, el objetivo principal es identificar los conjuntos de cortes mínimos. Además, si todos los cortes mínimos son independientes entre sí, entonces podríamos calcular la probabilidad del evento superior indeseable.

Suceso Top: **INCENDIO O EXPLOSIÓN** puede ser producido solo por uno de los sucesos intermedios, los cuales son las entradas de la puerta A, entonces las combinaciones de acuerdo a lo establecido en el árbol de fallos y errores son las siguientes.

ÁRBOL A

$$P(A) = P(B) * P(C)$$

Siguiendo en el árbol las puertas B y C se subdividen en árboles por lo tanto vamos analizar el ramal o el subárbol de la puerta B.

SUBÁRBOL B

Combinaciones de los sucesos básicos que pertenecen a la Puerta (B):

$$P(B) = P(D) + P(E)$$

PUERTA D

$$P(D) = \Pi_j^k{}_{=1}(P_j\ (t))$$

PUERTA E

$$P(E) = \Pi_j^k{}_{=1}(P_j\ (t))$$

Donde:

Pj = es la probabilidad de falla del conjunto de cortes mínimos.

PUERTA C

P(C) = Probabilidad n

IV.3.1.2. Eventos a desarrollar para el árbol de fallas de los escenarios de riesgo.

VEGGIE_VPM_1. Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.

Para que se produzca este fallo inaceptable y subsiguiente estallido e incendio, es necesario que se den dos sucesos simultáneamente:

- Que haya fallado la salvaguarda:
    - La activación de un paro de emergencia, el PLC envía la orden de cierre de válvulas y la interrupción de energía eléctrica a los arrancadores.
    - Indicadores de baja/alta presión.
    - Sistema de detección de gases / ventilación.
    - Cierre de válvula de seccionamiento.
- Que falle la tubería y/o accesorios de interconexión por deficiencias en el diseño, construcción o materiales, errores humanos, daño por terceros o deficiencias por falta de mantenimiento.

Tabla 39. Frecuencias de fallas para los sucesos del evento 1.

No.	Evento de falla	Probabilidad
1	Fugas externas de válvulas de aislamiento	2.30E-04
2	Falla (fisura) de tuberías / ductos	1.20E-03
3	Error al no conectar correctamente la manguera	1.00E-03
4	Desconexión de la manguera en operación	3.00E-03
5	Falla de acoplamiento por corrosión o fatiga	1.20E-03
6	Falla de acoplamiento por diseño mecánico	3.00E-02
7	Falla por manguera de material inadecuado	1.00E-03
8	Falla en los procedimientos de inspección física	8.00E-02
9	Fallas del transmisor de presión	1.00E-05

Fuente: Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998.

Tabla 40. Solución de puertas del árbol de fallas para los sucesos del evento 1.

VEGGIE_VPM_1. Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.					
Transferencia iniciada					
Fugas externas de válvulas de aislamiento	**2.30E-04**	Falla de un elemento de conducción	**1.43E-03**	**5.43E-03**	**1.18E-01**
Falla (fisura) de tuberías / ductos	**1.20E-03**				
Error al no conectar correctamente la manguera	**1.00E-03**	Error humano	**4.00E-03**		
Desconexión de la manguera en operación	**3.00E-03**				
Manguera conectada inadecuadamente					
Falla de acoplamiento por corrosión o fatiga	**1.20E-03**	Falla mecánica	**3.22E-02**	**1.12E-01**	
Falla de acoplamiento por diseño mecánico	**3.00E-02**				
Falla por manguera de material inadecuado	**1.00E-03**				
Falla en los procedimientos de inspección física	**8.00E-02**	Falla en los procedimientos de control	**8.00E-02**		
Fallas del transmisor de presión	**1.00E-05**				

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de fallas

VEGGIE_VPM_2. Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.

Para que se produzca este fallo inaceptable y subsiguiente estallido e incendio, es necesario que se den dos sucesos simultáneamente:

- Que haya fallado la integridad estructural:
    - Falla estructural.
    - Operaciones de carga y descarga de GNC.
- Que sucedan eventos extraordinarios que afecten al semirremolque
    - Evento extra operacional.
    - Causas naturales.

Tabla 41. Frecuencias de fallas para los sucesos del evento 2.

No.	Evento de falla	Probabilidad
1	Fallo de semirremolque por perforación	5.00E-09
2	Fallo del semirremolque por aplastamiento	3.50E-09
3	Fallo en el final o del costado del semirremolque por impacto	8.40E-08

No.	Evento de falla	Probabilidad
4	Impacto por volcadura	3.31E-07
5	Colisión del semirremolque con otro vehículo	1.50E-03
6	Falla del recipiente por debilitamiento de las paredes por alta presión	8.60E-05
7	Aperturas de válvulas de seguridad durante carga	3.00E-06
8	Falla de válvulas de seguridad por exceso de flujo de carga	3.90E-06
9	Movimiento de auto en esta de descarga por descuido operacional	3.42E-03
10	Golpe con maquinaria pesada	3.00E-06
11	Impacto con algún vehículo en etapa de descarga	2.00E-07
12	Acto vandálico o terrorista o sabotaje	5.60E-09
13	Inundación (lluvia torrencial)	1.40E-03
14	Sismo mayor a 9 en escala de Richter	3.00E-05
15	Erupción volcánica	2.00E-06
16	Incendio forestal	2.00E-06

Fuente: Informes técnicos, Metodologías para la evaluación del riesgo en el transporte de materiales y residuos peligrosos, 2002, CENAPRED, SEGOB.

Tabla 42. Solución de puertas del árbol de fallas para los sucesos del evento 2.

VEGGIE_VPM_2. Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar una fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.					
Integridad Estructural					
Fallo de semirremolque por perforación	**5.00E-09**	Falla estructural	**4.24E-07**	**1.59E-03**	**6.45E-03**
Fallo del semirremolque por aplastamiento	**3.50E-09**				
Fallo en el final o del costado del semirremolque por impacto	**8.40E-08**				
Impacto por volcadura	**3.31E-07**				
Colisión del semirremolque con otro vehículo	**1.50E-03**	Operaciones de carga y descarga de GNC	**1.59E-03**		
Falla del recipiente por debilitamiento de las paredes por alta presión	**8.60E-05**				
Aperturas de válvulas de seguridad durante carga	**3.00E-06**				
Falla de válvulas de seguridad por exceso de flujo de carga	**3.90E-06**				
Eventos extraordinarios					
Movimiento de auto en estado de descarga por descuido operacional	**3.42E-03**	Evento extra operacional	**3.42E-03**	**4.86E-03**	
Golpe con maquinaria pesada	**3.00E-06**				
Impacto con algún vehículo en etapa de descarga	**2.00E-07**				
Acto vandálico o terrorista o sabotaje	**5.60E-09**				

VEGGIE_VPM_2. Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar una fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.					
Inundación (lluvia torrencial)	**1.40E-03**	Causas naturales	**1.43E-03**		
Sismo mayor a 9 en escala de Richter	**3.00E-05**				
Erupción volcánica	**2.00E-06**				
Incendio forestal	**2.00E-06**				

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de fallas

VEGGIE_VPM_3. Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.

Para que se produzca esta sobrepresión inaceptable y subsiguiente estallido e incendio, es necesario que se den dos sucesos simultáneamente:

- Que haya fallado la salvaguarda (válvula de corte automático y de seccionamiento)
- Que falle la válvula por falta de estanqueidad o falla en operación.

Tabla 43. Frecuencias de fallas para los sucesos del evento 3.

No.	Evento de falla	Probabilidad
1	Inundación lluvia torrencial	1.40E-04
2	Incendio forestal o cerca de la instalación	1.00E-04
3	Golpe con maquinaria pesada	3.00E-03
4	Impacto de algún vehículo	2.00E-07
5	Error humano	1.00E-03
6	Daños por terceros	2.00E-03
7	Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.70E-03
8	Falla de sistema básico de procesos (Sistema de Control Automatizado)	3.42E-03
9	Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.50E-03
10	Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-02
11	Falla de accesorios y tuberías	9.64E-05
12	Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03
13	Falta de inspecciones de seguridad	3.70E-03
14	Intemperismo extremo	1.00E-02
15	Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.00E-03
16	Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02
17	Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.70E-03

No.	Evento de falla	Probabilidad
18	Error humano	1.00E-03
19	Falla de válvula de control automático de presión	1.31E-05
20	Falla de válvulas de seccionamiento	1.00E-04

Fuente: Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998

Tabla 44. Solución de puertas del árbol de fallas para los sucesos del evento 3.

VEGGIE_VPM_3. Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.						
Falla Mecánica						**4.63E-02**
Evento extra-operacional					**4.62E-02**	
Inundación lluvia torrencial	**1.40E-04**	Evento extra-operacional	**3.24E-03**			
Incendio forestal o cerca de la instalación	**1.00E-04**					
Golpe con maquinaria pesada	**3.00E-03**					
Impacto de algún vehículo	**2.00E-07**					
Evento Operacional						
Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	**2.50E-03**	Diseño	**2.50E-03**	**4.30E-02**		
Falta de integridad mecánica de equipos	**1.00E-02**	Integridad mecánica	**1.01E-02**			
Falla de accesorios y tuberías	**9.64E-05**					
Falta de recubrimientos anticorrosivos	**1.00E-03**	Corrosión externa	**1.47E-02**			
Falta de inspecciones de seguridad	**3.70E-03**					
Intemperismo extremo	**1.00E-02**					
Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	**1.00E-03**	Corrosión interna	**1.10E-02**			
Aumento de corrosión tipo pitting	**1.00E-02**					
Deficiencias de mantenimiento e inspección	**3.70E-03**	Mantenimiento	**3.70E-03**			
Error humano	**1.00E-03**	Error humano	**1.00E-03**			
Falla del control de salvaguardas						
Falla de Control					**1.13E-04**	
Falla de válvula de control automático de presión	**1.31E-05**	Falla de control	**1.13E-04**			

VEGGIE_VPM_3. Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.					
Falla de válvulas de seccionamiento	1.00E-04				

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de fallas.

VEGGIE_VPM 4. Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.

Para que se produzca este fallo inaceptable y subsiguiente estallido e incendio, es necesario que se den dos sucesos simultáneamente:

- Que haya fallado las salvaguardas
    - Falla de control.
    - Falla eléctrica.
- Que haya fallado la integridad estructural:
    - Falla de estanqueidad.
    - Falla en operación.
- Que falle la tubería y/o accesorios de interconexión por deficiencias en el diseño, construcción o materiales, errores humanos, daño por terceros o deficiencias por falta de mantenimiento.

Tabla 45. Frecuencias de fallas para los sucesos del evento 4.

No.	Evento de falla	Probabilidad
1	Fallo de válvula de control automático	1.31E-05
2	Fallo de indicador de presión	2.51E-02
3	Fallo de válvula de control de flujo	2.12E-04
4	Fallo de válvula de alta presión (Slam Shut)	1.19E-03
5	Fallo del Transmisor indicador de presión	2.51E-02
6	Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.50E-03
7	Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-02
8	Falla de accesorios y tuberías	9.64E-05
9	Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03
10	Falta de inspecciones de seguridad	3.70E-03

No.	Evento de falla	Probabilidad
11	Intemperismo extremo	1.00E-02
12	Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.00E-03
13	Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02
14	Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.70E-03
15	Error humano	1.00E-03
16	Inundación lluvia torrencial	1.40E-04
17	Incendio forestal o cerca de la instalación	1.00E-04
18	Golpe con maquinaria pesada	3.00E-03
19	Impacto de algún vehículo	2.00E-07
20	Falla del generador de emergencia	7.36E-02

Fuente: Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998

Tabla 46. Solución de puertas del árbol de fallas para los sucesos del evento 4.

VEGGIE_VPM_4. Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.						
Falla Mecánica						**1.71E-01**
Evento extra-operacional					**4.62E-02**	
Inundación lluvia torrencial	**1.40E-04**	Evento extra-operacional	**3.24E-03**			
Incendio forestal o cerca de la instalación	**1.00E-04**					
Golpe con maquinaria pesada	**3.00E-03**					
Impacto de algún vehículo	**2.00E-07**					
Evento Operacional						
Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	**2.50E-03**	Diseño	**2.50E-03**	**4.30E-02**		
Falta de integridad mecánica de equipos	**1.00E-02**	Integridad mecánica	**1.01E-02**			
Falla de accesorios y tuberías	**9.64E-05**					
Falta de recubrimientos anticorrosivos	**1.00E-03**	Corrosión externa	**1.47E-02**			
Falta de inspecciones de seguridad	**3.70E-03**					
Intemperismo extremo	**1.00E-02**					
Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	**1.00E-03**	Corrosión interna	**1.10E-02**			
Aumento de corrosión tipo pitting	**1.00E-02**					

VEGGIE_VPM_4. Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.						
Deficiencias de mantenimiento e inspección	**3.70E-03**	Mantenimiento	**3.70E-03**			
Error humano	**1.00E-03**	Error humano	**1.00E-03**			
Falla del control de salvaguardas						
Falla de Control					**1.25E-01**	
Falla de válvula de control automático de presión	**1.31E-05**	Falla de control	**5.16E-02**			
Falla de indicador de presión	**2.51E-02**					
Fallo de la válvula de control de flujo	**2.12E-04**					
Falla de la válvula de alta presión	**1.19E-03**					
Falla de Transmisor indicador de presión	**2.51E-02**					
Falla eléctrica						
Falla del generador de emergencia	**7.36E-02**	Falla eléctrica	**7.36E-02**			

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de fallas

Figura 40. Árbol de fallas del evento 1.

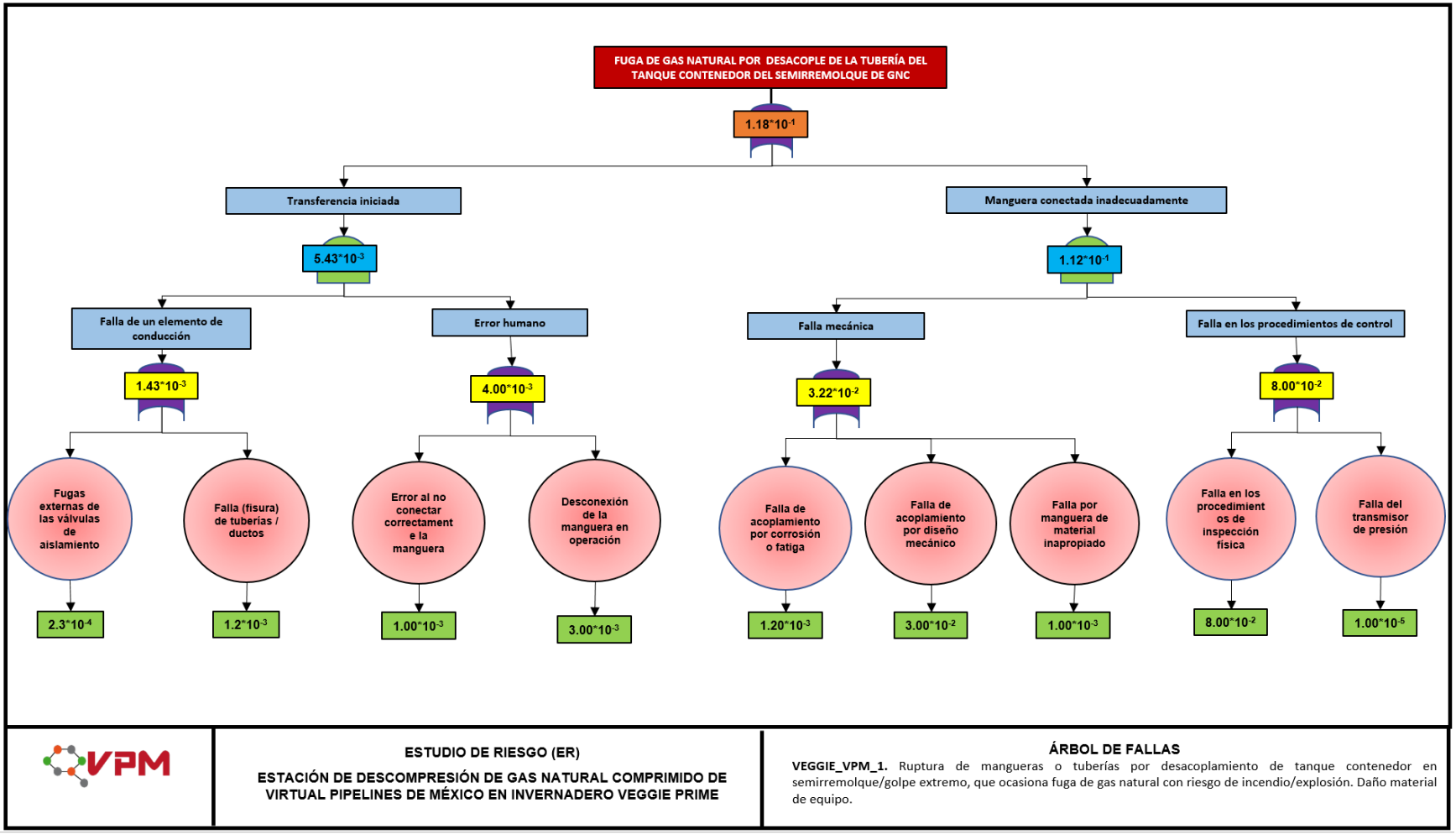


Figura 41. Árbol de fallas del evento 2 (1 de 2).

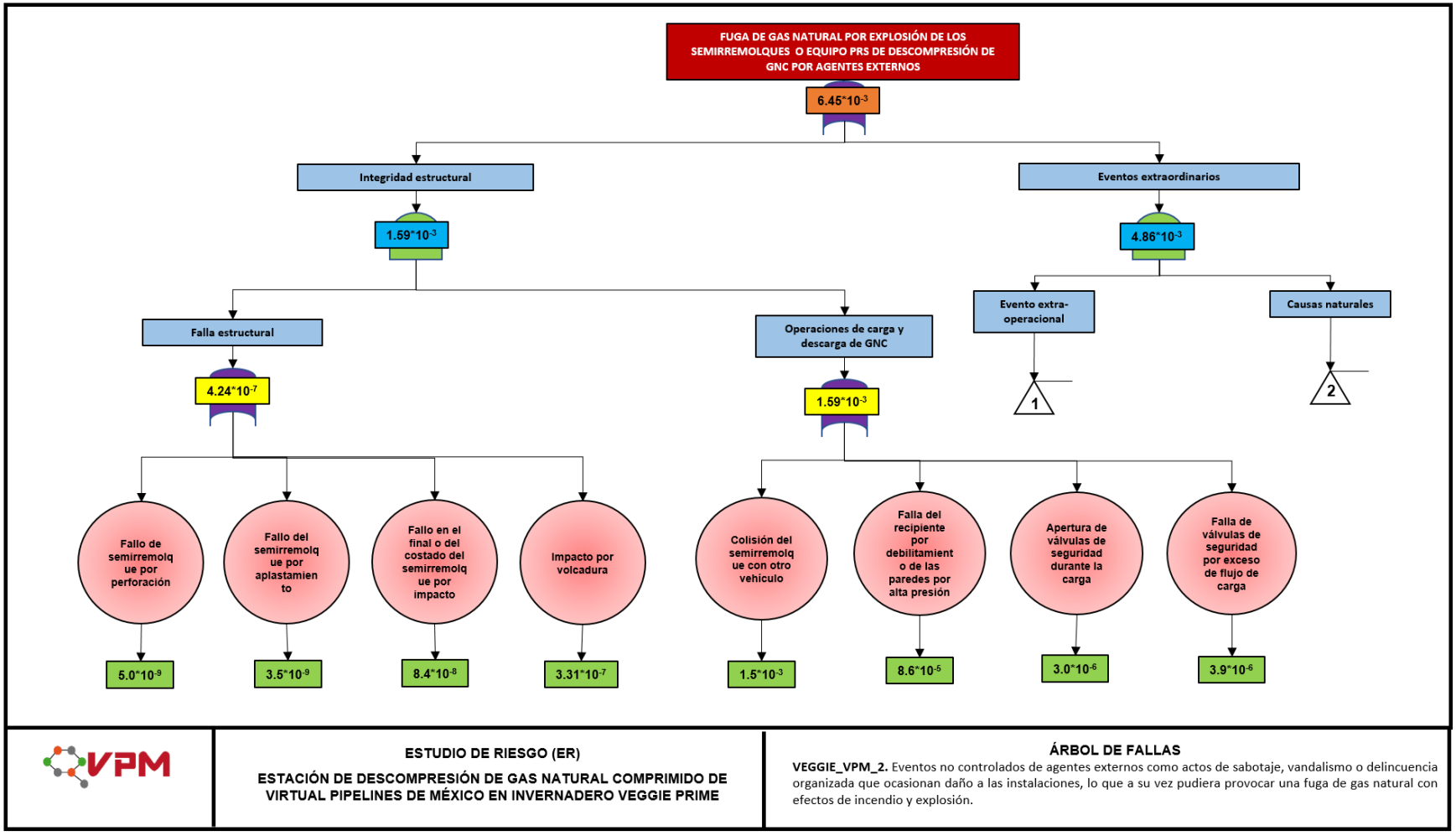


Figura 42. Árbol de fallas del evento 2 (2 de 2).

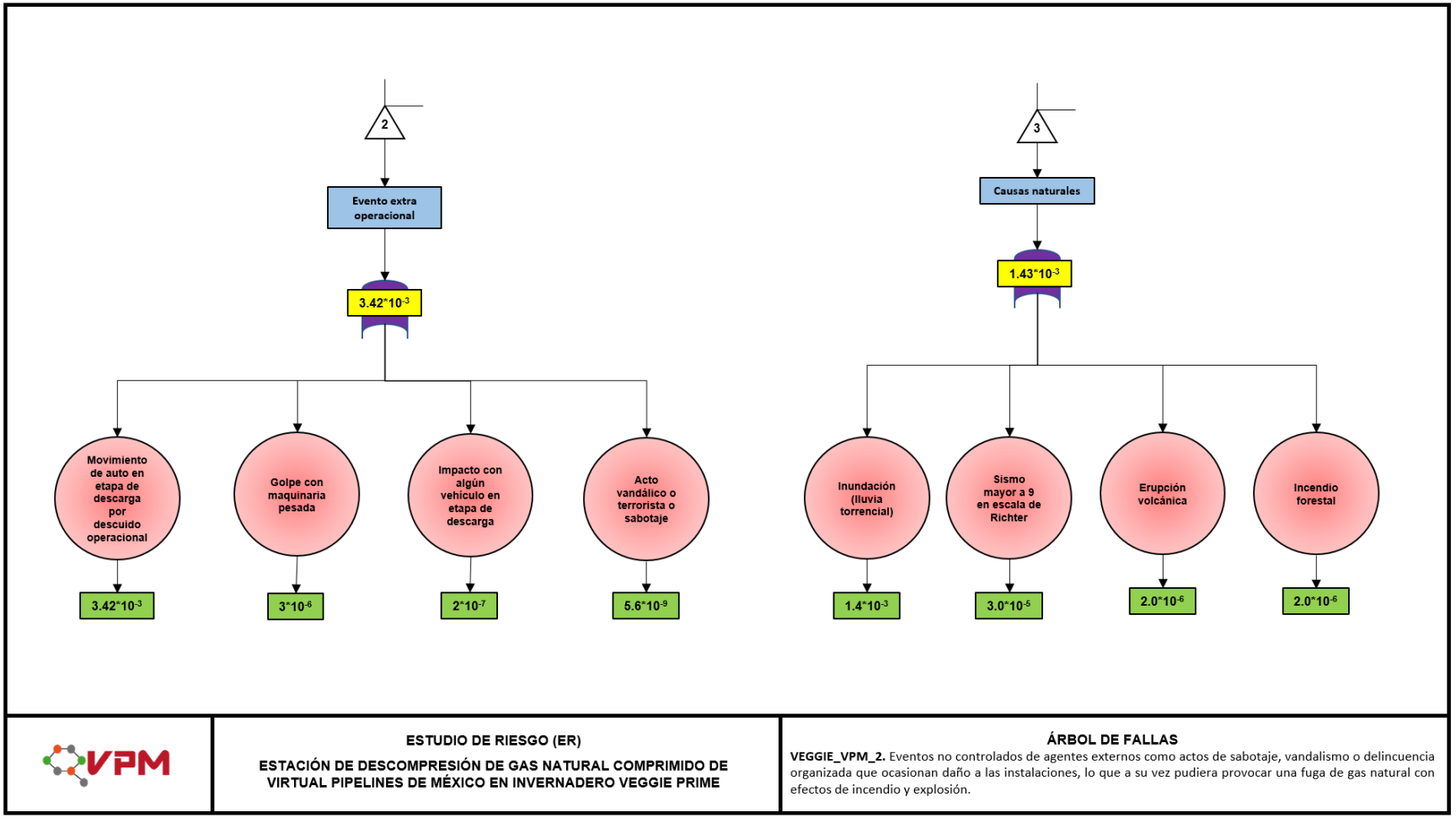


Figura 43. Árbol de fallas del evento 3 (1 de 2).

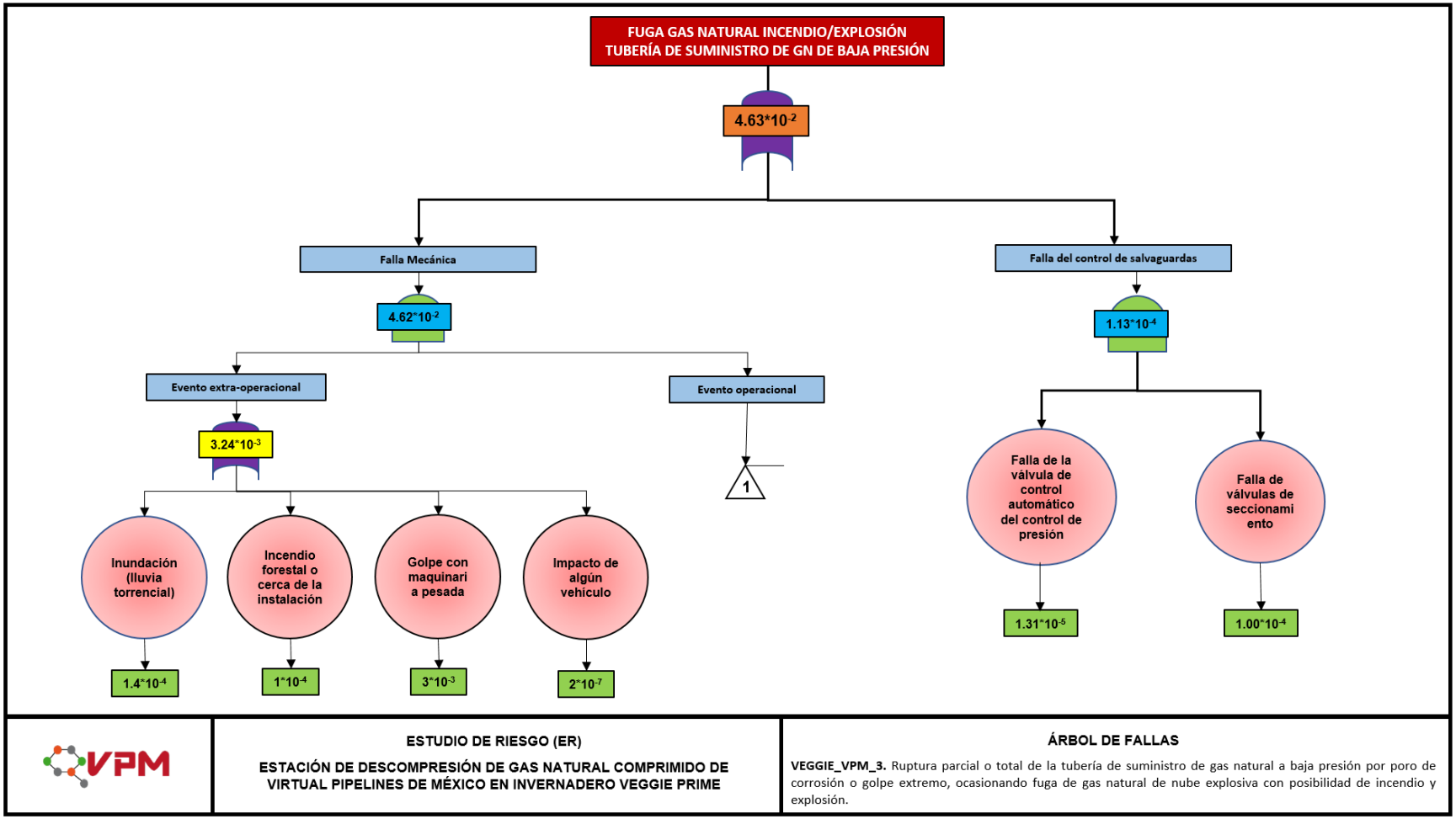


Figura 44. Árbol de fallas del evento 3 (2 de 2).

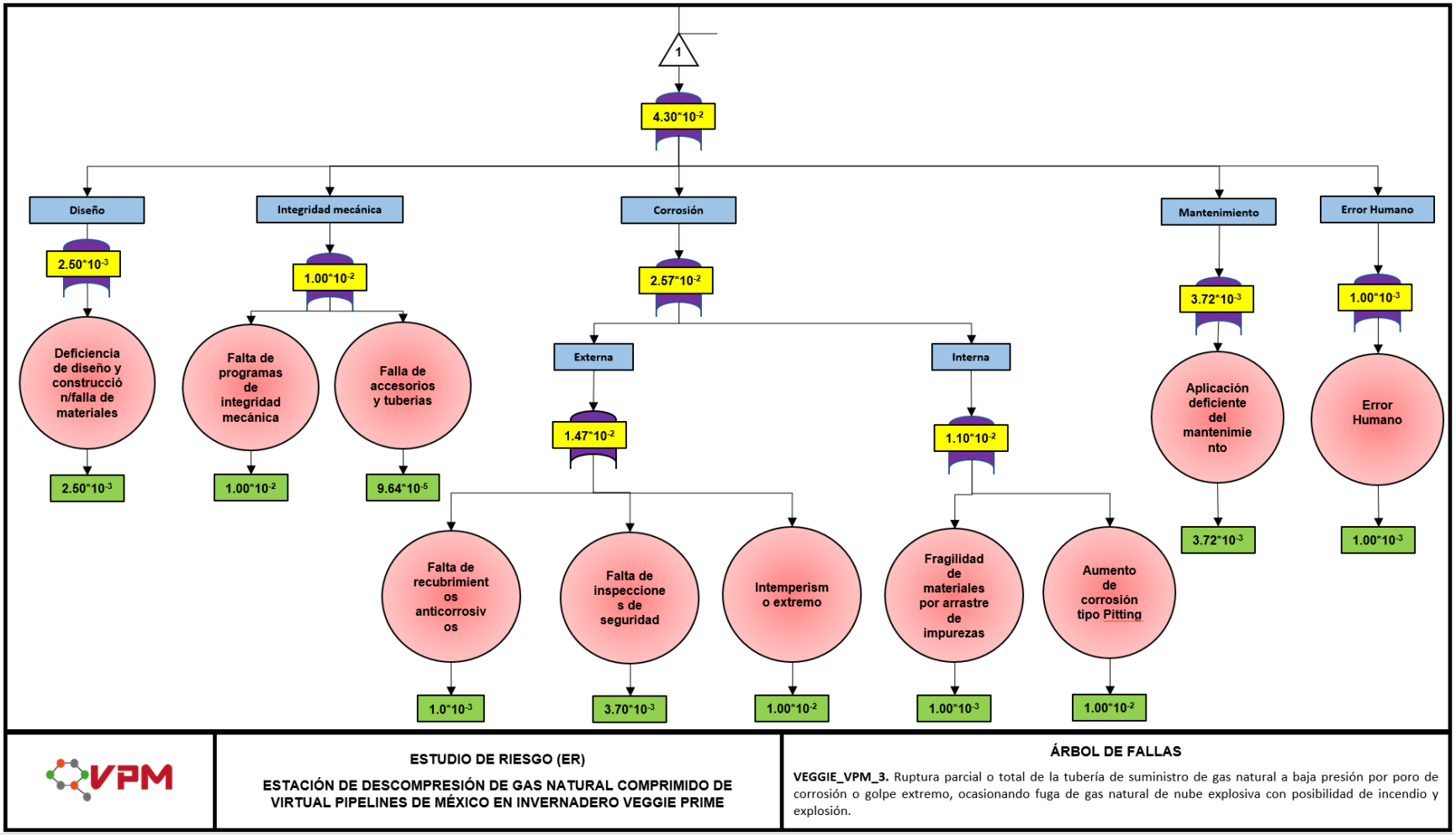


Figura 45. Árbol de fallas del evento 4 (1 de 2).

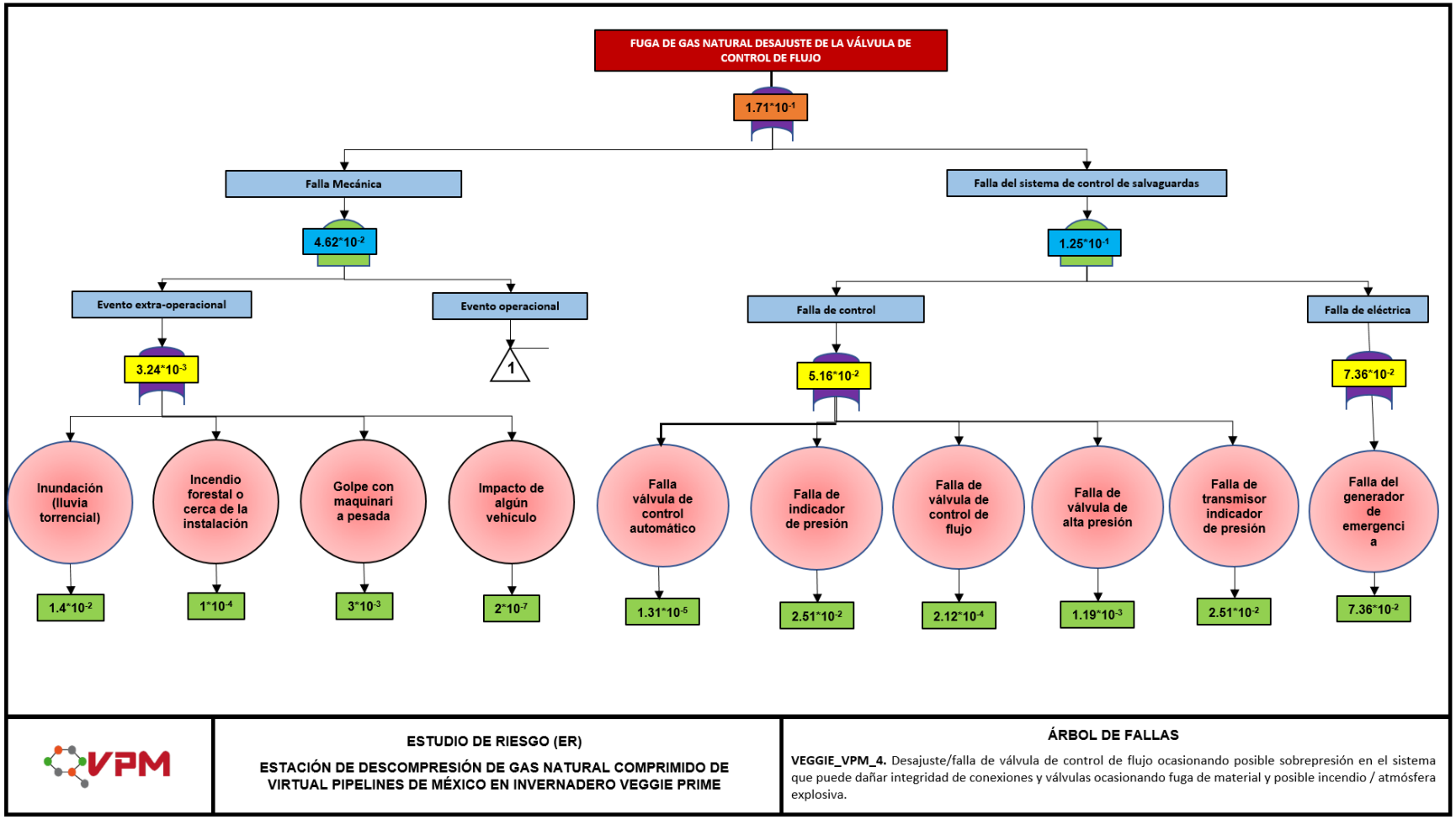


Figura 46. Árbol de fallas del evento 4 (2 de 2).

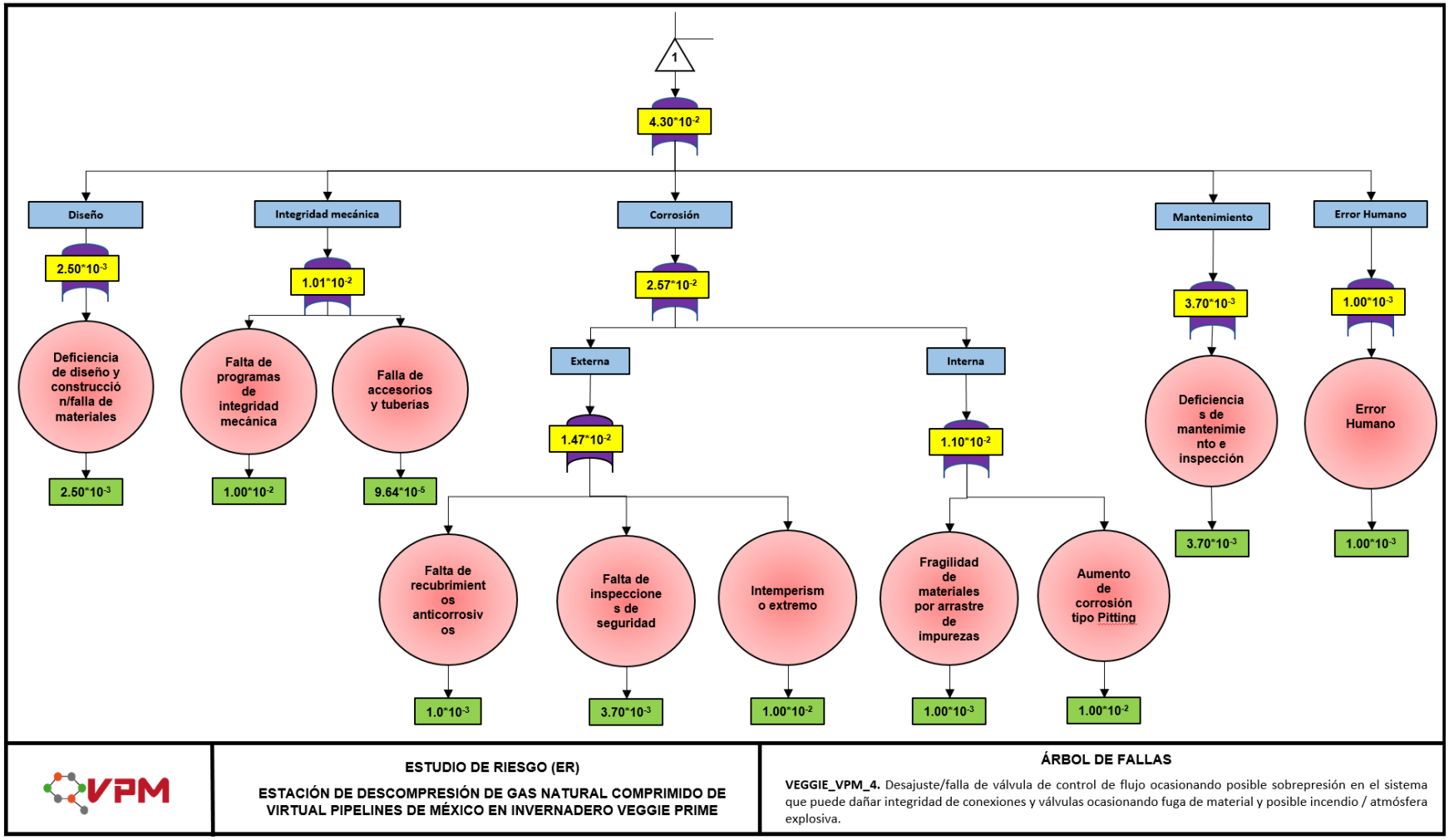


Tabla 47. Resultados de la solución de árboles de falla para los escenarios planteados.

Escenario	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Elementos que contribuyen
VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	1.18E-01	0.11764	Todos los elementos son contribuyentes
VEGGIE _VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión	6.45E-03	0.00645053	
VEGGIE _VPM_3	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	4.63E-02	0.0463497	
VEGGIE _VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	1.71E-01	0.1714517	

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de fallas

La matriz de riesgo para jerarquizar los eventos de conformidad a la frecuencia por las probabilidades de ocurrencia de acuerdo con la **Tabla 48** es la calificación inicial de riesgos y primera etapa de cuantificación como correlación entre la frecuencia y las consecuencias. Asimismo, en su contenido se encuentran valores con significado para la organización y apoyo en la toma de decisiones y debe contener los criterios bajo la descripción de frecuencias, categorías de riesgo y frecuencias.

Tabla 48. Criterios de categoría, descripción y frecuencia en una matriz de riesgos según COMERI.

Categoría	Descripción de frecuencia ocurrida	Frecuencia/año
F6: Muy frecuente	Ocurre una o más veces en eun año	>1
F5: Frecuente	Ocurre una o más veces en un período de entre 1 y 5 años	>0.2 a 1
F4: Poco frecuente	Ocurre una o más veces en un período de entre 5 y 10 años	0.1 a 0.2
F3: Raro	Ocurre una vez en un período mayor a 10 años	0.01 a 0.1
F2: Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta	0.001 a 0.01
F1: Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	0.0001 a 0.001

Fuente: Lineamientos para realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Análisis de Riesgo de Ductos y Análisis de Riesgo de Seguridad Física, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios (COMERI-144).

A continuación, se jerarquizan los eventos de acuerdo a los índices de frecuencias obtenidos.

Tabla 49. Valores de frecuencia de los eventos.

Evento	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Elementos que contribuyen
VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	1.18E-01	0.11764	F4: Poco frecuente
VEGGIE _VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a	6.45E-03	0.00645053	F2: Muy raro

Evento	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Elementos que contribuyen
	las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión			
VEGGIE _VPM_3	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	4.63E-02	0.0463497	F3: Raro
VEGGIE _VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	1.71E-01	0.1714517	F4: Poco frecuente

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de fallas.

IV.3.2. Análisis de consecuencias.

IV.3.2.1. Desarrollo de la metodología de análisis de consecuencias.

Debido a que los algoritmos físico-químicos que simulan el comportamiento de la difusión de las sustancias en el ambiente (aire, agua o suelo) y la evaluación de los efectos físicos derivados de las consecuencias de ésta (radiación térmica, sobrepresión y nube explosiva) son de gran complejidad, se hace necesario el uso de modelos matemáticos computarizados. En este caso, se realizaron las simulaciones mediante el software **SCRI-FUEGO** Versión 2 (Herramienta Computacional de Análisis de Riesgos de Proceso), aceptado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (**OSHA**) y la **ASEA** de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**).

El desarrollo del análisis de consecuencias se realizó de acuerdo a los requerimientos, formatos y

consideraciones mencionadas en Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, cumpliéndose y justificándose cada parámetro, valor o información incluida en los requerimientos del simulador SCRI-FUEGO Versión 2.

Tabla 50. Lista de sustancias manejadas en el análisis de consecuencias.

Sustancia	No. CAS	
Gas natural	Metano 74-82-8	Etano 74-84-0

Fuente: Elaboración propia, con datos de la hoja de seguridad (**Anexo 04)**.

Las mezclas a ingresarse al simulador cumplen con lo señalado en el documento Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI, donde se menciona que por ningún motivo se debe simular eventos donde se ingresen sustancias puras, para este caso se determinaron mediante información proporcionada por **PEMEX**.

Tabla 51. Composición de las sustancias modeladas.

Sustancia	Composición % mol
	Gas Natural
Metano	83.00%
Etano	11.00%
Nitrógeno	6.00%
Total	**100%**

Fuente: Hoja de datos de seguridad **PEMEX**

IV.3.2.1.1. Evaluación de variables meteorológicas y estabilidad Pasquill.

Para el comportamiento en la dispersión de las sustancias liberadas, la **ASEA** de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**) recomienda la estabilidad F (Según Pasquill), asociada a una velocidad promedio de viento de m/s, por lo que se realizó un estudio de valores promedio de las variables meteorológicas (temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento y nubosidad) en el último año. Los datos climáticos fueron obtenidos de la estación climatológica con datos más cercana al área de estudio, EMA Humilpan. Dicha estación se ubica a aproximadamente 40 km sur del **Proyecto** en las coordenadas X = 366082.96 E y Y = 2255162 N (UTM, WGS 84, Zona 14), en el municipio de El Marqués, Querétaro, operada por Comisión Nacional del Agua (**CONAGUA**).

IV.3.2.1.2. Parámetros meteorológicos.

- **Temperatura ambiente.**
  - Temperatura media máxima: 19.7ºC
  - Temperatura media: 17.0 ºC
  - Temperatura media mínima: 13.7 ºC
- **Precipitación.**
  - Media anual: 511.80 mm
  - Máxima media mensual: 108.80 mm
  - Mínima media mensual: 5.7 mm
- **Humedad relativa.**
  - Media anual: 62.61%
- **Presión barométrica.**
  - Media anual: 777.99 Pa
- **Altitud.**
  - 1,960 msnm
- **Dirección y velocidad de los vientos.**
  - Velocidad promedio 3.72 m/s
  - Dirección de los vientos predominantes: sureste

El resultado de la interacción de los parámetros, en especial la velocidad promedio del viento la cual se obtuvo mediante un análisis dimensional de horas, permitió considerar la estabilidad B (Según Pasquill) todo lo anterior basado en la

Tabla 52.

Tabla 52. Estabilidades según Pasquill.

	Radiación solar durante el día		Condiciones en la noche		A cualquier hora	
Velocidad del viento en la superficie	Fuerte	Moderada	Ligera	Ligeramente nublado o > 4/8 de nubosidad	>3/8 despejado	Fuertemente nublado
<2	A	A-B	B	F	F	D
2-3	A-B	B	C	E	F	D
3-4	B	B-C	C	D	E	D
4-6	C	C-D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D
Condiciones de Pasquill	**Atmósfera**		**Condiciones esperadas en el sitio**			
A	Muy inestable		Totalmente soleado con vientos ligeros			
A/B	Inestable		Como A solo que menos soleado y con más vientos			
B	Inestable		Como A/B solo que menos soleado y con más vientos			
B/C	Moderadamente inestable		Sol y vientos moderados			
C	Moderadamente inestable		Mucho sol o muchos vientos			
C/D	Moderadamente inestable		Sol moderado con mucho viento			
D	Neutral		Poco sol y mucho viento o nublado con mucho viento			
E	Moderadamente estable		Menos sol y menos vientos que D, se considera de noche			
F	Estable		Noche con nublado moderado y viento ligero			
G	Muy estable		Existe posibilidad de Niebla			

IV.3.2.1.3. Tipos de eventos de riesgo que pudieran esperarse en las simulaciones.

Una vez llevadas a cabo las simulaciones de las hipótesis mencionadas en el capítulo anterior se arrojaron diferentes tipos de escenarios de acuerdo al comportamiento de la mezcla al liberarse al medio ambiente y las condiciones externas que se pueden presentar, por lo que es necesario entender cada tipo de evento:

Dardo de fuego (Jet fire). El evento de jet fire se puede definir como una llama estacionaria de

difusión de gran longitud y poca anchura, como la producida por un soplete de oxi-acetileno. Generalmente este evento ocurre cuando un material inflamable ha sido liberado a alta presión y se incendia a una distancia del punto de la descarga. La nube formada produce el incendio (jet fire) en cualquier momento, siempre y cuando esté por encima de su límite inferior de inflamabilidad y por debajo del superior, esta zona de la nube es la que se considera para determinar los efectos de radiación térmica.

Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y confinada (VCE). La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

Nube explosiva flamazo (Flash fire). Para eeste caso consideramos la dispersión de una nube de gas a baja presión en la que los efectos por presión son despreciables, quedando solamente por considerar los correspondientes a la radiación térmica. La zona de alcance (por lo general la región del espacio correspondiente al límite inferior de inflamabilidad), limitándose la consideración de los efectos térmicos al interior de dicha zona.

IV.3.2.1.4. Parámetros y equivalencias de daños a esperarse en las simulaciones.

La **Tabla 53** muestra los valores umbrales de referencia adoptados en este estudio para una radiación térmica y sobrepresión.

Tabla 53. Valores umbrales seleccionados.

Parámetro	Zonas		
	Zona de alto riesgo por daño a equipos (ZAE)	Zona de alto riesgo por daño a equipos (ZA)	Zona de amortiguamiento (ZA)
Inflamabilidad (Radiación térmica)	12.5 KW/m^2	5 KW/m^2	1.4 KW/m^2
Explosividad (Sobre Presión)	10 psig	1 psig	0.5 psig

Parámetro	Zonas		
	Zona de alto riesgo por daño a equipos (ZAE)	Zona de alto riesgo por daño a equipos (ZA)	Zona de amortiguamiento (ZA)
Nube explosiva (Flamazo)	80% L.E.L. (40,000 ppm)	60% L.E.L (30,000 ppm)	10% L.E.L (5,000 ppm)

Fuente: Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, Julio 2020 (ARSH-ASEA).

Para interpretar o inferir los daños ocasionados a la población, a la instalación y al medio ambiente a partir de las consecuencias conocidas de cada escenario se requieren datos de las equivalencias de consecuencias vs. daños. Las equivalencias para interpretar los daños ocasionados por las consecuencias de los escenarios se presenta en la **Tabla 54**.

Tabla 54. Efectos generados a diferentes intensidades de radiación térmica.

kW/m²	Descripción
1.40	Puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal). Se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial
5.00	Zona de intervención con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado El tiempo necesario para sentir dolor (piel desnuda) es aproximadamente de 13 segundos, y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado; Cuando la temperatura de la piel llega hasta 55.0 C aparecen ampollas
12.50	Extensión de incendio fusión de recubrimiento de plástico en cables eléctricos La madera puede prender después de una larga exposición 100.0% de letalidad
37.5	Nivel de radicación térmica suficiente para causar daños en equipos, materiales

Fuente: Software SCRI-FUEGO Versión 2 (Herramienta Computacional de Análisis de Riesgos de Proceso)

En la **Tabla 55** se indican los efectos producidos a personas y objetos durante el evento denominado flash fire.

Tabla 55. Efectos del flash fire (flamazo).

Personas u objetos	Descripción
Fuera de la nube	Como la duración del fenómeno es muy corta el daño es limitado y muy inferior
Dentro de la nube sometidos a un contacto directo con la llama	Las personas sufrían quemaduras graves de 2° grado sobre una gran parte del cuerpo, la situación se agrava a quemaduras a 3° y 4° grado por la ignición mas que probable de la ropa o vestidos. La probabilidad de muerte es muy

Personas u objetos	Descripción
	elevada. Aproximadamente morirá 14.0% de la población sometida a esta radiación con un 20.0% como mínimo de quemaduras importantes.
	En el caso de que la persona porte ropa de protección que no se queme, su presencia reducirá la superficie del cuerpo expuesta (se considera en general que solo se irradia el 20.0% de esta superficie que comprendería la cabeza 7.0%; manos 5.0% y los brazos 8.0%).
	En el caso de personas situadas en el interior de viviendas, probablemente estarán protegidas- aunque sea parcialmente- de la llamarada, pero estarán expuestas a fuegos secundarios provocados por la misma.

Fuente: Software SCRI-FUEGO Versión 2 (Herramienta Computacional de Análisis de Riesgos de Proceso)

En la **Tabla 56** se presentan los valores umbrales para la vulnerabilidad de los materiales, cuando se presenta un evento de radiación térmica.

Tabla 56. Vulnerabilidad de materiales por radiación térmica

Radiación (kW/m²)	Material
60.0	Cemento
40.0	Cemento prensado
200.0	Hormigón armado
40.0	Acero
33.0	Madera (Ignición)
30.0-300.0	Vidrio
400.0	Pared de ladrillos
13.0	Daños en depósitos
12.0	Instrumentación

Fuente: Software SCRI-FUEGO Versión 2 (Herramienta Computacional de Análisis de Riesgos de Proceso)

La **Tabla 57** muestra los efectos generados a los diferentes niveles de sobrepresión sobre instalaciones y sobre el personal que reciba el impacto de la sobrepresión.

Tabla 57. Efectos estimados por sobrepresión.

Presión (psi)	Evaluación de daños por explosiones	
	Refinerías	Plantas
0.5	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro): rotura de ventanas.	Cuarto de control (techo metálico): rotura de ventanas y medidores.

Presión (psi)	Evaluación de daños por explosiones	
	Refinerías	Plantas
		Cuarto de control (techo de concreto): rotura de ventanas y medidores. Torre de enfriamiento: falla de mamparas
1.0	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro): deformación de la estructura.	Cuarto control (techo metálico): conectores dañados por colapso del techo. Cuarto de control (techo de concreto): dañados por colapso del techo. Tanques de almacenamiento (techo cónico): colapso del techo.
2.0		Calentador: fractura de ladrillos. Reactor químico: rotura de ventanas. Filtros: falla de paredes de concreto.
3.0	Edificio de mantenimiento: deformación.	Tanque de almacenamiento (techo cónico): el equipo se levanta (llenado al 50%). Cubículo de instrumentos: líneas de fuerza dañadas, controles dañados.
5.0	Torre de regeneración: deformación de la columna. Edificio de mantenimiento: derrumbe de muros de tabique, deformación de la estructura. Tuberías: derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas. Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.	Calentador: unidad destruida. Regenerador: marcos colapsados. Motor eléctrico: daño por proyección de partículas. Ventilador: carcaza y caja dañadas.
7.0	Torre rectangular (estructura de concreto): derrumbe de la estructura y la torre. Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura. Torre fraccionadora: (montada sobre pedestal de concreto) caída de la torre. Torre de regeneración derrumbe de la estructura y la torre.	Reactor catalítico: partes internas dañadas. Columna fraccionadora: unidad destruida.

Presión (psi)	Evaluación de daños por explosiones	
	Refinerías	Plantas
	Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura, (estructura de acero) caída de la torre. Tanques de almacenamiento esférico: deformación de la estructura en tanques llenos.	
10.0	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro): derrumbe de estructura de hierro.	Cuarto de control (techo de concreto): unidad destruida. Transformados eléctrico: unidad destruida. Ventilador: unidad destruida. Regulador de gas: controles dañados, carcaza y caja dañadas. Columna de extracción: la unidad se mueve de sus cimientos.
20.0		Tanque de almacenamiento (techo flotante): colapso del techo.

Fuente: Software SCRI-FUEGO Versión 2 (Herramienta Computacional de Análisis de Riesgos de Proceso)

IV.3.2.1.5. Evaluación de variables de operación, tiempos de las fugas e inventarios a considerar en el análisis de consecuencias de los eventos hipotéticos.

Con el análisis y revisión de la información se pudieron definir las diferentes corrientes, así como identificar los flujos, presiones y temperatura a la cual dichas corrientes podrían encontrar; para la modelación se consideraron las mayores presiones a fin de que las consecuencias obtenidas fueran representativas de todas las secciones donde pudieran encontrarse estas corrientes (**Tabla 58**).

Tabla 58. Condiciones de operación a considerar en el análisis de consecuencias por escenario planteado

No.	Clave del escenario	Descripción del evento	No. Nodo	Escenario	Presión (kg/cm^2)	Distancia del ducto (m)/ diámetro (metros)	Flujo (m^3/h) / Volumen (m^3)	Temperatura (ºC)	Tipo
1	VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	1	Presión 1.2 y Flujo 1.5	253.10	3 (0.038 Ø)	2,000 m^3/h	Ambiente	Caso más probable
2	VEGGIE _VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión	1	Sin seguridad y vigilancia 1.16	253.10	3 (0.038 Ø)	9,000 m^3	Ambiente	Caso alterno
3	VEGGIE _VPM_3	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga	6	Presión 6.2	4.14	6 (0. 1016 Ø) 324 (0.076 Ø)	1,050 m^3/h 447 m^3/h 418 m^3/h	Ambiente	Caso más probable

No.	Clave del escenario	Descripción del evento	No. Nodo	Escenario	Presión (kg/cm^2)	Distancia del ducto (m)/ diámetro (metros)	Flujo (m^3/h) / Volumen (m^3)	Temperatura (ºC)	Tipo
		de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.				45 (0. 1016 Ø)			
4	VEGGIE _VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	3	Flujo 3.4	12.30	10 (0.076 Ø)	2,000 m^3/h	Ambiente	Peor caso (catastrófico)

Fuente: Elaboración propia de casos hipotéticos.

Tasa de fuga. Para calcular la tasa de fuga se realizó con el software SCRI Emisiones, el cual permite determinar el tipo de emisión y descarga de materiales peligrosos, tomándose la sustancia de mayor porcentaje. En este sentido, para el gas natural se consideró el metano para los tres eventos hipotéticos que se van a simular. Mayor detalle de la obtención de la tasa de fuga se presenta en la **Tabla 59**.

Tabla 59. Datos de entrada para el cálculo de la tasa de emisión de los escenarios a simular en SCRI Emisiones

Evento Hipotético	Datos de entrada	Tipo de evento
VEGGIE_VPM_1. Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 253.10 kg/cm^2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo.	Longitud de tubería: 3 metros Diámetro de tubería: 1.5" Ø (0.038 m) Diámetro del agujero 100%: 1.5" Ø (0.038 m) Presión: 253.10 kg/cm^2 (24,820,631 Pa) Temperatura: 20.01 ºC (293.16 ºK).	Caso más probable
VEGGIE_VPM_2. Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de 9,000 m^3 a una presión de 253.10 kg/cm^2 que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	Longitud de tubería: 10 metros Diámetro de tubería: 1.5" Ø (0. 0.038 m) Diámetro del agujero: 100%: 1.5" Ø (0.038 m) Presión: 253.10 kg/cm^2 (24,820,631 Pa) Temperatura: 20.01 ºC (293.16 ºK).	Caso alterno
VEGGIE_VPM_3_1. Ruptura parcial o total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 1,050 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	Longitud de tubería: 6 metros Diámetro de tubería: 4" Ø (0.1016 m) Diámetro del agujero 100%: 4" Ø (0.1016 m) Presión: 4.14 kg/cm^2 (405,995.3 Pa) Temperatura: 20.01 ºC (293.16 ºK).	Caso alterno (100%)
	Longitud de tubería: 6 metros Diámetro de tubería: 4" Ø (0.1016 m) Diámetro del agujero 20%: 0.8" Ø (0.02032 m) Presión: 4.14 kg/cm^2 (405,995.3 Pa) Temperatura: 20.01 ºC (293.16 ºK).	Caso más probable (20%)

Evento Hipotético	Datos de entrada	Tipo de evento
VEGGIE_VPM_3_2. Ruptura parcial o total de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	Longitud de tubería: 324 metros Diámetro de tubería: 3" Ø (0.076 m) Diámetro del agujero100%: 3" Ø (0.076 m) Presión: 4.14 kg/cm^2 (405,995.3 Pa) Temperatura: 20.01 ºC (293.16 ºK).	Caso alterno (100%)
	Longitud de tubería: 324 metros Diámetro de tubería: 3" Ø (0.076 m) Diámetro del agujero 20%: 0.6" Ø (0.015 m) Presión: 4.14 kg/cm^2 (405,995.3 Pa) Temperatura: 20.01 ºC (293.16 ºK).	Caso más probable (20%)
VEGGIE_VPM_3_3. Ruptura parcial o total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	Longitud de tubería: 45 metros Diámetro de tubería: 4" Ø (0.1016 m) Diámetro del agujero100%: 4" Ø (0.1016 m) Presión: 4.14 kg/cm^2 (405,995.3 Pa) Temperatura: 20.01 ºC (293.16 ºK).	Caso alterno (100%)
	Longitud de tubería: 45 metros Diámetro de tubería: 4" Ø (0.1016 m) Diámetro del agujero 20%: 0.8" Ø (0.02032 m) Presión: 4.14 kg/cm^2 (405,995.3 Pa) Temperatura: 20.01 ºC (293.16 ºK).	Caso Más probable (20%)
VEGGIE_VPM_4. Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 12.30 kg/cm^2, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva	Longitud de tubería: 10 metros Diámetro de tubería: 3" Ø (0.076 m) Diámetro del agujero 100%: 3" Ø (0.076 m) Presión: 12.30kg/cm^2 (1,206,218 Pa) Temperatura: 20.01 ºC (293.16 ºK).	Peor caso (catastrófico)

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de fuga: Tiempo que transcurre desde que se presenta la fuga, hasta que esta es aislada cerrando las válvulas de seccionamiento, de acuerdo a los siguientes criterios.

- Cuando la instalación cuenta con sistemas automáticos de aislamiento para responder al escenario planteado, debe estimarse objetivamente el tiempo de respuesta de dichos sistemas automáticos; debiendo considerar éste como el tiempo de fuga.
- Cuando la instalación no cuenta con sistemas automáticos de aislamiento para responder al escenario planteado, debe estimarse objetivamente el tiempo de respuesta de los operadores para realizar manualmente dicho aislamiento, debiendo considerar éste como el tiempo de fuga. En caso contrario debe considerarse la recomendación heurística del Software de simulación o el inventario presente en el tramo seccionado.
- Considerar los tiempos de fuga establecidos en la tabla siguiente, en función del tipo de equipo involucrado en la fuga o derrame de producto.

Tabla 60. Eventos típicos de fuga o derrame de productos.

Maquinaria o equipo	Eventos típicos
Recipientes a presión	Relevo instantáneo del producto contenido dentro del recipiente.
	Relevo continuo del total del producto contenido dentro del recipiente en un tiempo de 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
	Relevo continuo a través de un orificio con un diámetro efectivo de 10 y 12.5 mm.
Tanques atmosféricos	Relevo instantáneo del producto contenido dentro del tanque.
	Relevo continuo del total del producto contenido dentro del recipiente en un tiempo de 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
	Relevo continuo a través de un orificio con un diámetro efectivo de 10 y 12.5 mm.
Tuberías	Ruptura total del tubo, considerando el volumen de producto por los dos lados de la tubería con ruptura total.
	Relevo de producto por un orificio con un diámetro efectivo del 10% del diámetro nominal de la tubería, hasta un máximo de 50 mm, considerando 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
Bombas	Falla catastrófica considerando la ruptura total de la tubería de mayor diámetro conectada.
	Fuga de producto por un orificio con un diámetro efectivo del 10% del diámetro nominal de la tubería de mayor diámetro conectada, hasta un máximo de 50 mm, y 12.5 mm, considerando 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
Intercambiadores de calor	Relevo instantáneo del total de producto contenido dentro del lado cuerpo del intercambiador de calor.
	Relevo continuo del total del producto contenido dentro del lado cuerpo del intercambiador de calor, en un tiempo de 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante

Maquinaria o equipo	Eventos típicos
	Relevo continuo a través de un orificio con un diámetro efectivo de 10 y 12.5 mm.
	Ruptura total de 10 tubos simultáneamente, considerando el relevo de producto por ambos lados de la tubería rota.
	Ruptura total de un tubo, considerando el flujo de producto por los dos lados de la tubería con ruptura total.
	Fuga de producto por un orificio con un diámetro efectivo del 10% del diámetro nominal, hasta un máximo de 50 mm y 12.5 mm, considerando 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
Dispositivos de relevo de presión	Descarga de un dispositivo de relevo de presión considerando su gasto máximo de descarga

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

A continuación, se presentan los tiempos de fuga para cada uno de los escenarios planteados.

Tabla 61. Tiempo de fuga para cada escenario

No.	Clave del escenario	Descripción del evento	Tiempo de fuga (minutos) / (segundos)
1	VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	5 (300)
2	VEGGIE _VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión	1 (60)
3	VEGGIE _VPM_3	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	5 (300)
4	VEGGIE _VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	5 (300)

Fuente: Elaboración propia.

En el **Anexo 05** se presentan las memorias de cálculo de las tasas de fuga para cada uno de los escenarios.

Inventario de fuga. Al determinar el inventario del material o sustancia peligrosa que se puede fugar o derramar en proceso, transporte o almacenamiento, es necesario dar crédito a los valores máximos establecidos en controles administrativos que limitan estas cantidades o bien, considerar los casos en los que, por razones operativas, los inventarios pueden alcanzar valores máximos.

El inventario de fuga se calcula mediante la siguiente formula:

$$I_F = T_F * T_R$$

Donde:

I_F = Inventario de Fuga

T_F = Tasa de fuga

T_R = Tiempo de Respuesta

VEGGIE_VPM_1

T_F = 76.12 kg/s

T_R = 300 segundos

$$I_F = 76.12 \text{ kg/s} * 300 \text{ s}$$

$$I_F = \underline{22{,}835.52 \text{ kg}}$$

VEGGIE_VPM_2

T_F = 76.12 kg/s

T_R = 60 segundos

$$I_F = 76.12 \text{ kg/s} * 60 \text{ s}$$

$$I_F = \underline{4{,}567.10 \text{ kg}}$$

VEGGIE_VPM_3_1_100%

T_F = 544.14 kg/s

T_R = 300 segundos

I_F = 544.14 kg/s * 300 s

I_F = <u>163,241.76 kg</u>

VEGGIE_VPM_3_1_20%

T_F = 21.77 kg/s

T_R = 300 segundos

I_F = 21.77 kg/s * 300 s

I_F = <u>6,529.68 kg</u>

VEGGIE_VPM_3_2_100%

T_F = 304.47 kg/s

T_R = 300 segundos

I_F = 304.47 kg/s * 300 s

I_F = <u>91,342.11 kg</u>

VEGGIE_VPM_3_2_20%

T_F = 11.86 kg/s

T_R = 300 segundos

I_F = 11.86 kg/s * 300 s

I_F = <u>3,558.18 kg</u>

VEGGIE_VPM_3_3_100%

T_F = 544.14 kg/s

T_R = 300 segundos

I_F = 163,241.76 kg/s * 300 s

I_F = <u>163,241.76 kg</u>

VEGGIE_VPM_3_3_20%

T_F = 21.77 kg/s

T_R = 300 segundos

$$I_F = 21.77 \text{ kg/s} * 300 \text{ s}$$

$$I_F = \underline{6{,}529.68 \text{ kg}}$$

VEGGIE_VPM_4

T_F = 304.47 kg/s

T_R = 300 segundos

$$I_F = 304.47 \text{ kg/s} * 300 \text{ s}$$

$$I_F = \underline{91{,}342.11 \text{ kg}}$$

Tabla 62. Tasa e inventarios de fuga para cada escenario a simular

Evento Hipotético	Tipo	Evento Hipotético	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
VEGGIE_VPM_1	CMP	Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 253.10 kg/cm^2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo.	76.12	22,835.52
VEGGIE _VPM_2	Caso alternativo	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de 9,000 m^3 a una presión de 253.10 kg/cm^2 que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	76.12	4,567.10
VEGGIE_VPM 3_1	Peor caso		544.14	163,241.76

Evento Hipotético	Tipo	Evento Hipotético	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
	(Fuga 100%)	Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 1,050 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión		
	CMP (20%)	Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 1,050 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	21.77	6,529.68
VEGGIE_VPM_3_2	Peor caso (Fuga 100%)	Ruptura total de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	304.47	91,342.11
	CMP (20%)	Ruptura parcial de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	11.86	3,558.18
VEGGIE_VPM 3_3	Peor caso (Fuga 100%)	Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube	544.14	163,241.76
	CMP (20%)		21.77	6,529.68

Evento Hipotético	Tipo	Evento Hipotético	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
		explosiva con posibilidad de incendio y explosión. Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.		
VEGGIE_VPM 4	Peor caso	Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 12.30 kg/cm^2, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva	304.47	91,342.11

Fuente: Elaboración propia.

De conformidad al anexo 2 de la Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos publicada por la **ASEA**, se presentan los datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular.

Tabla 63. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular **VEGGIE_VPM_1.**

I. DATOS GENERALES							
Elaboró	**ABF Servicios Técnicos SC**	Fecha	23/02/22	Software de simulación	SCRI FUEGO		
Proyecto	Estación de Descompresión de GNC en invernadero Veggie Prime						
II. DATOS DEL ESCENARIO							
Clave	**VEGGIE_VPM_1**	**Tipo de caso**			**Región de riesgo del caso**		
Descripción	Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5" Ø con un flujo de 2,000 m3/h y una presión de 253.10 kg/cm^2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona	Peor Caso	Caso Más Probable	Caso Alterno	No Tolerable	ALARP	Tolerable
		-	**CMP**	-	-	**C**	-

	fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo.						

Modelo(s) empleado(s) en la Simulación

Dardo de fuego (Jet fire)	BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión	Nube tóxica
				Confinada (CVCE)	No confinada (UVCE)		
X	-	-	X	X	-	-	-

III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS

Nombre de los componentes	% mol	LFL %	UFL %	IDLH	TLV (8 h, TWA)	TLV (15 min, STEL)	Densidad (Kg/m^3)	Presión de vapor (Psig)
Gas Natural								
Metano	83.00%	5	15	ND	50,000	15,000	0.6784	NA
Etano	11.00%	3	12.5	ND	26,125	26,125	1.245	544
Nitrógeno	6.00%	NA	NA	NA	320,497	200,311	1.1455	ND

IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN

Tipo de recipiente

Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	
-	-	-	3	0.038	

Condiciones de operación			**Estado físico**			
Presión (kg/cm^2)	Temperatura (ºC)	Flujo (m^3/h)	Tipo	Líquido	Vapor	Líquido / vapor
253.10	19.20	2,000	En el recipiente	-	-	-
			En el punto de fuga	-	X	-

Tipo de fuga					**Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente**			
Orificio en cuerpo de tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)
-	-	X	-	-	-	-	X	-

Características de orificio de fuga			**Punto de fuga**		**Dique**
Diámetro (plg)	Área (plg)	Coef. De pérdida de orificio	Elevación del punto de liberación	Altura hidráulica	Área del dique (m^2)
1.5	1.76	ND	A nivel de suelo	-	-

Dirección de la fuga						Tipo de liberación	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
X	-	-	-	-	-	X	-

Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)	Tasa de liberación (kg/s)	Inventario fugado (kg)
300 segundos	76.12	22,835.52

V. CONDICIONES ATMÓSFERICAS Y TIPO DE SUELO

Estabilidad Atmosférica	C
Temperatura atmosférica (ºC)	17
Presión atmosférica (mm hg)	777.99
Porcentaje de humedad relativa	62.61%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	SE (3.72 m/s)
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	Rural

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión			
Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento
	kW/m^2				psi		
	12.5	5.0	1.4		10.0	1.0	0.5
	m				m		
Dardo de fuego (Jet fire)	79.09	122.70	225.69	Explosión temprana (Early explosión) de CVCE	108.52	505.55	847.32
Modelo	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm				
	m						
Flamazo (Flash fire)	102.40	103.46	1,438.78				

Tabla 64. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_2.

I. DATOS GENERALES					
Elaboró	**ABF SERVICIOS TÉCNICOS SC**	Fecha	23/02/2022	Software de simulación	SCRI FUEGO
Proyecto	Estación de Descompresión de GNC en invernadero Veggie Prime				

II. DATOS DEL ESCENARIO							
Clave	**VEGGIE_VPM_2**	**Tipo de caso**			**Región de Riesgo del Caso**		
Descripción	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de 9,000 m3 a una presión de 253.10 kg/cm^2 que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	Peor Caso	Caso Más Probable	Caso Alterno	No Tolerable	ALARP	Tolerable
		-	-	**CA**	-	**C**	-

Modelo(s) empleado(s) en la Simulación							
Dardo de fuego (Jet fire)	BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión	Nube tóxica
				Confinada (CVCE)	No confinada (UVCE)		
X	-	-	X	X	-	-	-

III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS								
Nombre de los componentes	% mol	LFL %	UFL %	IDLH	TLV (8 h, TWA)	TLV (15 min, STEL)	Densidad (Kg/m^3)	Presión de vapor (Psig)
Gas Natural								
Metano	83.00%	5	15	ND	50,000	15,000	0.6784	NA
Etano	11.00%	3	12.5	ND	26,125	26,125	1.245	544
Nitrógeno	6.00%	NA	NA	NA	320,497	200,311	1.1455	ND

IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN					
Tipo de recipiente					
Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	
-	-	-	10	0.038	

Condiciones de operación			**Estado físico**			
Presión (kg/cm^2)	Temperatura (ºC)	Flujo (m^3/h)	Tipo	Líquido	Vapor	Líquido / vapor

253.10	19.2	2,000	En el recipiente	-	-	-
			En el punto de fuga	-	X	-

Tipo de fuga					**Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente**			
Orificio en cuerpo de tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)
-	-	X	-	-	-	-	X	-

Características de orificio de fuga			**Punto de fuga**		**Dique**
Diámetro (plg)	Área (plg)	Coef. De pérdida de orificio	Elevación del punto de liberación	Altura hidráulica	Área del dique (m^2)
1.5	1.76	ND	A nivel de suelo	-	-

Dirección de la fuga						**Tipo de liberación**	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
X	-	-	-	-	-	X	-

Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)	Tasa de liberación (kg/s)	Inventario fugado (kg)
60 segundos	76.12	4,567.10

V. CONDICIONES ATMÓSFERICAS Y TIPO DE SUELO

Estabilidad Atmosférica	C
Temperatura atmosférica (ºC)	17
Presión atmosférica (mm hg)	777.99
Porcentaje de humedad relativa	62.61%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	SE (3.72 m/s)
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	Rural

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

Radios por radiación térmica				**Radios por sobrepresión**			
Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento
	kW/m^2				psi		
	12.5	5.0	1.4		10.0	1.0	0.5
	m				m		
Dardo de	79.09	122.70	225.69	Explosión	63.46	295.65	495.52

fuego (Jet Fire)				temprana (Early explosión) de CVCE			
Modelo	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm				
	m						
Flamazo (Flash Fire)	71.12	85.83	233.89				

Tabla 65. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_100%.

I. DATOS GENERALES					
Elaboró	**ABF SERVICIOS TÉCNICOS SC**	Fecha	23/02/2022	Software de simulación	SCRI FUEGO
Proyecto	Estación de Descompresión de GNC en invernadero Veggie Prime				

II. DATOS DEL ESCENARIO							
Clave	**VEGGIE_VPM_3_1_100%**	**Tipo de caso**			**Región de Riesgo del Caso**		
Descripción	Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 1,050 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	Peor Caso	Caso Más Probable	Caso Alterno	No Tolerable	ALARP	Tolerable
		-	-	**CA**	-	**C**	-

Modelo(s) empleado(s) en la Simulación							
Dardo de fuego (Jet fire)	BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión	Nube tóxica
				Confinada (CVCE)	No confinada (UVCE)		
X	-	-	X	X	-	-	-

III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS								
Nombre de los componentes	% mol	LFL %	UFL %	IDLH	TLV (8 h, TWA)	TLV (15 min, STEL)	Densidad (kg/m^3)	Presión de vapor (Psig)
Gas Natural								
Metano	83.00%	5	15	ND	50,000	15,000	0.6784	NA
Etano	11.00%	3	12.5	ND	26,125	26,125	1.245	544
Nitrógeno	6.00%	NA	NA	NA	320,497	200,311	1.1455	ND

IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN

Tipo de recipiente

Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	
-	-	-	6	0.1016	

Condiciones de operación			**Estado físico**			
Presión (kg/cm^2)	Temperatura (ºC)	Flujo (m^3/hr)	Tipo	Líquido	Vapor	Líquido / vapor
4.14	19.20	1,050	En el recipiente	-	-	-
			En el punto de fuga	-	X	-

Tipo de fuga					**Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente**			
Orificio en cuerpo de tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)
-	X	-	-	-	-	-	X	-

Características de orificio de fuga			**Punto de fuga**		**Dique**
Diámetro (plg)	Área (plg)	Coef. De pérdida de orificio	Elevación del punto de liberación	Altura hidráulica	Área del dique (m^2)
4	19.73	ND	1 m	-	-

Dirección de la fuga						**Tipo de liberación**	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
X	-	-	-	-	-	X	-

Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)	Tasa de liberación (kg/s)	Inventario fugado (kg)
300 segundos	544.14	163,241.76

V. CONDICIONES ATMÓSFERICAS Y TIPO DE SUELO

Estabilidad Atmosférica	C
Temperatura atmosférica (ºC)	17
Presión atmosférica (mm hg)	777.99
Porcentaje de humedad relativa	62.61%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	SE (3.72 m/s)
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	Rural

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

Radios por radiación térmica	**Radios por sobrepresión**

Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento
	kW/m²				psi		
	12.5	5.0	1.4		10.0	1.0	0.5
	m				m		
Dardo de fuego (Jet Fire)	202.69	314.46	578.44	Explosión temprana (Early explosión) de CVCE	209.05	973.88	1,632.26
Modelo	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm				
	m						
Flamazo (Flash Fire)	313.34	339.60	688.96				

Tabla 66. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_20%.

I. DATOS GENERALES					
Elaboró	**ABF SERVICIOS TÉCNICOS SC**	Fecha	23/02/2022	Software de simulación	SCRI FUEGO
Proyecto	Estación de Descompresión de GNC en invernadero Veggie Prime				

II. DATOS DEL ESCENARIO							
Clave	**VEGGIE_VPM_3_1_20%**	**Tipo de caso**			**Región de Riesgo del Caso**		
Descripción	Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm² con un flujo de 1,050 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	Peor Caso	Caso Más Probable	Caso Alterno	No Tolerable	ALARP	Tolerable
		-	**CMP**	-	-	**C**	-

Modelo(s) empleado(s) en la Simulación							
Dardo de fuego (Jet fire)	BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión	Nube tóxica
				Confinada (CVCE)	No confinada (UVCE)		
X	-	-	X	X	-	-	-

III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS

Nombre de los componentes	% mol	LFL %	UFL %	IDLH	TLV (8 h, TWA)	TLV (15 min, STEL)	Densidad (Kg/m^3)	Presión de vapor (Psig)
Gas Natural								
Metano	83.00%	5	15	ND	50,000	15,000	0.6784	NA
Etano	11.00%	3	12.5	ND	26,125	26,125	1.245	544
Nitrógeno	6.00%	NA	NA	NA	320,497	200,311	1.1455	ND

IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN

Tipo de recipiente

Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	
-	-	-	6	0.1016	

Condiciones de operación			**Estado físico**			
Presión (kg/cm^2)	Temperatura (ºC)	Flujo (m^3/h)	Tipo	Líquido	Vapor	Líquido / vapor
4.14	19.20	1,050	En el recipiente	-	-	-
			En el punto de fuga	-	X	-

Tipo de fuga					**Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente**			
Orificio en cuerpo de tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)
-	-	X	-	-	-	-	X	-

Características de orificio de fuga			**Punto de fuga**		**Dique**
Diámetro (plg)	Área (plg)	Coef. De pérdida de orificio	Elevación del punto de liberación	Altura hidráulica	Área del dique (m^2)
0.8	3.947	ND	1 m	-	-

Dirección de la fuga						**Tipo de liberación**	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
X	-	-	-	-	-	X	-

Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)	Tasa de liberación (kg/s)	Inventario fugado (kg)
300 segundos	21.77	6,529.68

V. CONDICIONES ATMÓSFERICAS Y TIPO DE SUELO

Estabilidad Atmosférica	C

Temperatura atmosférica (ºC)	17
Presión atmosférica (mm hg)	777.99
Porcentaje de humedad relativa	62.61%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	SE (3.72 m/s)
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	Rural

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)							
Radios por radiación térmica				**Radios por sobrepresión**			
Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento
	kW/m^2				psi		
	12.5	5.0	1.4		10.0	1.0	0.5
	m				m		
Dardo de fuego (Jet Fire)	43.45	67.41	123.99	Explosión temprana (Early explosión) de CVCE	71.49	333.06	558.23
Modelo	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm				
	m						
Flamazo (Flash Fire)	90.27	107.94	280.23				

Tabla 67. Datos de especificación de Eventos de Riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_100%.

I. DATOS GENERALES					
Elaboró	**ABF SERVICIOS TÉCNICOS SC**	Fecha	23/02/2022	Software de simulación	SCRI FUEGO
Proyecto	Estación de Descompresión de GNC en invernadero Veggie Prime				

II. DATOS DEL ESCENARIO							
Clave	**VEGGIE_VPM_3_2_100%**	**Tipo de caso**			**Región de Riesgo del Caso**		
Descripción	Ruptura total de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	Peor Caso	Caso Más Probable	Caso Alterno	No Tolerable	ALARP	Tolerable
		-	-	**CA**	-	**C**	-
Modelo(s) empleado(s) en la Simulación							

Dardo de fuego (Jet fire)	BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión	Nube tóxica
				Confinada (CVCE)	No confinada (UVCE)		
X	-	-	X	X	-	-	-

III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS

Nombre de los componentes	% mol	LFL %	UFL %	IDLH	TLV (8 h, TWA)	TLV (15 min, STEL)	Densidad (Kg/m^3)	Presión de vapor (Psig)
Gas Natural								
Metano	83.00%	5	15	ND	50,000	15,000	0.6784	NA
Etano	11.00%	3	12.5	ND	26,125	26,125	1.245	544
Nitrógeno	6.00%	NA	NA	NA	320,497	200,311	1.1455	ND

IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN

Tipo de recipiente

Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	
-	-	-	324	0.076	

Condiciones de operación			**Estado físico**			
Presión (kg/cm^2)	Temperatura (ºC)	Flujo (m^3/h)	Tipo	Líquido	Vapor	Líquido / vapor
4.14	19.02	447	En el recipiente	-	-	-
			En el punto de fuga	-	X	-

Tipo de fuga					**Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente**			
Orificio en cuerpo de tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)
-	X	-	-	-	-	-	X	-

Características de orificio de fuga			**Punto de fuga**		**Dique**
Diámetro (plg)	Área (plg)	Coef. De pérdida de orificio	Elevación del punto de liberación	Altura hidráulica	Área del dique (m^2)
3	28.27	ND	A nivel de suelo	-	-

Dirección de la fuga						**Tipo de liberación**	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva

X	-	-	-	-	-	X	-

Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)	Tasa de liberación (kg/s)	Inventario fugado (kg)
300 segundos	304.47	91,342.11

V. CONDICIONES ATMÓSFERICAS Y TIPO DE SUELO

Estabilidad Atmosférica	C
Temperatura atmosférica (ºC)	17
Presión atmosférica (mm hg)	777.99
Porcentaje de humedad relativa	62.61%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	SE (3.72 m/s)
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	Rural

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

Radios por radiación térmica				**Radios por sobrepresión**			
Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento
	kW/m^2				psi		
	12.5	5.0	1.4		10.0	1.0	0.5
	m				m		
Dardo de fuego (Jet Fire)	153.52	238.18	438.13	Explosión temprana (Early explosión) de CVCE	172.27	802.51	1,345.04
Modelo	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm				
	m						
Flamazo (Flash Fire)	253.23	275.05	587.95				

Tabla 68. Datos de especificación de Eventos de Riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_20%.

I. DATOS GENERALES					
Elaboró	**ABF SERVICIOS TÉCNICOS SC**	Fecha	23/02/2022	Software de simulación	SCRI FUEGO
Proyecto	Estación de Descompresión de GNC en invernadero Veggie Prime				

II. DATOS DEL ESCENARIO							
Clave	**VEGGIE_VPM_3_2_20%**	**Tipo de caso**			**Región de Riesgo del Caso**		
Descripción	Ruptura parcial de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural	Peor Caso	Caso Más Probable	Caso Alterno	No Tolerable	ALARP	Tolerable

	a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	**-**	**CMP**	**-**	-	**C**	-

Modelo(s) empleado(s) en la Simulación

Dardo de fuego (Jet fire)	BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión	Nube tóxica
				Confinada (CVCE)	No confinada (UVCE)		
X	-	-	X	X	-	-	-

III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS

Nombre de los componentes	% mol	LFL %	UFL %	IDLH	TLV (8 h, TWA)	TLV (15 min, STEL)	Densidad (Kg/m^3)	Presión de vapor (Psig)
Gas Natural								
Metano	83.00%	5	15	ND	50,000	15,000	0.6784	NA
Etano	11.00%	3	12.5	ND	26,125	26,125	1.245	544
Nitrógeno	6.00%	NA	NA	NA	320,497	200,311	1.1455	ND

IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN

Tipo de recipiente

Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	
-	-	-	324	0.076	

Condiciones de operación			**Estado físico**			
Presión (kg/cm^2)	Temperatura (ºC)	Flujo (m^3/hr)	Tipo	Líquido	Vapor	Líquido / vapor
4.14	19.04	447	En el recipiente	-	-	-
			En el punto de fuga	-	X	-

Tipo de fuga					**Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente**			
Orificio en cuerpo de tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)
-	-	X	-	-	-	-	X	-

Características de orificio de fuga	**Punto de fuga**	**Dique**

Diámetro (plg)	Área (plg)	Coef. De pérdida de orificio	Elevación del punto de liberación	Altura hidráulica	Área del dique (m^2)
0.6	1.13	ND	A nivel de suelo	-	-

Dirección de la fuga						Tipo de liberación	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
X	-	-	-	-	-	X	-

Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)	Tasa de liberación (kg/s)	Inventario fugado (kg)
300 segundos	11.86	3,558.18

V. CONDICIONES ATMÓSFERICAS Y TIPO DE SUELO	
Estabilidad Atmosférica	C
Temperatura atmosférica (ºC)	17
Presión atmosférica (mm hg)	777.99
Porcentaje de humedad relativa	62.61%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	SE (3.72 m/s)
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	Rural

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión			
Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento
	kW/m^2				psi		
	12.5	5.0	1.4		10.0	1.0	0.5
	m				m		
Dardo de fuego (Jet Fire)	32.49	50.41	92.72	Explosión temprana (Early explosión) de CVCE	58.40	272.04	455.95
Modelo	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm				
	m						
Flamazo (Flash Fire)	66.37	80.16	214.74				

Tabla 69. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular AGUILARES_VPM_3_3_100%.

I. DATOS GENERALES					
Elaboró	**ABF SERVICIOS TÉCNICOS SC**	Fecha	23/02/2022	Software de simulación	SCRI FUEGO
Proyecto	Estación de Descompresión de GNC en invernadero Veggie Prime				

II. DATOS DEL ESCENARIO							
Clave	**VEGGIE_VPM_3_3_100%**	**Tipo de caso**			**Región de Riesgo del Caso**		
Descripción	Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	Peor Caso	Caso Más Probable	Caso Alterno	No Tolerable	ALARP	Tolerable
		-	**-**	**CA**	-	**C**	-

Modelo(s) empleado(s) en la Simulación							
Dardo de fuego (Jet fire)	BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión	Nube tóxica
				Confinada (CVCE)	No confinada (UVCE)		
X	-	-	X	X	-	-	-

III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS								
Nombre de los componentes	% mol	LFL %	UFL %	IDLH	TLV (8 h, TWA)	TLV (15 min, STEL)	Densidad (Kg/m^3)	Presión de vapor (Psig)
Gas Natural								
Metano	83.00%	5	15	ND	50,000	15,000	0.6784	NA
Etano	11.00%	3	12.5	ND	26,125	26,125	1.245	544
Nitrógeno	6.00%	NA	NA	NA	320,497	200,311	1.1455	ND

IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN								
Tipo de recipiente								
Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)			
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)				
-	-	-	45	0.1016				
Condiciones de operación				**Estado físico**				
Presión (kg/cm^2)	Temperatura (ºC)	Flujo (m^3/h)		Tipo	Líquido	Vapor	Líquido / vapor	
4.14	19.20	418		En el recipiente	-	-	-	
				En el	-	X	-	

			punto de fuga					
Tipo de fuga					**Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente**			
Orificio en cuerpo de tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)
-	X	-	-	-	-	-	X	-

Características de orificio de fuga			**Punto de fuga**		**Dique**
Diámetro (plg)	Área (plg)	Coef. De pérdida de orificio	Elevación del punto de liberación	Altura hidráulica	Área del dique (m^2)
4	19.73	ND	1 m	-	-

Dirección de la fuga						**Tipo de liberación**	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
X	-	-	-	-	-	X	-

Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)	Tasa de liberación (kg/s)	Inventario fugado (kg)
300 segundos	544.14	163,241.76

V. CONDICIONES ATMÓSFERICAS Y TIPO DE SUELO	
Estabilidad Atmosférica	C
Temperatura atmosférica (ºC)	17
Presión atmosférica (mm hg)	777.99
Porcentaje de humedad relativa	62.61%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	SE (3.72 m/s)
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	Rural

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

Radios por radiación térmica				**Radios por sobrepresión**			
Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento
	kW/m^2				psi		
	12.5	5.0	1.4		10	1.0	0.5
	m				m		
Dardo de fuego (Jet Fire)	202.69	314.46	578.44	Explosión temprana (Early explosión)	209.05	973.88	1,632.26

				de CVCE			
Modelo	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm				
	m						
Flamazo (Flash Fire)	313.34	339.60	688.96				

Tabla 70. Datos de especificación de eventos de riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_20%.

I. DATOS GENERALES							
Elaboró	**ABF SERVICIOS TÉCNICOS SC**	Fecha	23/02/2022	Software de simulación	SCRI FUEGO		
Proyecto	Estación de Descompresión de GNC en invernadero Veggie Prime						
II. DATOS DEL ESCENARIO							
Clave	**VEGGIE_VPM_3_3_20%**	**Tipo de caso**			**Región de Riesgo del Caso**		
Descripción	Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	Peor Caso	Caso Más Probable	Caso Alterno	No Tolerable	ALARP	Tolerable
		-	**CMP**	-	-	**C**	-
Modelo(s) empleado(s) en la Simulación							
Dardo de fuego (Jet fire)	BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión	Nube tóxica
				Confinada (CVCE)	No confinada (UVCE)		
X	-	-	X	X	-	-	-

III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS								
Nombre de los componentes	% mol	LFL %	UFL %	IDLH	TLV (8 h, TWA)	TLV (15 min, STEL)	Densidad (Kg/m^3)	Presión de vapor (Psig)
Gas Natural								
Metano	83.00%	5	15	ND	50,000	15,000	0.6784	NA
Etano	11.00%	3	12.5	ND	26,125	26,125	1.245	544
Nitrógeno	6.00%	NA	NA	NA	320,497	200,311	1.1455	ND

IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN			
Tipo de recipiente			
Cilindro	Esfera	Tubería	Otro (especifique)

Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)
-	-	-	45	0.1016

Condiciones de operación			Estado físico			
Presión (kg/cm^2)	Temperatura (ºC)	Flujo (m^3/h)	Tipo	Líquido	Vapor	Líquido / vapor
4.14	19.20	418	En el recipiente	-	-	-
			En el punto de fuga	-	X	-

Tipo de fuga					Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente			
Orificio en cuerpo de tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)
-	-	X	-	-	-	-	X	-

Características de orificio de fuga			Punto de fuga		Dique
Diámetro (plg)	Área (plg)	Coef. De pérdida de orificio	Elevación del punto de liberación	Altura hidráulica	Área del dique (m^2)
0.8	3.947	ND	1 m	-	-

Dirección de la fuga						Tipo de liberación	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
X	-	-	-	-	-	X	-

Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)	Tasa de liberación (kg/s)	Inventario fugado (kg)
300 segundos	21.77	6,529.68

V. CONDICIONES ATMÓSFERICAS Y TIPO DE SUELO

Estabilidad Atmosférica	C
Temperatura atmosférica (ºC)	17
Presión atmosférica (mm hg)	777.99
Porcentaje de humedad relativa	62.61%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	SE (3.72 m/s)
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	Rural

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión			
Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento

	kW/m²				psi		
	12.5	5.0	1.4		10.0	1.0	0.5
	m				m		
Dardo de fuego (Jet Fire)	43.45	67.41	123.99	Explosión temprana (Early explosión) de CVCE	71.49	333.06	558.23
Modelo	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm				
	m						
Flamazo (Flash Fire)	90.27	107.94	280.23				

Tabla 71. Datos de especificación de Eventos de Riesgo hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_4.

I. DATOS GENERALES					
Elaboró	**ABF SERVICIOS TÉCNICOS SC**	Fecha	23/02/2022	Software de simulación	SCRI FUEGO
Proyecto	Estación de Descompresión de GNC en invernadero Veggie Prime				

II. DATOS DEL ESCENARIO							
Clave	**VEGGIE_VPM_4**	**Tipo de caso**			**Región de Riesgo del Caso**		
Descripción	Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 12.30 kg/cm^2, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva	Peor Caso	Caso Más Probable	Caso Alterno	No Tolerable	ALARP	Tolerable
		PC	**-**	**-**	-	**C**	-

Modelo(s) empleado(s) en la Simulación							
Dardo de fuego (Jet fire)	BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión	Nube tóxica
				Confinada (CVCE)	No confinada (UVCE)		
X	-	-	X	X	-	-	-

III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS								
Nombre de los componentes	% mol	LFL %	UFL %	IDLH	TLV (8 h, TWA)	TLV (15 min,	Densidad (Kg/m^3)	Presión de vapor (Psig)

						STEL)		
Gas Natural								
Metano	83.00%	5	15	ND	50,000	15,000	0.6784	NA
Etano	11.00%	3	12.5	ND	26,125	26,125	1.245	544
Nitrógeno	6.00%	NA	NA	NA	320,497	200,311	1.1455	ND

IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN

Tipo de recipiente

Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	
-	-	-	10	0.076	

Condiciones de operación			**Estado físico**			
Presión (kg/cm^2)	Temperatura (ºC)	Flujo (m^3/h)	Tipo	Líquido	Vapor	Líquido / vapor
12.30	19.20	2,000	En el recipiente	-	-	-
			En el punto de fuga	-	X	-

Tipo de fuga					**Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente**			
Orificio en cuerpo de tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)
-	-	X	-	-	-	-	X	-

Características de orificio de fuga			**Punto de fuga**		**Dique**
Diámetro (plg)	Área (plg)	Coef. De pérdida de orificio	Elevación del punto de liberación	Altura hidráulica	Área del dique (m^2)
3	28.27	ND	A nivel de suelo	-	-

Dirección de la fuga						**Tipo de liberación**	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
X	-	-	-	-	-	X	-

Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)	Tasa de liberación (kg/s)	Inventario fugado (kg)
300 segundos	304.47	91,342.11

V. CONDICIONES ATMÓSFERICAS Y TIPO DE SUELO

Estabilidad Atmosférica	C
Temperatura atmosférica (ºC)	17
Presión atmosférica (mm hg)	777.99

Porcentaje de humedad relativa	62.61%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	SE (3.72 m/s)
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	Rural

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

Radios por radiación térmica				**Radios por sobrepresión**			
Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (Daño a equipos	Alto riesgo	Amortiguamiento
	kW/m^2				psi		
	12.5	5.0	1.4		10.0	1.0	0.5
	m				m		
Dardo de fuego (Jet Fire)	153.52	238.18	438.13	Explosión temprana (Early explosión) de CVCE	172.27	802.51	1,345.04
Modelo	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm				
	m						
Flamazo (Flash Fire)	253.23	275.05	587.95				

IV.3.2.2. Representación en planos de los radios potenciales de afectación.

En el **Anexo 06** se muestran las memorias de cálculo de los resultados del simulador SCRI Fuego, Versión 2. A continuación, se muestra la representación de las zonas de letalidad, alto riesgo y amortiguamiento, donde pueden verse las afectaciones a la instalación y las zonas vecinales de las periferias, incluyendo asentamientos humanos y receptores ambientales.

Figura 47. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_1 Explosión.

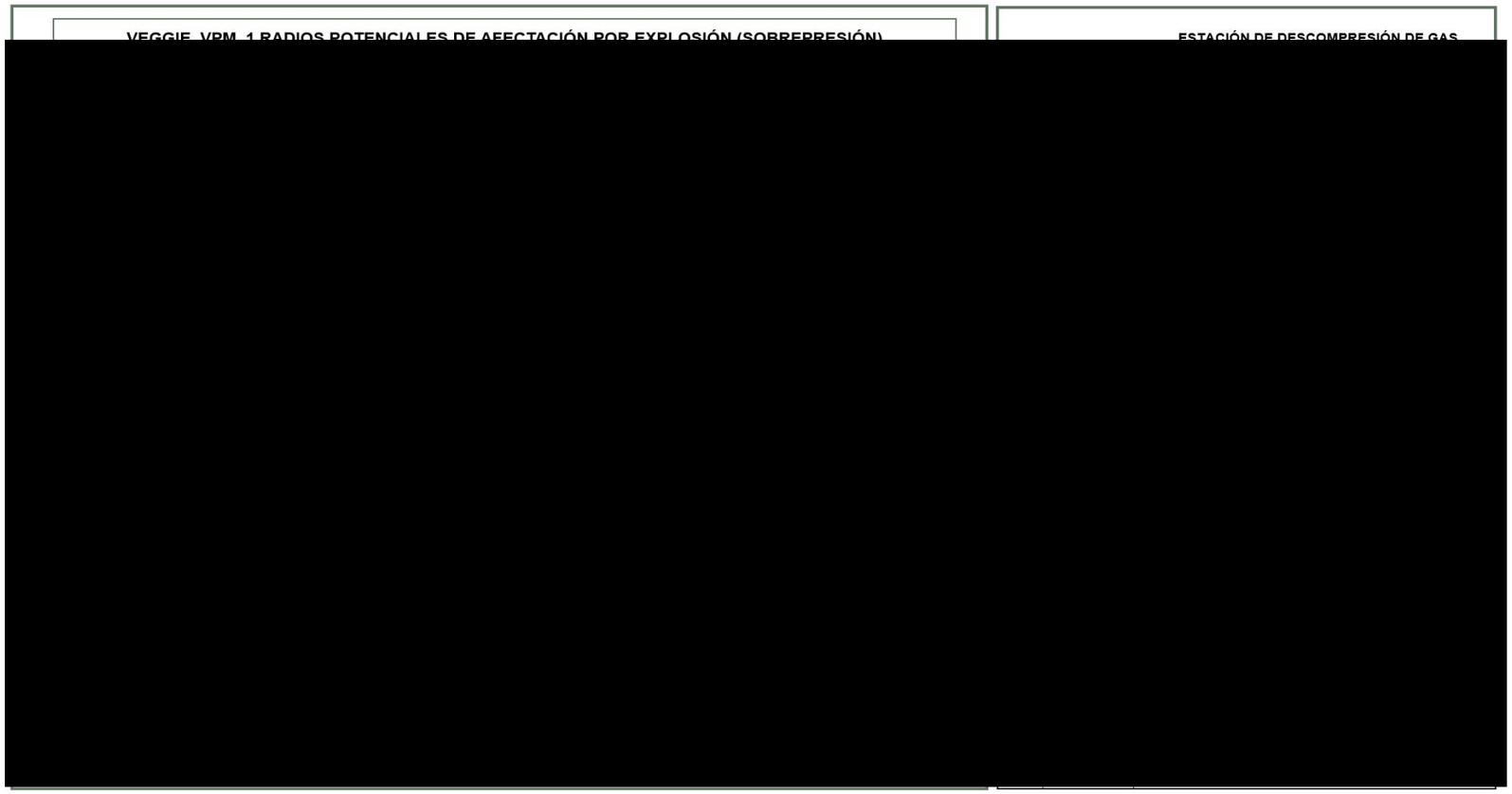


Figura 48. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_1 Flash fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 49. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_1 Jet fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 50. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_2 Explosion. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 51. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_2 Flash fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

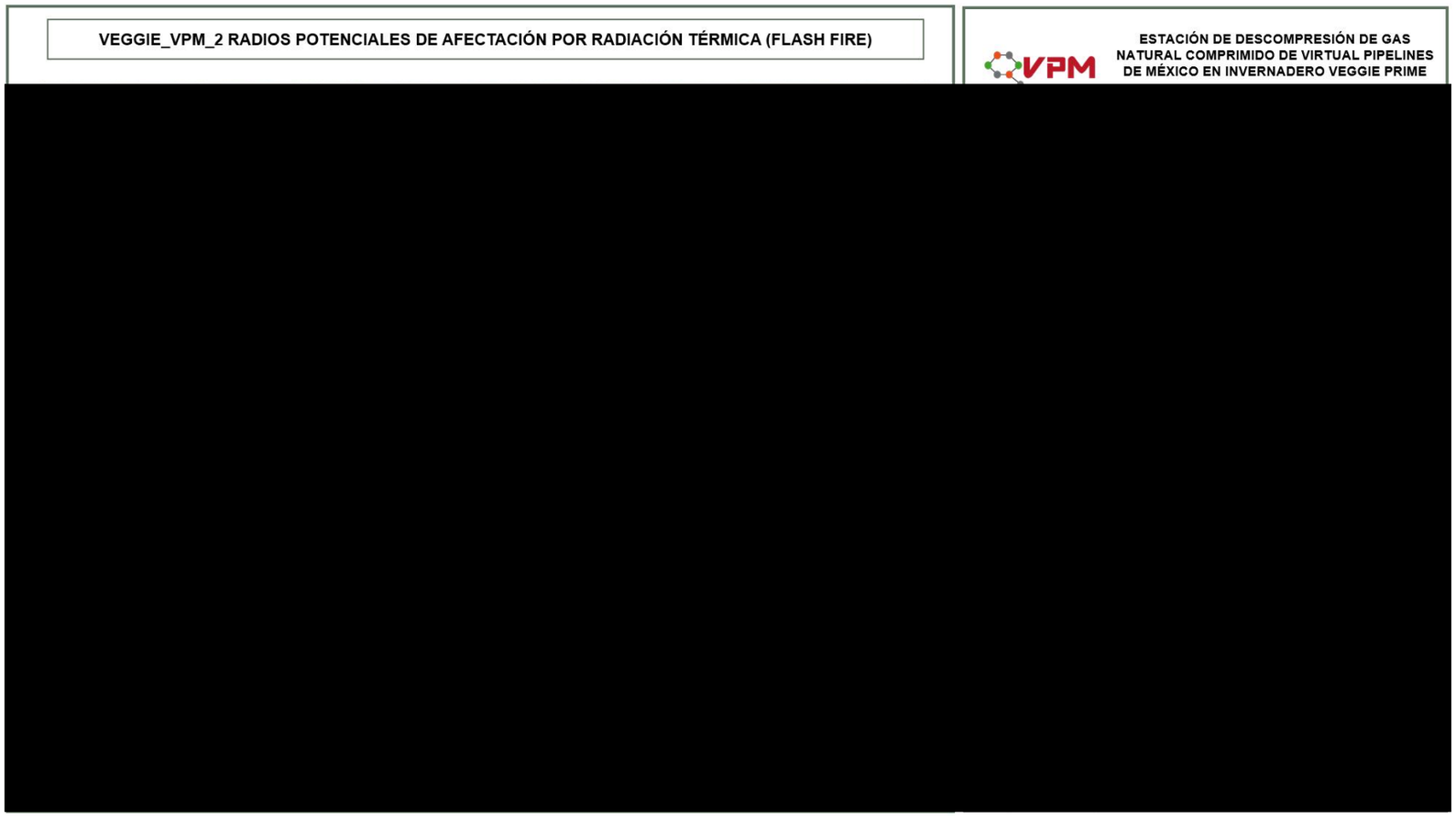


Figura 52. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_2 Jet fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 53. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_100% Explosión. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

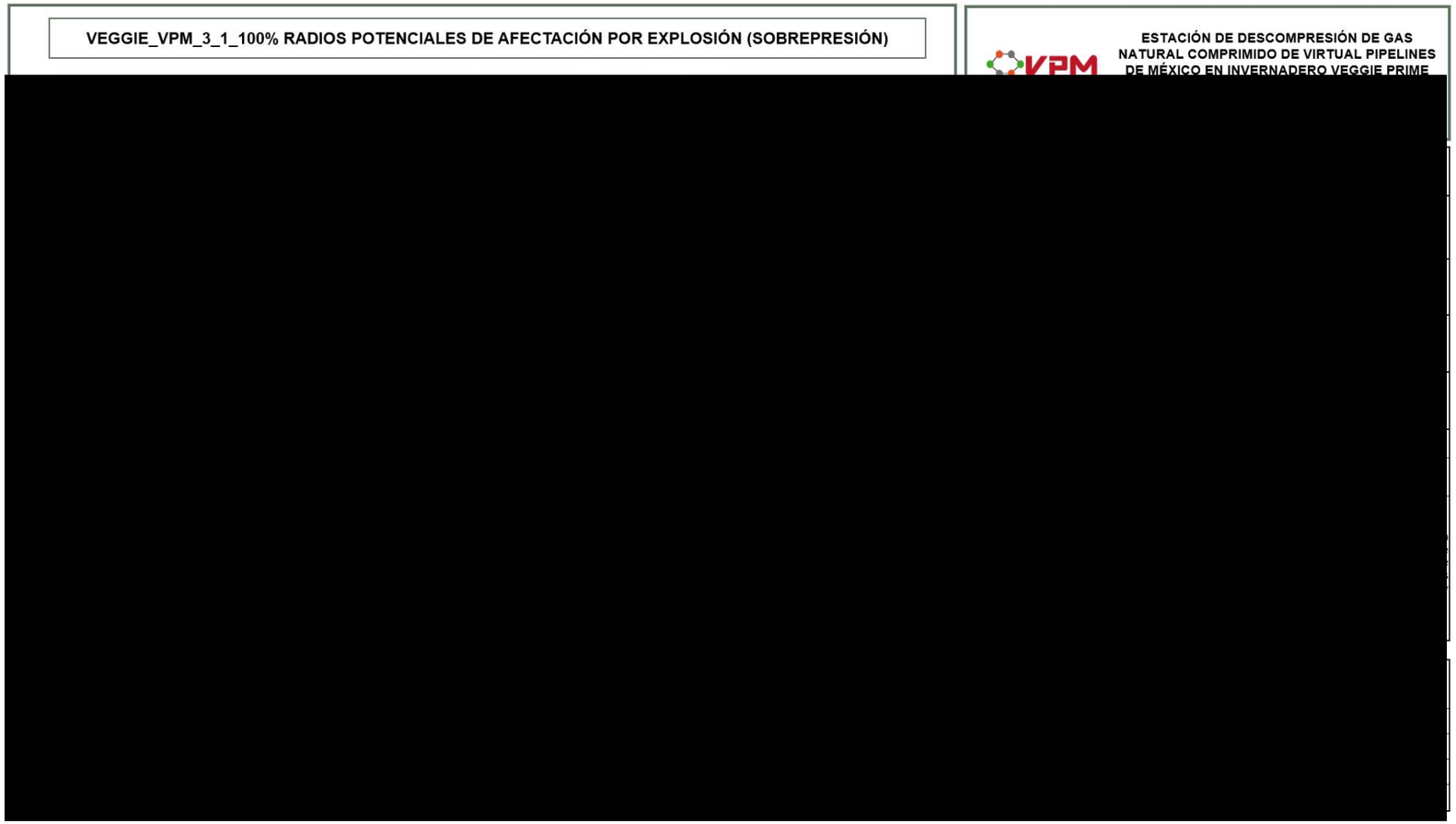


Figura 54. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_100% Flash fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 55. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_100% Jet fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 56. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_20% Explosión. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 57. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_20% Flash fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 58. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_1_20% Jet fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 59. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_100% Explosión. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 60. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_100% Flash fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 61. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_100% Jet fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 62. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_20% Explosión. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

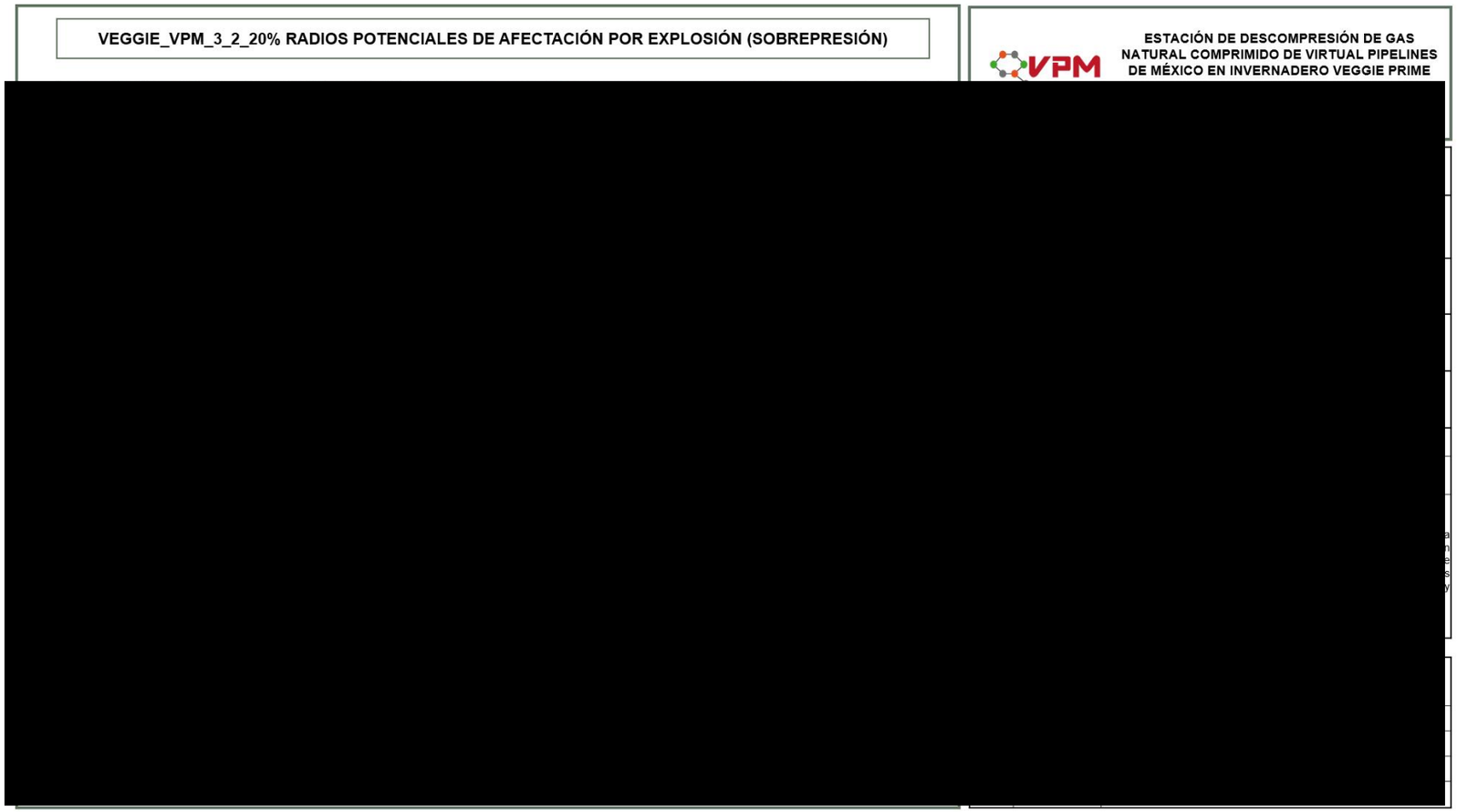


Figura 63. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_20% Flash fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 64. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_2_20% Jet fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

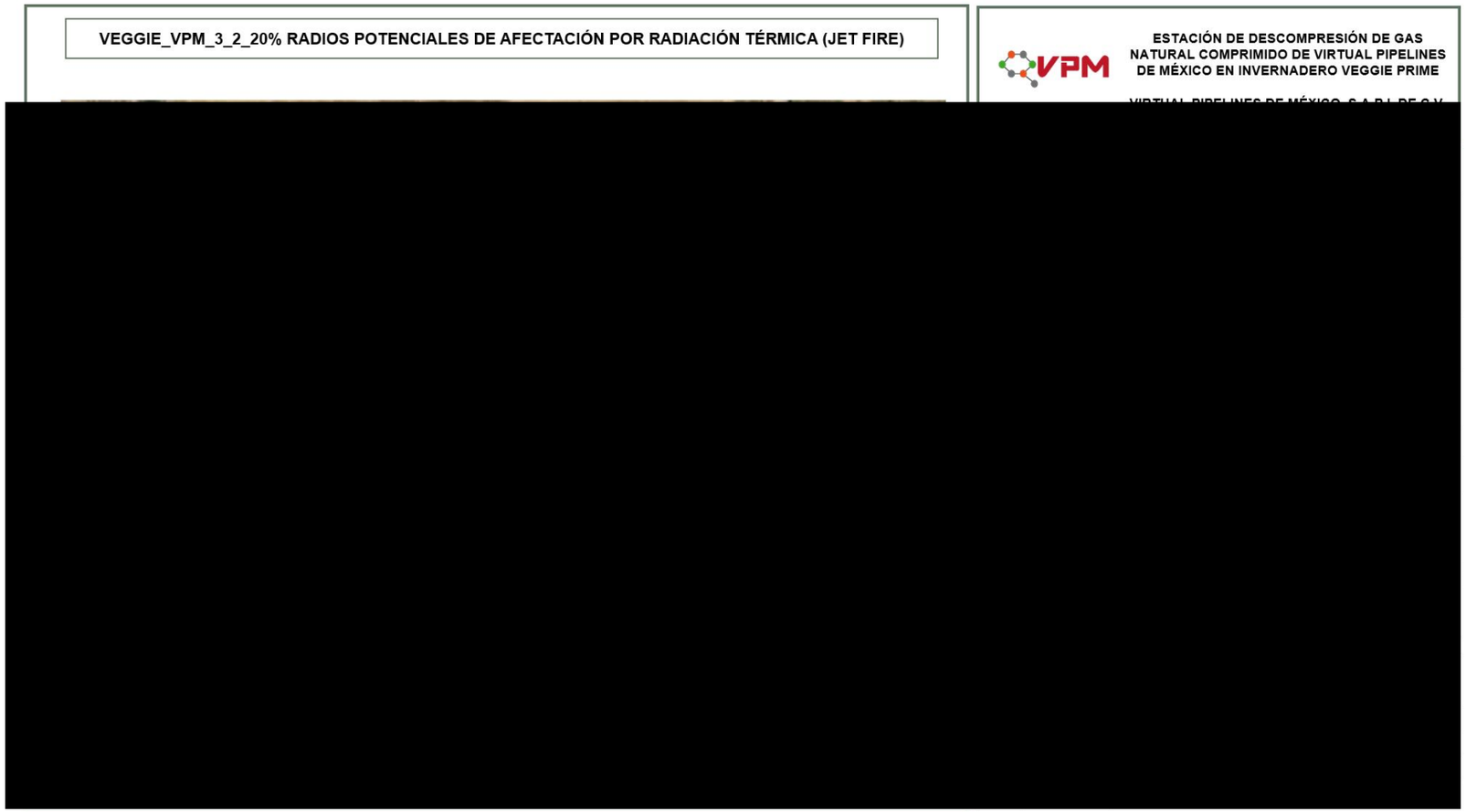


Figura 65. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_100% Explosión. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 66. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_100% Flas fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 67. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_100% Jet fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 68. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_20% Explosión. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

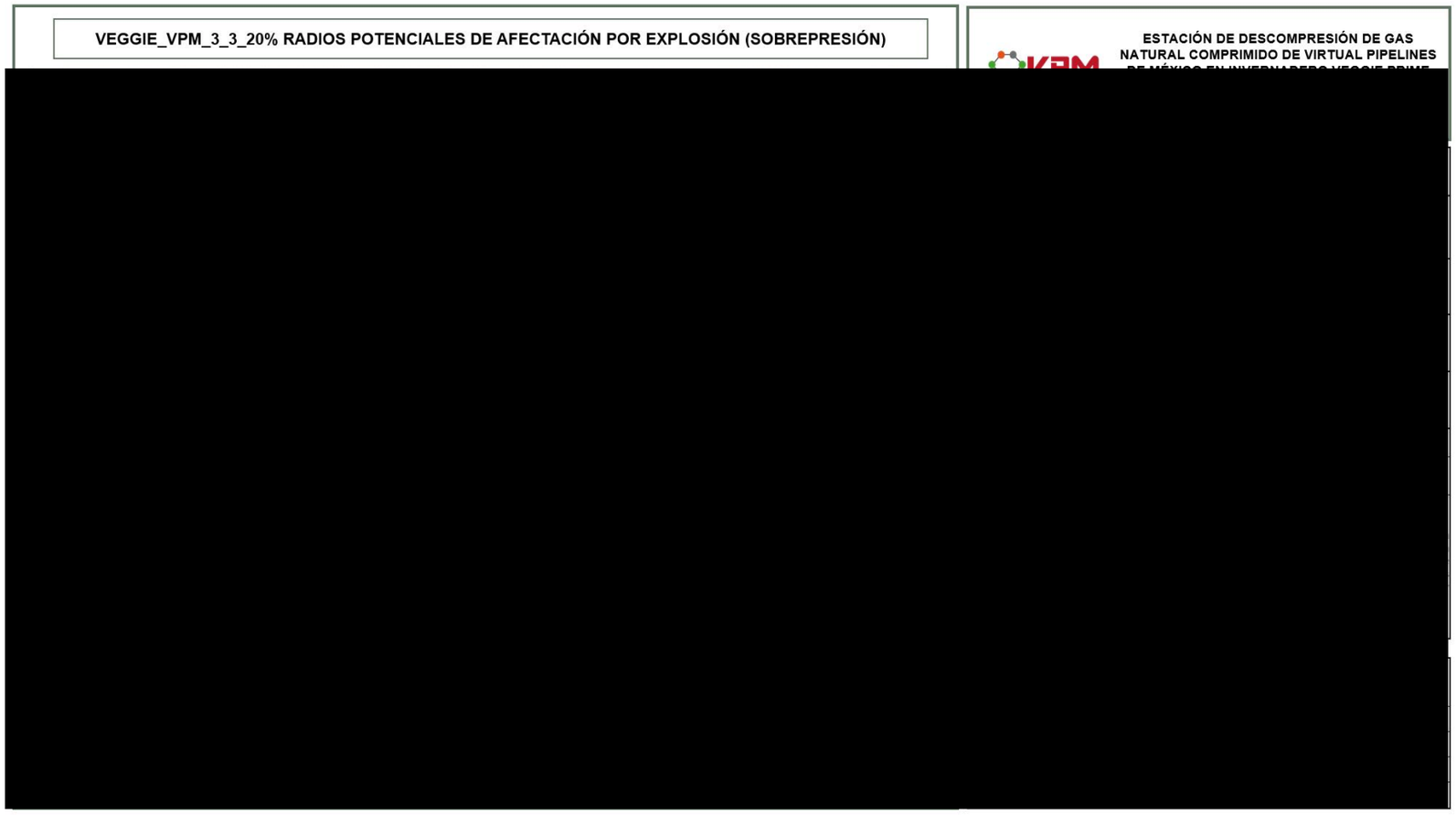


Figura 69. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_20% Flash fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

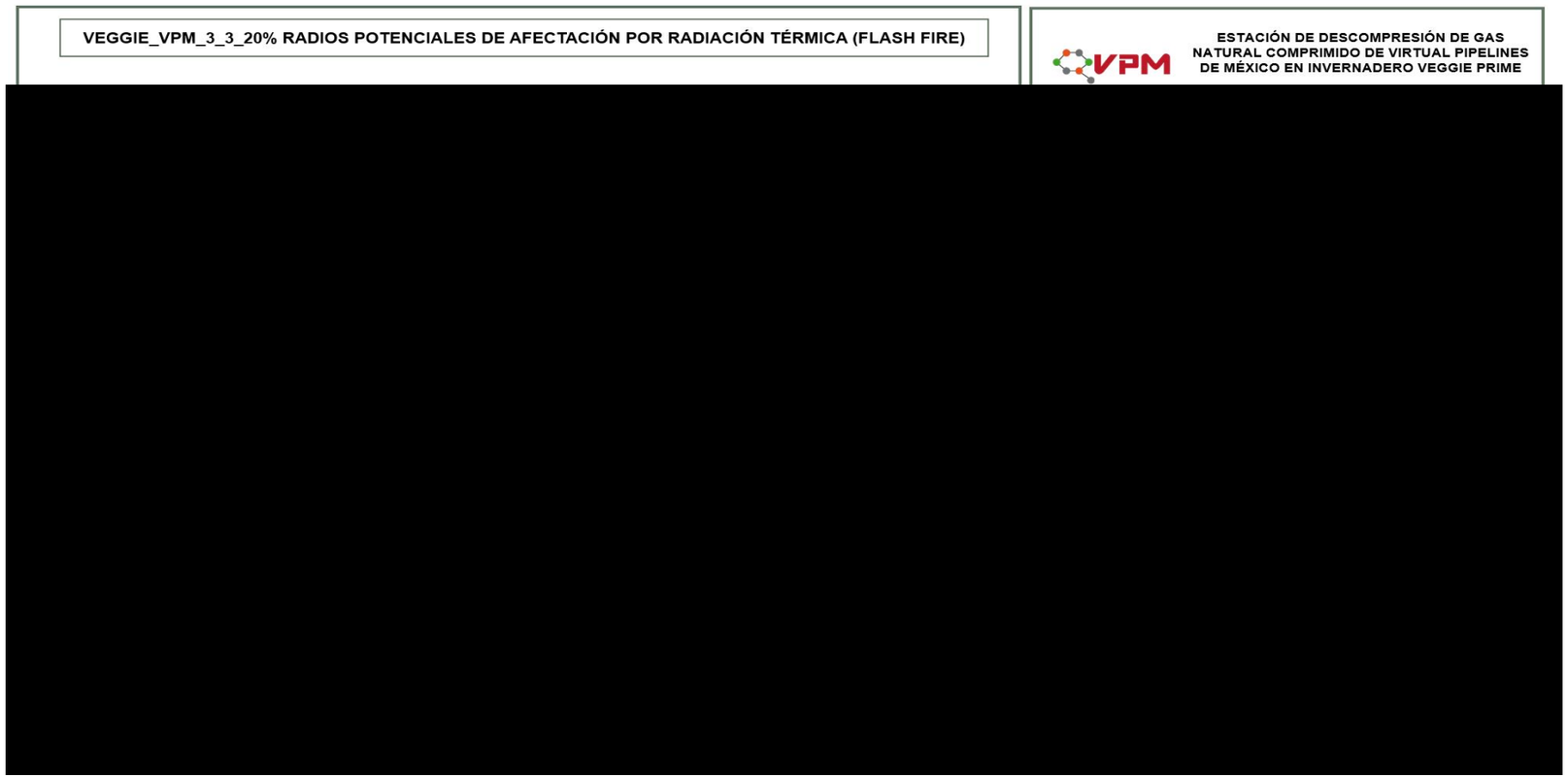


Figura 70. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_3_3_20% Jet fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

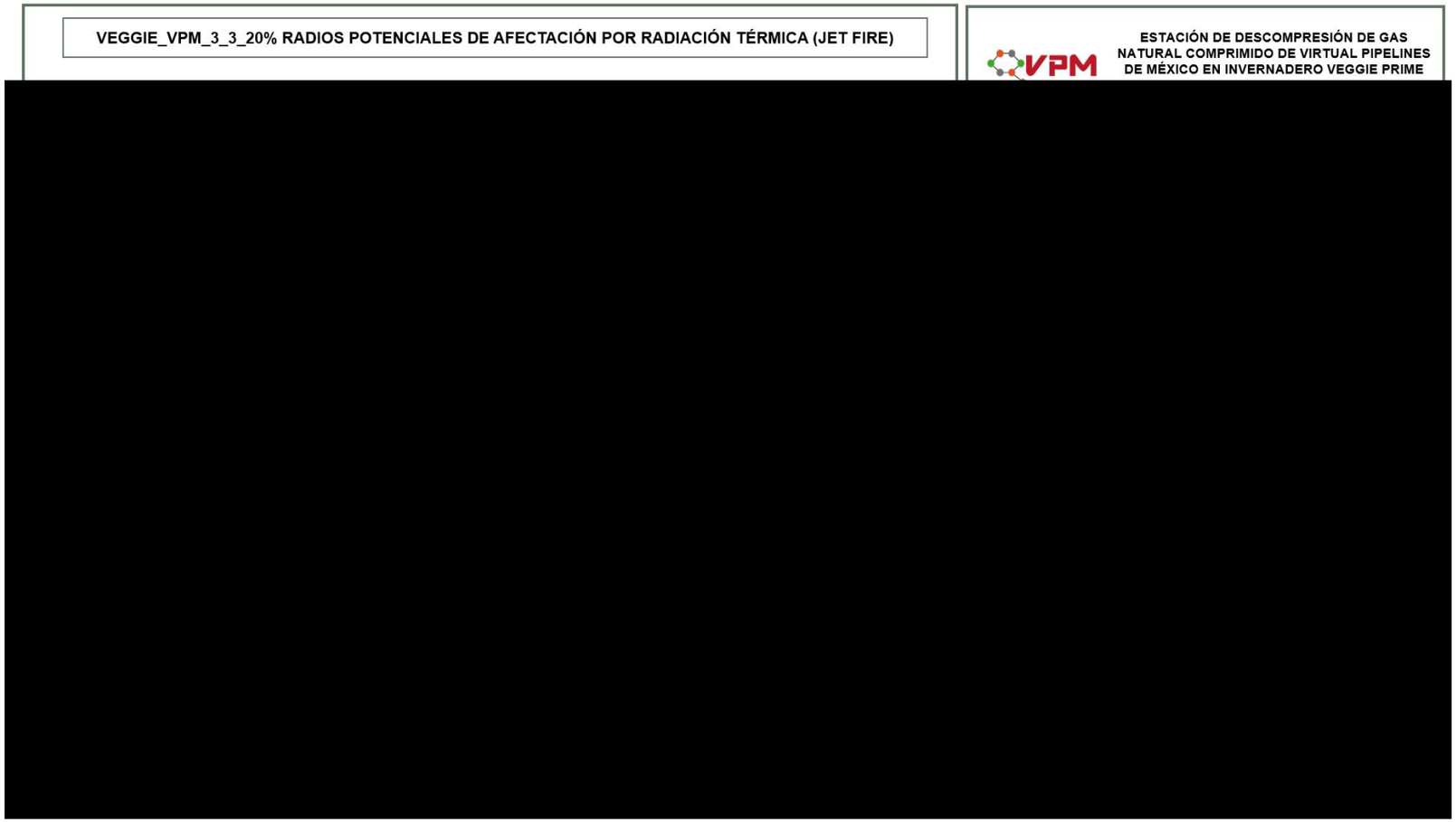


Figura 71. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_4 Explosión. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 72. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_4 Flash fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

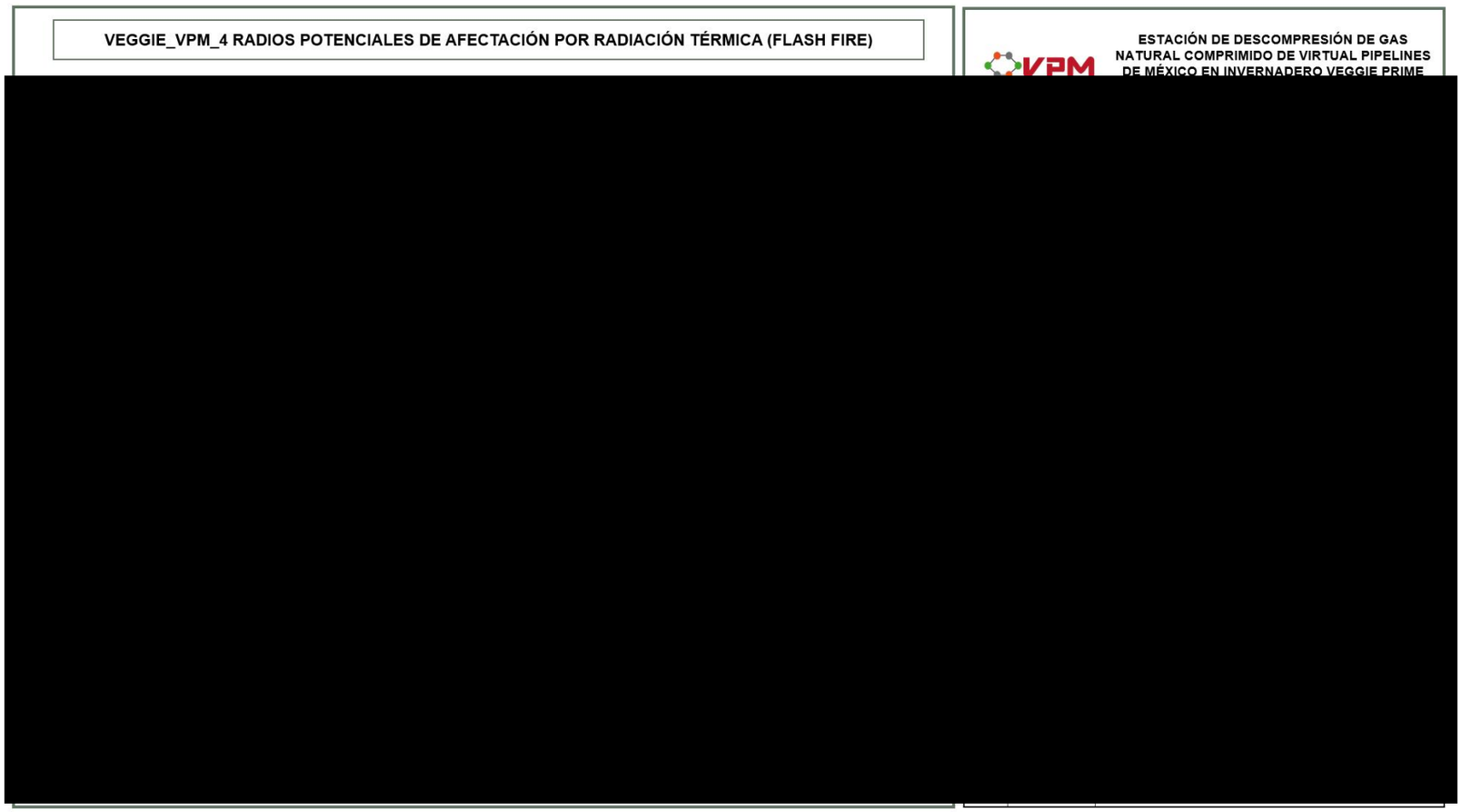


Figura 73. Radios de afectación de los eventos hipotéticos a simular VEGGIE_VPM_4 Jet fire. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

VEGGIE_VPM_4 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR RADIACIÓN TÉRMICA (JET FIRE)

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

IV.3.2.3. Análisis de vulnerabilidad.

Tabla 72. Descripción de los posibles receptores de riesgo.

Hipótesis	Receptores de eventos de riesgo del proyecto					
	Daño a las personas	Daño a la población	Impacto Ambiental	Daño a la instalación/ producción	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones
VEGGIE_VPM_1. Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 253.10 kg/cm^2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo.	**Radiación Térmica umbrales establecidos** **ZA:**1.4 KW/m^2 **ZAR**: 5 KW/m^2 **ZDE:** 12.5 KW/m^2 Trabajadores del proyecto de descompresión de GNC, personas que se encuentren laborando dentro del invernadero de Veggie Prime y, por último, las personas en tránsito o en actividades dentro del área, como contratistas o prestadores de servicio. **ZAR.** Molestias por la exposición aguda al	**Radiación Térmica umbrales establecidos** **ZA:**1.4 KW/m^2 **ZAR**: 5 KW/m^2 **ZDE:** 12.5 KW/m^2 Población cercana a los radios de afectación, aún y cuando es un área rural con bajo nivel de población, existen receptores, como la gente que trabaje en las instalaciones del invernadero Veggie Prime y los habitantes de los poblados más cercanos. **ZA.** Molestias por exposición aguda a las personas que se encuentren en el radio de afectación en 40 segundos,	**Radiación Térmica umbrales establecidos** **ZA:**1.4 KW/m^2 **ZAR**: 5 KW/m^2 **ZDE:** 12.5 KW/m^2 **ZAR.** En esta área la afectación al medio ambiente está definido por la emisión de gas natural a la atmósfera que puede dispersarse originando una nube tóxica afectando a la vida silvestre (principalmente, aves y mamíferos terrestres). Por otro lado, se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se pudiera originar.	**Radiación Térmica umbrales establecidos** **ZA:**1.4 KW/m^2 **ZAR**: 5 KW/m^2 **ZDE:** 12.5 KW/m^2 **ZAR.** Daños a la infraestructura de la estación de descompresión de GNC, dentro de los equipos y dispositivos en primera instancia por la exposición a la radiación térmica por el incendio que se pudiera presentar. **ZA**. Para esta área no se prevén daños a la infraestructura presente, al menos por la radiación	• Sistema de control de tipo PID del equipo conectado a PLC. • Tuberías y accesorios diseñados para manejo de altas presiones. • Paro automático del sistema por presión de entrada de gas natural fuera de rango operativo. • Paro de emergencia manual. • Paro automático del sistema por presión de entrada de gas natural fuera de rango operativo. • Válvulas de venteo con flujo direccionado. • Barreras físicas (Bardas y muros). • Sistema de vigilancia en los accesos de la instalación. • Sistema circuito cerrado de televisión.	R1: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos. R2: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo. R3: Revisión de válvulas manuales en posición correcta. R5: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Anclado de tanque contenedor ocurrencia que incluya la de condiciones ambientales desfavorables, y actividades autorizadas en el área durante su descarga.
VEGGIE_VPM_2. Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de						

Hipótesis	Receptores de eventos de riesgo del proyecto					
	Daño a las personas	Daño a la población	Impacto Ambiental	Daño a la instalación/ producción	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones
9,000 m^3 a una presión de 253.10 kg/cm^2 que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión. **VEGGIE_VPM_3_1.** Ruptura parcial o total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 1,050 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión **VEGGIE_VPM_3_2.** Ruptura parcial o total de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando	personal de trabajo de la estación de descompresión de GNC y personas que se encuentren en el radio de afectación, con los siguientes efectos adversos: exposición de 40 segundos, causando quemaduras de segundo y tercer grado si no cuenta con equipo de protección contra fuego. **ZA**. Molestias por exposición crónica al personal de trabajo de la estación de descompresión de GNC y personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos presentando	causando quemaduras de segundo y tercer grado si no cuenta con equipo de protección contra fuego. Asimismo, por el efecto de sobrepresión existen daños a las estructuras de sus casas. **ZAR.** Molestias por exposición crónica a las personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos presentando severo dolor. Aquí existen efectos negativos por sobrepresión. **ZDE.** En este radio de afectación se tiene 1% de mortalidad del personal presente en 1 minuto y lesiones significativas en 10 segundos.	**ZA.** Aún y cuando existe vegetación escasa y dispersa, existen daños parciales a la vegetación típica de agricultura presente en el área, por efecto de radiación térmica mediante la posibilidad de un conato de incendio por la posible larga exposición. Cabe mencionar que no se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010.** **Sobrepresión (explosión) umbrales establecidos** **ZA:**0.5 psi **ZAR**: 1 psi **ZDE:** 10 psi **ZDE** y **ZAR.** Potencialmente existirán daños a la fauna presente, debido a la onda de	térmica ocasionada por un incendio. **ZDE.** En este radio de afectación las estructuras de acero delgado pueden perder su integridad mecánica, lo que ocasionaría incendio en madera, por la larga exposición sin llama. **Sobrepresión (explosión) umbrales establecidos** **ZA:**0.5 psi **ZAR**: 1 psi **ZDE:** 10 psi **ZAR.** En cuanto a las infraestructuras del invernadero o estructuras cercanas en el radio habría colapsos de techos, instrumentaciones dañadas y grietas en ladrillos.	• Bajo nivel de intensidad sísmica histórica en la zona. • Programa de Prevención de Accidentes. • Diseño de acuerdo al nivel de hundimiento. • Estudio de mecánica de suelos. • Diseño de área con evaluación de radios de giros plano. • Señalamientos y vías libres de obstrucción. • Equipos contra incendios. • Material de construcción en acero SA- 516 para trabajo en alta presión y adecuado para la temperatura de operación. • Sistema HCV con sistema de control PID acoplado a las PRS. • Sistema automático de paro de emergencia ante alarma por presión	R6: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: Mangueras, conexiones, alarmas y paro de emergencia. R7: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: descarga de tanques contenedores. R8: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Instalación y operación de equipo. R9: Uso de material no tóxico e inflamable compatible con material del equipo en test. R10: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y

Hipótesis	Receptores de eventos de riesgo del proyecto					
	Daño a las personas	Daño a la población	Impacto Ambiental	Daño a la instalación/ producción	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones
fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	severo dolor de cabeza por inhalación. Máximo soportable **ZDE.** En este radio de afectación se tiene 1% de mortalidad del personal presente en 1 minuto y lesiones significativas en 10 segundos.	**Sobrepresión (explosión) umbrales establecidos** **ZA:**0.5 psi **ZAR**: 1 psi **ZDE:** 10 psi **ZDE.** En un epicentro de la explosión (zona de muerte), la mayoría de personas han muerto o están heridas de muerte.	sobrepresión que se derive del evento, causando mortandad en algunas especies de aves, mamíferos terrestres y reptiles. Cabe mencionar que no se identificaron especies de fauna listadas en algún estatus de protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010.**	**ZA**. Los daños ocasionados en la infraestructura sería vidrios y sensores rotos y colapsos de rejillas. **ZDE.** En este radio de afectación los daños estimados en cuanto a la infraestructura son daño a los equipos de los equipos PSR y a los cilindros contenedores de GNC de los semirremolques, así como daños de colapso a las infraestructuras del invernadero con fisuras en los ladrillos de las paredes.	y temperatura fuera de rango (10-40°C). • Válvula de venteo acoplada a válvula reguladora • Válvulas de venteo a lo largo de línea de los PRS. • Válvula de venteo acoplada a válvula reguladora. • Válvulas de venteo a lo largo de línea de los PRS. • Válvula manual de flujo de gas hacia HCM antes de válvula de control. • Válvula de venteo conectada a válvula de control. • Tanque para venteo de gases antes de bomba. • Filtro de sólidos a la entrada de bomba. • Mezcla agua/glicol como refrigerante que permite un rango de operación mayor.	difusión de los procedimientos operativos: Purga de tubería. R11: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control: Mangueras, conexiones y Válvulas. R12: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Anclado de tanque contenedor que incluya la ocurrencia de condiciones ambientales desfavorables, tales como sismos, hundimientos de tierra, etc.; actividades autorizadas en el área durante su descarga R13: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: PLC,
VEGGIE_VPM_3_3. Ruptura total de la tubería de 4” Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	**ZA:**0.5 psi **ZAR**: 1 psi **ZDE:** 10 psi **ZDE.** En un epicentro de la explosión (zona de muerte), la mayoría de personas han muerto o están heridas de muerte. **ZAR**. En el perímetro secundario (zona crítica	**ZAR**. En el perímetro secundario (zona de crítica de víctimas), hay más supervivientes, pero muchos de ellos probablemente tienen heridas múltiples. **ZA.** En la periferia de la explosión (zona en la que hay heridos pero pueden caminar por sí solos), la mayoría de las víctimas tienen heridas que no son potencialmente	**ZA.** En esta área de afectación ocasionaría lesiones algunas especies presentes, donde las de mayor abundancia son las aves y algunos mamíferos y reptiles.			
VEGGIE_VPM_4. Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3” Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 12.30 kg/cm^2,						

Hipótesis	Receptores de eventos de riesgo del proyecto					
	Daño a las personas	Daño a la población	Impacto Ambiental	Daño a la instalación/ producción	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones
ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva	de víctimas), hay más supervivientes, pero muchos de ellos probablemente tienen heridas múltiples. **ZA.** En la periferia de la explosión (zona en la que hay heridos pero pueden caminar por sí solos), la mayoría de las víctimas tienen heridas que no son potencialmente mortales y trauma psicológico.	mortales y trauma psicológico			• Válvula manual de flujo de gas hacia HCM antes de válvula de control. • Sistema de paro de emergencia ante alarmas por temperatura de salida de intercambiadores y descarga de gas superior a diseño • Medidor de temperatura para regulación de flujo de gas a boiler. • alarmas en el sistema • Medidores de presión en línea de suministro de gas hacia boiler • Sistema redundante de válvulas para el control de flujo de gas natural a la entrada de boiler. • Alarma por presión fuera de rango. • Paro automático de los PRS ante falla de HCM. • Sistema de paro de emergencia ante alarmas por temperatura de salida de intercambiadores y descarga de gas superior a diseño.	válvula solenoide y reguladora de flujo. R14: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: válvulas de venteo. R15: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: purga de sistema. R16: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: Ventiladores, PLC y sistema de alarmas. R17: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Descarga de tanque contenedor. Operación bajo

Hipótesis	Receptores de eventos de riesgo del proyecto					
	Daño a las personas	Daño a la población	Impacto Ambiental	Daño a la instalación/ producción	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones
						condiciones climáticas adversas. R18: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: descarga de tanque contenedor y operación de PRS. R19: Validar los procedimientos de pruebas no destructivas para equipos y tuberías para determinar la certeza sobre la integridad mecánica y protección catódica del mismo. R20: Realizar un análisis de integridad a equipos y accesorios antes de iniciar operaciones mediante organismos certificados. R21: Seguimiento estricto a los programas de la capacitación técnica a los empleados de

Hipótesis	Receptores de eventos de riesgo del proyecto					
	Daño a las personas	Daño a la población	Impacto Ambiental	Daño a la instalación/ producción	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones
						nuevo ingresos mediante la certificación de capacidades y habilidades. R22.- Evaluar la efectividad de la barrera física perimetral existente para salvaguardar la integridad física de la instalación. R23.- Evaluar la protección de las instalaciones por empresas de seguridad privada o pública. R24: Seguimiento estricto a los programas de mantenimiento en el desazolve del drenaje pluvial predio a la temporada de lluvias. R25: Ejecución oportuna del programa de mantenimiento preventivo filtro coalescente. R26: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento a intercambiadores de calor.

Hipótesis	Receptores de eventos de riesgo del proyecto					
	Daño a las personas	Daño a la población	Impacto Ambiental	Daño a la instalación/ producción	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones
						R27: Instalación de ánodos de sacrificio y tierra física. R28: Instalación de medidor de flujo en entrada y salida de PRS.

IV.3.2.4. Interacciones de riesgo al interior y exterior del proyecto.

Tabla 73. Descripción de las interacciones de riesgo con zonas vulnerables.

Clave del escenario de riesgo	Equipo	Sustancia peligrosa	Tipo de zona	Tipo de evento/ Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancia de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones a implementar
VEGGIE_VPM_1. Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 253.10 kg/cm^2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo. **VEGGIE_VPM_2.** Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de	Cilindros contenedores de GNC en semirremolques Equipo Integrado de Descompresión **PRS**	Gas natural	ZDE/ZAR/ZA	**RADIACIÓN TÉRMICA** **VEGGIE_VPM_1** **EXPLOSIÓN** 108.52/ 505.55/ 847.32 **FLASH FIRE** 102.40/ 103.46/ 1,438.78 **JET FIRE** 79.09/ 122.70/ 225.69 **VEGGIE_VPM_2** **EXPLOSIÓN** 63.46/295.65/495.52 **FLASH FIRE** 71.12/ 85.83/ 233.89 **JET FIRE** 79.09/122.70/225.69 **VEGGIE_VPM_3_1_100%** **EXPLOSIÓN** 209.05/973.88/1,632.26 **FLASH FIRE** 313.34/339.60/ 688.96 **JET FIRE** 202.69/314.46/ 578.44	Zonas vulnerables		• Sistema de control de tipo PID del equipo conectado a PLC. • Tuberías y accesorios diseñados para manejo de altas presiones. • Paro automático del sistema por presión de entrada de gas natural fuera de rango operativo. • Paro de emergencia manual. • Paro automático del sistema por presión de entrada de gas natural fuera de rango operativo. • Válvulas de venteo con flujo direccionado.	R1: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos. R2: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo. R3: Revisión de válvulas manuales en posición correcta. R5: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Anclado de tanque contenedor ocurrencia que incluya la de condiciones ambientales desfavorables, y actividades autorizadas en el área durante su descarga.
					Equipo PSR (Descompresión)	10 (O)		
					Invernadero Veggie Prime	30 a 200 (S, SE, E)		
					Edificación	1341.91 (SW)		
					Edificación	1319.39 (SW)		
					Edificación	1603.09 (SE)		
					Edificación	1594.97 (SW)		
					Edificación	1582.68 (SW)		
					Edificación	1560.9 (SW)		
					Edificación	900.72 (SW)		
					Edificación	1335.9 (SE)		
					Pozo	1449.25 (SW)		
					Pozo	1421.8 (SW)		
					Pozo	883.72 (SW)		
					Pozo	1446.36 (SE)		
					Edificación	1117.07 (E)		
					Edificación	1092.60 (E)		

Clave del escenario de riesgo	Equipo	Sustancia peligrosa	Tipo de zona	Tipo de evento/ Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancia de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones a implementar
9,000 m^3 a una presión de 253.10 kg/cm^2 que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión. **VEGGIE_VPM_3_1.** Ruptura parcial o total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 1,050 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión. **VEGGIE_VPM_3_2.** Ruptura parcial o total de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m3/h, por poro de				**VEGGIE_VPM_ 3_1_20%** **EXPLOSIÓN** 71.49/333.06/ 558.23 **FLASH FIRE** 90.27/107.94/280.23 **JET FIRE** 43.45/67.41/123.99 **VEGGIE_VPM_3_2_100%** **EXPLOSIÓN** 172.27/802.51/ 1,345.04 **FLASH FIRE** 253.23/275.05/587.95 **JET FIRE** 153.52/ 238.18/ 438.13 **VEGGIE_VPM_3_2_20%** **EXPLOSIÓN** 58.40/272.04/455.95 **FLASH FIRE** 66.37/80.16/214.74 **JET FIRE** 32.49/50.41/92.72 **VEGGIE_VPM_3_3_100%** **EXPLOSIÓN** 209.05/973.88/1,632.26 **FLASH FIRE**	Edificación Edificación	1122.77 (E) 1026.63 (E) 1573.34 (E) 588.31 (NE) 572.23 (NE) 584.48 (E) 1249.95 (E) 1198.63 (E) 1165.86 (E) 1217.43 (E) 593.51 (NE) 624.70 (NE) 648.47 (N) 678.86 (NE) 1361.04 (NE) 1351.79 (NE) 784.58 (SW) 1393.67 (SW) 1285.29 (SW) 1271.24 (SW) 1296.25 (SW) 1304.37 (SW)	• Barreras físicas (Bardas y muros). • Sistema de vigilancia en los accesos de la instalación. • Sistema circuito cerrado de televisión. • Bajo nivel de intensidad sísmica histórica en la zona. • Programa de Prevención de Accidentes. • Diseño de acuerdo al nivel de hundimiento. • Estudio de mecánica de suelos. • Diseño de área con evaluación de radios de giros plano. • Señalamientos y vías libres de obstrucción. • Equipos contra incendios. • Material de construcción en acero SA- 516 para trabajo	R6: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: Mangueras, conexiones, alarmas y paro de emergencia. R7: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: descarga de tanques contenedores. R8: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Instalación y operación de equipo. R9: Uso de material no tóxico e inflamable compatible con material del equipo en test. R10: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y

Clave del escenario de riesgo	Equipo	Sustancia peligrosa	Tipo de zona	Tipo de evento/ Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancia de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones a implementar
corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión. **VEGGIE_VPM_3_3.** Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión. **VEGGIE_VPM_4.** Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 12.30 kg/cm^2, ocasionando posible				313.34/339.60/688.96 **JET FIRE** 202.69/314.46/578.44 **VEGGIE_VPM_3_3_20%** **EXPLOSIÓN** 71.49/333.06/ 558.23 **FLASH FIRE** 90.27/107.94/280.23 **JET FIRE** 43.45/67.41/123.99 **VEGGIE_VPM_ 4** **EXPLOSIÓN** 172.27/802.51/1,345.04 **FLASH FIRE** 253.23/275.05/ 587.95 **JET FIRE** 153.52/238.18/438.13	Edificación	1329.9 (SW)	en alta presión y adecuado para la temperatura de operación. • Sistema HCV con sistema de control PID acoplado a los PRS. • Sistema automático de paro de emergencia ante alarma por presión y temperatura fuera de rango (10-40°C). • Válvula de venteo acoplada a válvula reguladora • Válvulas de venteo a lo largo de línea de los PRS. • Válvula de venteo acoplada a válvula reguladora. • Válvulas de venteo a lo largo de línea de los PRS. • Válvula manual de flujo de gas hacia HCM antes de válvula de control.	difusión de los procedimientos operativos: Purga de tubería. R11: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control: Mangueras, conexiones y Válvulas. R12: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Anclado de tanque contenedor que incluya la ocurrencia de condiciones ambientales desfavorables, tales como sismos, hundimientos de tierra, etc.; actividades autorizadas en el área durante su descarga R13: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: PLC, válvula solenoide y reguladora de flujo.
					Edificación	1203.19 (SW)		
					Edificación	1201.12 (SW)		
					Edificación	1280.77 (SW)		
					Edificación	1270.17 (SW)		
					Edificación	1303.07 (SW)		
					Edificación	1261.57 (SW)		
					Edificación	1265.27 (SW)		
					Edificación	1379.33 (W)		
					Edificación	1400.54 (SW)		
					Edificación	1141.07 (W)		
					Edificación	1130.71 (W)		
					Edificación	1163.84 (W)		
					Edificación	1168.37 (W)		
					Edificación	1145.8 (W)		
					Edificación	1112.63 (W)		
					Edificación	1141.62 (W)		
					Edificación	1112.01 (W)		
					Edificación	1167.63 (W)		
					Edificación	1027.03 (SE)		
					Edificación	512.83 (SW)		
					Edificación	1013.05 (NE)		

Clave del escenario de riesgo	Equipo	Sustancia peligrosa	Tipo de zona	Tipo de evento/ Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancia de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones a implementar
sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva					Edificación	1075.46 (SE)	• Válvula de venteo conectada a válvula de control. • Tanque para venteo de gases antes de bomba. • Filtro de sólidos a la entrada de bomba. • Mezcla agua/glicol como refrigerante que permite un rango de operación mayor. • Válvula manual de flujo de gas hacia HCM antes de válvula de control. • Sistema de paro de emergencia ante alarmas por temperatura de salida de intercambiadores y descarga de gas superior a diseño	R14: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: válvulas de venteo. R15: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: purga de sistema. R16: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: Ventiladores, PLC y sistema de alarmas. R17: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Descarga de tanque contenedor. Operación bajo condiciones climáticas adversas.
					Edificación	1040.61 (NE)		
					Edificación	676.69 (NE)		
					Edificación	588.78 (N)		
					Edificación	538.36 (N)		
					Edificación	615.06 (N)		
					Edificación	716.55 (N)		
					Edificación	685.98 (N)		
					Edificación	787.54 (N)		
					Edificación	639.49 (NE)		
					Edificación	494.85 (N)		
					Edificación	1197.81 (NW)		
					Edificación	1187.26 (NW)		
					Edificación	1167.00 (NW)		
					Edificación	1164.67 (NW)		
					Edificación	1153.19 (NW)		
					Edificación	1120.61 (NW)		
					Edificación	1159.00 (NW)		
					Edificación	1415.67 (NW)		
					Edificación	1395.54 (NW)		
					Edificación	1362.83 (NW)		

Clave del escenario de riesgo	Equipo	Sustancia peligrosa	Tipo de zona	Tipo de evento/ Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancia de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones a implementar
					Edificación	1309.50 (NW)	• Medidor de temperatura para regulación de flujo de gas a boiler. • alarmas en el sistema • Medidores de presión en línea de suministro de gas hacia boiler • Sistema redundante de válvulas para el control de flujo de gas natural a la entrada de boiler. • Alarma por presión fuera de rango. • Paro automático de sistema PRS ante falla de HCM. • Sistema de paro de emergencia ante alarmas por temperatura de salida de intercambiadores y descarga de gas superior a diseño.	R18: Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: descarga de tanque contenedor y operación de PRS. R19: Validar los procedimientos de pruebas no destructivas para equipos y tuberías para determinar la certeza sobre la integridad mecánica y protección catódica del mismo. R20: Realizar un análisis de integridad a equipos y accesorios antes de iniciar operaciones mediante organismos certificados. R21: Seguimiento estricto a los programas de la capacitación técnica a los empleados de nuevo ingresos mediante la certificación de capacidades y habilidades. R22.- Evaluar la efectividad de la barrera física perimetral existente
					Edificación	1286.88 (NW)		
					Edificación	1296.34 (NW)		
					Edificación	1254.18 (NW)		
					Edificación	1242.61 (NW)		
					Edificación	1291.31 (NW)		
					Edificación	871.99 (NW)		
					Edificación	1582 (NW)		
					Edificación	944.44 (SE)		
					Edificación	953.4 (SE)		
					Edificación	1267.05 (NE)		
					Edificación	424.34 (N)		
					Edificación	783.12 (SW)		
					Edificación	1151.41 (NE)		
					Edificación	847.34 (N)		
					Edificación	512.92 (N)		
					Calle	576.80 (E)		
					Calle	370.08 (S)		

Clave del escenario de riesgo	Equipo	Sustancia peligrosa	Tipo de zona	Tipo de evento/ Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancia de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones a implementar
					Edificación	716.42 (NE)		para salvaguardar la integridad física de la instalación. R23.- Evaluar la protección de las instalaciones por empresas de seguridad privada o pública. R24: Seguimiento estricto a los programas de mantenimiento en el desazolve del drenaje pluvial predio a la temporada de lluvias. R25: Ejecución oportuna del programa de mantenimiento preventivo filtro coalescente. R26: Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento a intercambiadores de calor. R27: Instalación de ánodos de sacrificio y tierra física. R28: Instalación de medidor de flujo en entrada y salida de PRS.
					Edificación	516.31 (NE)		
					Edificación	473.47(NE)		
					Edificación	541.75 (NE)		
					Cuerpo De Agua	1439.72 (NE)		
					Cuerpo De Agua	483.1 (N)		
					Escuela Primaria	534.78 (SE)		
					Escuela Secundaria	589.16 (SE)		
					Escuela Preescolar	548.77 (SE)		
					Granja Bovina	1047.2 (NE)		
					Granja Bovina	345.69 (S)		
					Granja Avícola	371.7 (N)		
					Vialidad	1413.03 (W)		
					Vialidad	1419.58 (SW)		
					Vialidad	1503.19 (SW)		
					Vialidad	1402.80 (N)		
					Carretera	1114.25 (SE)		
					Calle	437.53 (S)		
					Calle	442.20 (S)		
					Calle	336.73 (S)		

Clave del escenario de riesgo	Equipo	Sustancia peligrosa	Tipo de zona	Tipo de evento/ Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancia de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones a implementar
					Calle	473.13 (SE)		
					Calle	500.99 (SE)		
					Calle	499.6 (SE)		
					Calle	489.09 (SE)		
					Calle	428.98 (E)		
					Calle	544.23 (E)		
					Calle	496.35 (E)		
					Calle	536.23 (SE)		
					Calle	452.27 (S)		
					Calle	453.73 (SE)		
					Calle	455.32 (SE)		
					Calle	328.23 (S)		
					Camino	1133.20 (NW)		
					Camino	655.7 (E)		
					Camino	328.23 (S)		
					Camino	1093.05 (NW)		
					Camino	640.94 (W)		
					Camino	1562.77 (N)		
					Camino	679.82 (E)		
					Camino	371.70 (N)		
					Camino	179.86 (W)		
					Camino	1090.99 (E)		

Clave del escenario de riesgo	Equipo	Sustancia peligrosa	Tipo de zona	Tipo de evento/ Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancia de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones a implementar
					Camino	985.30 (E)		
					Camino	922.09 (E)		
					Camino	1283.69 (E)		
					Camino	1132.29 (NW)		
					Camino	1143.25 (N)		
					Camino	1388.19 (NE)		
					Camino	1519.20 (NE)		
					Camino	1383.62 (N)		
					Camino	1178.29 (N)		
					Camino	1222.38 (NE)		
					Camino	1315.63 (NE)		
					Camino	1250.99 (NE)		
					Camino	1082.91 (NW)		
					Camino	1114.68 (NW)		
					Camino	88.33 (E)		
					Camino	604.68 (E)		
					Camino	1604.62 (N)		
					Camino	1404.50 (NW)		
					Camino	458.71 (W)		
					Camino	1181.87 (NW)		
					Camino	603.18 (N)		
					Camino	504.24 (S)		

Clave del escenario de riesgo	Equipo	Sustancia peligrosa	Tipo de zona	Tipo de evento/ Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancia de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas	Recomendaciones a implementar
					Carretera	922.03 (E)		
					Camino	88.33 (E)		

IV.4. Sistemas de seguridad.

IV.4.1. Normas de diseño.

La primera capa de las medidas de seguridad corresponde al diseño del sistema PRS a utilizarse en el **Proyecto**. El diseño del sistema y selección de materiales cumple con la normatividad mexicana aplicable:

- NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural
- NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones para el aprovechamiento de gas natural
- NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos
- NOM-007-SECRE-2010, Transporte de gas natural
- NOM-011-SECRE-2000, Gas Natural para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares.
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas-Funcionamiento-Condiciones de seguridad
- NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (Utilización)
- NOM-022-SCFI-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad
- NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades y medidas.

IV.4.2. Especificaciones de diseño.

Las especificaciones generales del sistema son:

- Flujo de diseño: 2,000 m^3/h
- Flujo máximo de trabajo: 2,000 m^3/h
- Etapas de regulación: 3

- Presión máxima de entrada: 276 bar
- Suministro eléctrico: 460VAC, 60 Hz
- Refrigerante: Mezcla agua-glicol
- Clasificación eléctrica: Clase 1, división 2
- Máxima presión de trabajo: 276 bar
- Máxima presión de descarga: 17 bar
- Presión de diseño de tubería: 276 bar (4000 Psi)
- Temperatura mínima de entrada de gas natural: -40°C
- Presión de salida de gas natural: 170 Psi
- Temperatura mínima de salida de gas natural: -15 °C
- Paro de emergencia: Paro por alarma en PLC y botón manual de paro de emergencia
- Protección por sobrepresión: Válvulas de manuales alivio y válvulas de seguridad
- Calentamiento: Sistema de calentamiento HCM
- Filtro: Filtro coalescente de alta presión
- imentación.

Cimentación.

El PRM y HCM deben recibir independiente cimentación de concreto plana y nivel al menos tan grande como las dimensiones en planta de cada patín (si está montado por separado). Para el PRS se recomienda un margen de 24 pulgadas (61 cm) alrededor de todos los lados para el servicio.

El espesor de las pastillas de hormigón y el refuerzo debe ser determinado de acuerdo a la distribución del peso del patín y las propiedades de los suelos subyacentes. Todos los códigos de construcción locales pertinentes se cumplen para este propósito. Para el diseño de base de concreto, el peso bruto del equipo puede ser considerado para ser distribuido de manera uniforme sobre el área de plan.

Disposiciones de protección: HCM.

Se asegura una distancia mínima de 152 mm (6 pulgadas) del proyecto de la caldera campana y el cañón de humos, en cualquier dirección. El suministro de aire es suficiente para la caldera. Las aperturas de aire a la sala de HCM proporcionan aire para la combustión, la dilución de gases de combustión y ventilación, con independencia de si el aire se toma del interior o el exterior. El tamaño de la apertura de aire y la ubicación (así como otro suministro de aire y consideraciones de ventilación) cumplen con la normatividad aplicable.

NOTA: La sala de HCM no debe estar bajo una presión negativa.

Se proporcionan aperturas de aire no sólo a las dimensiones requeridas para la entrada total de todos los aparatos que utilizan combustibles en el espacio de la caldera, sino también para manejar el tipo de movimiento de aire de los ventiladores de extracción o motores de aire utilizando aire del edificio o espacio. Las terminaciones de ventilación deben estar siempre libres de obstáculos (por ejemplo, nieve, hielo, etc.). Las persianas y rejas utilizadas en el sistema de suministro de aire y ventilación deben mantenerse libres de polvo, suciedad o escombros bloqueando el flujo de aire adecuado.

Disposiciones de ventilación: HCM.

El instalador de gas es responsable de proporcionar una ventilación adecuada y en buenas condiciones de uso. Está prohibida la interferencia con el suministro de aire a la caldera. La instalación y el tipo de ventilación de gas o respiradero conector debe seguir todas las leyes locales códigos, leyes, reglamentos y ordenanzas.

Las conexiones de calderas a gas respiraderos o chimeneas, instalaciones de ventilación siguen la ventilación de los equipos del Código Nacional de Gas Combustible, Parte 7, ANSI Z223.1. La ventilación es apoyada como lo requiere la normatividad aplicable. Los tramos horizontales tienen pendiente ascendente de no menos de 1⁄4 de pulgada por pie (21 mm / m) de la caldera a la terminal de ventilación.

La unidad debe instalarse con el suministrado de fábrica proyecto campana en su lugar. El proyecto de campana es un dispositivo de seguridad diseñado para controlar los borradores de chimenea que podrían afectar a la combustión, o soplar el piloto. El proyecto de la campana se suministra con la caldera no debe ser alterado. La altura mínima de la falda como se indica en el proyecto de la campana debe ser mantenida.

Los conectores de ventilación al servicio de la caldera no deben estar conectados en cualquier parte de los sistemas de proyectos mecánicos que operan bajo presión positiva.

Información de terminal de ventilación.

La distancia mínima de la terminación de un terminal de ventilación para las calzadas adyacentes públicos, edificios adyacentes, ventanas abiertas, capaces y aberturas del edificio es inferior a los valores especificados en el Código Nacional de Gas Combustible, ANSI Z223.1 y / o normatividad aplicable.

Para un correcto funcionamiento, la terminal de ventilación debe mantenerse libre de nieve y otros escombros en todo momento.

Para evitar la decoloración y degradación de los materiales de construcción por los gases de combustión y la condensación de gases de combustión, la terminal de ventilación se instala libre de obstáculos cercanos. En todos los casos, la instalación se realiza de conformidad con las normas locales. Se mantiene una distancia mínima de 1.20 m (4 pies) horizontalmente. En ningún caso el espacio libre alrededor de los contadores eléctricos, contadores de gas, reguladores y equipos de socorro es inferior a 1.20 m (4 pies).

Válvula de alivio de presión y tubería de descarga.

Una válvula de alivio de presión se suministra como equipo estándar. La válvula de alivio de presión es una protección adicional contra los daños que podrían ser causados por el mal funcionamiento de los controles, o presión de agua excesiva. La válvula de alivio de presión está instalada en la salida de la caldera con su eje vertical.

Una tubería de descarga es utilizada. La salida de la tubería de descarga está colocada sobre un drenaje adecuado y dispuesto de modo que no hay peligro de quemaduras (quemaduras de vapor). La tubería de descarga libera hacia abajo de la válvula y no debe es menor que la salida de la válvula. El extremo del tubo de descarga no debe ser ocultado o roscado y debe ser protegido de la congelación. Extensas carreras, trampas, o curvas podrían reducir la capacidad de la válvula de alivio de presión.

La válvula de alivio de presión es un requisito del código. La instalación en el campo de la válvula de alivio es coherente con los códigos de calderas a presión ANSI / ASME, Sección IV.

Sitio de tuberías.

Para darse cuenta de la capacidad total del PRM, toda la instalación del sistema es planeada cuidadosamente para proporcionar la capacidad de flujo adecuada al suministro de gas aguas arriba conectada con el PRM.

En el almacenamiento móvil se debe prestar especial atención a las tuberías, válvulas y el diseño del colector de conexión al almacenamiento. Sólo se instalan las líneas de tuberías de alta presión de postes de alimentación al PRM.

El suministro de agua y las tuberías de retorno entre el HCM y PRM deben estar adecuadamente dimensionado para los requisitos de caudal. La caída de presión de agua entre el PRM y HCM no debe exceder de 2 a 4 psi. Los diámetros de las tuberías deben ser de hasta de tamaño para los funcionamientos de tuberías largas, con el fin de evitar la caída de presión.

Una línea de suministro de combustible de tamaño adecuado desde el PRM al HCM también es proporcionada. Esta línea es capaz de retener presión en cargas completas.

Protección Catódica.

La tubería de suministro de gas enterrada cuenta con protección catódica de acuerdo con los códigos de instalación locales. Esto requiere el uso de bridas aislantes en la entrada y salida de la tubería desde el suelo, y ánodos de sacrificio enterrados a intervalos, como es requerido por los códigos locales.

Válvulas de aislamiento.

Las válvulas de aislamiento se suministran en cada entrada y salida tanto de la PRM y el HCM. Se requieren estas válvulas de bloqueo y no deben ser removidas.

Requisitos de funcionamiento de la caldera.

Evite reposición innecesaria de líquido / agua. Puede dar lugar a aire que entra en el sistema causando corrosión. Los minerales disueltos en el precipitado de suministro de agua cuando se calienta, se depositan predominantemente en el intercambiador de calor. No se debe tomar agua del sistema de calefacción para la limpieza, lavado, etc.

La caldera está diseñada como un sistema de bucle cerrado. No es la intención de los sistemas abiertos, como el agua de la piscina de calentamiento o sistemas en los que se repone constantemente agua. El funcionamiento de la caldera como un sistema abierto puede resultar en una falla prematura del intercambiador de calor.

Los sistemas de calefacción con agua de retorno a baja temperatura pueden causar la humedad del gas de combustión se condense en las superficies de transferencia de calor de la caldera, provocando corrosión y restringir el flujo de gases de combustión, lo que resulta en una falla prematura.

Bajo el agua de retorno de la temperatura también puede enfriar demasiado los gases de combustión, lo que resulta en una reducción de succión de ventilación. Estos son fenómenos naturales, independientemente del diseño de la caldera. Como una guía para evitar tales condiciones, es imperativo que la temperatura del agua de retorno permanece por encima de 57 ° C (135 ° F).

Clasificaciones eléctricas de la zona.

Todo el equipo eléctrico en el patín PRM está diseñado para la clase mínima I, División 2 (Zona 2), Grupo D lugares peligrosos.

Todo el equipo eléctrico entra dentro de la Clase I, División 2 (Zona 2), Grupo D se diseña y cablea en consecuencia. Cableado seguro no inflamable se usa en el patín PRM para conectarse a presión y / o sensores de temperatura. En condiciones normales de funcionamiento, esto impide la formación de electricidad estática, lo que podría encender el gas.

Áreas suficientemente lejos de equipos de que contienen gas (3 metros - 5 metros), son consideradas no peligrosas y seguras para los equipos que no están localizados en una zona Clase I, División 2.

Intrínsecamente, cableado seguro está presente para los sensores de interruptor en línea / fuera de línea y para algunos sensores de presión ubicados en áreas División 1. Se usan barreras de seguridad para limitar la corriente que circula en el cableado. Esta configuración impide chispas que podrían encender el gas.

Instalación de paneles de control eléctrico

Controles eléctricos aplicables (incluidos los de la PRM) con NEMA 12, 4 o cerramientos de panel eléctrico 3R están ubicados de forma remota en una zona no peligrosa.

Paneles NEMA 4 y 3R son resistentes y aptos para el montaje al aire libre. Paneles NEMA 4 y 3R sometidos a temperaturas frías de invierno están equipados con calentadores termostáticos.

Paneles NEMA 12 deben montarse en un edificio seguro de mal tiempo, o kiosco especial. La central eléctrica se debe atornillar a la base de pavimento, o montar en la pared.

Conexiones de cableado de campo eléctrico

Las conexiones eléctricas se pueden hacer con el alambre y el conducto sólido, o conducto de cable flexible blindado. Si se utiliza el cableado enterrado, las carreras eléctricas deben ser enterradas 0.6-1.0 metros por debajo del grado. Las conexiones en el PRM y HCM se hacen con conducto o glándulas de conexión a las cajas de conexión adecuados en el equipo.

IV.4.3. Sistemas y accesorios

IV.4.3.1. Sistema Básico de Control de Proceso (SBCP).

El módulo de PRS reduce de forma segura la presión del gas mediante la adición de la cantidad apropiada de calor para contrarrestar la reducción de la temperatura debido a la despresurización. La línea de entrada a la PRM está conectada a un almacenamiento fijo o móvil, o a una tubería. El gas que fluye hacia el PRM pasa a través de un mecanismo de seguridad, válvula de entrada normalmente cerrada.

La válvula aísla el PRM del suministro de gas cuando el PRM se apaga, o si se inicia una secuencia de apagado de emergencia. Las partículas pequeñas se eliminan del gas de suministro por un filtro de entrada, situado antes del intercambiador de calor. El gas fluye a través de un intercambiador de calor de tubo y coraza. Los tubos de gas se mantienen calentados por una corriente de fluido caliente (agua / glicol) que se bombea a través de la coraza por el HCM, ya que el gas entra en la primera etapa de regulación de presión (despresurización). Otras etapas de regulación se emplean para alcanzar la presión de salida final.

Los manómetros se proporcionan en todo el sistema para el monitoreo de presiones de gas, y para el establecimiento de los reguladores. El suministro de gas de la caldera se toma de la línea principal después del intercambiador de calor. El gas regulado a 1.4 bar (20 Psi) a través de un regulador independiente, o puede ser tomada de un punto de la estación de regulación final aguas abajo, antes del medidor.

Todas las tuberías de presión que incluyen filtros, intercambiadores de calor, reguladores, etc., están protegidos de un exceso de presión mediante válvulas de seguridad, o principales reguladores duales. Todas las válvulas de alivio se ventilan a la atmósfera a través de una tubería de descarga común a lugar seguro.

El tubo de descarga sirve como un colector para ventilar gas procedente de descarga de la válvula de alivio, así como para válvulas de drenaje manuales. Todas las tuberías y los tubos están

fabricados de acuerdo a la normatividad aplicable y se unieron mediante conexiones roscadas y soldadas, o el uso de accesorios de compresión de tubo.

Identificación Reguladores

En la regulación de múltiples etapas, por lo general se emplean en la primera etapa los reguladores de alta presión operados por resorte, para disminuir la presión a un nivel apropiado para la segunda etapa. Estos reguladores pueden ser operados por piloto, en paralelo o individualmente.

En su caso, en la segunda y tercera etapa de regulación se emplean reguladores pre-comandados, que disminuyen la presión a la presión de descarga deseada. Estos reguladores piloto están instalados en una configuración "Monitor de espera", o una configuración de "Monitor de Trabajo".

Monitor de espera

En una instalación "Monitor de espera", el regulador piloto operado aguas abajo se fija en una presión más alta, y sólo funciones en el caso de un fallo del regulador operado piloto aguas arriba. La puesta a punto de la pantalla de espera debe ser un poco más alto que el regulador de funcionamiento (es decir, 5%).

Monitor de trabajo

En una instalación de "Monitor de Trabajo", ambos pilotos operados reguladores están trabajando para reducir la presión en una secuencia de dos etapas. El regulador de primera etapa (aguas arriba) se establecerá significativamente más alta que la segunda etapa del regulador (aguas abajo).

Módulo de control de calefacción: HCM

La línea de gas de entrada a la HCM proviene del PRM. El gas que fluye hacia el HCM puede pasar a través de las válvulas de admisión, que se utilizan para aislar el HCM.

Un regulador y un medidor de presión están instalados en la entrada de la caldera para asegurar la presión de alimentación correcta. Una línea de purga de gas se instala después del regulador.

El agua fluye a través de HCM la entrada más allá de un interruptor de flujo bajo. En este punto, una válvula de retención y el regulador proporcionan una entrada para agua adicional al sistema. El agua fluye hacia el tanque separador de aire, que incluye un orificio de ventilación en la parte superior, la eliminación de cualquier aire atrapado del sistema. Desde el depósito del agua pasa a través de un colador para eliminar los residuos, antes de llegar a la bomba. El agua se bombea en la caldera. Un medidor de flujo instalado en el lado de descarga de agua supervisa el flujo de refrigerante en el

sistema. Después del calentamiento, el agua se puede volver a circular (bucle) a través de la válvula de 3 vías, o dirigido al PRM.

El agua fluye a través de tuberías y accesorios galvanizados, o la manguera de tipo marino. Todos los accesorios de tubería y mangueras son roscados. Tubos para conducciones de gas usan accesorios de compresión. Todos los elementos del sistema están diseñados, fabricados y probados de acuerdo con la normatividad aplicable.

Si el PRS es parte de un sistema de sitio grande con un compresor, el control puede ser incorporado en el sistema de compresión PLC, y no un PLC independiente. Independientemente de su ubicación, el PLC inicia y detiene el PRS, monitorea continuamente su estado, e indica las condiciones de alarma. El estado del PRS es monitoreado por varios sensores para la presión, la temperatura y flujo. Todos los sensores, interruptores, motores y válvulas solenoides utilizados en el PRS se conectan utilizando métodos aprobados para la clasificación específica área de instalación.

Todos los módulos de PRS tienen un sistema ESD (Emergency Shut Down). Este sistema se apaga de forma segura hacia abajo y aísla el PRS desde el suministro de gas. Interruptores Online / Offline se encuentran en el panel de HCM, y en el panel de control. Ambos interruptores deben estar en la posición en línea para el PRS funcione automáticamente.

IV.4.3.2. Alarmas y procedimientos.

Cuando cualquiera de los sensores del sistema PRS presenta una condición de fallo, el PRS se apaga. Un indicador de alarma rojo se enciende en el panel de control y en el patín PRS. Después de que el PLC registra una alarma, el PRS no puede funcionar hasta que la condición de fallo se ha corregido, y el panel de control del PRS se ha restablecido. Incluso si la condición de alarma se desconecta sola, el indicador permanece iluminado hasta que el panel de control se pone a cero de forma manual. Las alarmas de baja temperatura de gas son ignoradas durante el modo de calentamiento. Esto permite que el tiempo de la caldera para elevar la temperatura del agua por encima del valor de alarma lo que la operación pueda reanudar. A continuación se enlistan las alarmas del sistema:

- Error interno en PLC
- Transmisor de presión fuera de rango o falla en señal
- Transmisor de temperatura a salida de intercambiadores fuera de rango o falla en señal

- Temperatura de descarga de gas natural menor a temperatura mínima (-5°C 5 min, -15°C 20 sec)
- Temperatura de gas natural a salida de intercambiadores menor a temperatura mínima (15°C 5 min, 0°C 20 sec)
- Presión de salida superior a set point (170 Psi)
- Presión de entrada por encima de set point (3750 Psi)
- Transmisores no escalados
- Se pulsa el botón de paro de emergencia

Adicionalmente, el sistema PRS cuenta con advertencias que permiten evitar la ocurrencia de eventos fuera de la condición normal de operación. Las advertencias no realizan el paro total del equipo, aunque pueden detener el funcionamiento de secciones específicas. Las advertencias del sistema se generan por:

- Error matemático PLC
- Corriente eléctrica elevada en motor en bomba
- Bajo o ningún flujo de agua
- Baja temperatura de gas
- Alta temperatura de gas

Una capa adicional de protección que es primordial para la salvaguarda de las instalaciones y entorno, es la correcta capacitación del personal tanto en la operación normal del equipo como en el combate a emergencias. Es esencial que el personal siga los procedimientos contenidos en el manual de operación, que incluye:

- Pre-Inicio de operaciones
- Purga de tubería
- Operación normal
- Alarmas y PLC
- Combate de incendios
- Eliminación de fuego

Asimismo, es primordial que personal capacitado realice el mantenimiento de equipos de acuerdo al programa de mantenimiento disponible, en el cual se incluyen:

- Mangueras
- Indicadores de presión y temperatura
- Válvulas de seguridad
- Filtro coalescente
- Intercambiadores de calor
- Ventilación de cabecera
- Caudal bajo interruptor de corte
- Colador
- Bomba

IV.4.3.3. Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS).

Como medidas adicionales de seguridad, el sistema PRS cuenta con:

- Válvulas de seguridad y válvulas manuales de venteo en cada subsección del equipo
- Paro de emergencia manual

Todas las tuberías de presión que incluyen filtros, intercambiadores de calor, reguladores, etc., están protegidos de un exceso de presión mediante válvulas de seguridad, o principales reguladores duales. Todas las válvulas de alivio se ventilan a la atmósfera a través de una tubería de descarga común a lugar seguro. El tubo de descarga sirve como un colector para ventilar gas procedente de descarga de la válvula de alivio, así como para válvulas de drenaje manuales. Todas las tuberías y los tubos están fabricados de acuerdo a la normatividad aplicable y se unieron mediante conexiones roscadas y soldadas, o el uso de accesorios de compresión de tubo.

Todos los módulos de PRS tienen un sistema ESD (Emergency Shut Down). Este sistema se apaga de forma segura hacia abajo y aísla el PRS desde el suministro de gas. Interruptores Online / Offline se encuentran en el panel de HCM, y en el panel de control. Ambos interruptores deben estar en la posición en línea para el PRS funcione automáticamente.

IV.4.3.4. Recomendaciones técnico-operativas

A continuación, se presentan las recomendaciones derivadas del **HAZOP**.

Tabla 74. Recomendaciones identificadas en el análisis **HAZOP.**

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
1	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos	1 2 3 4 5 6	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento.	1.1.1 2.1.2 2.10.1 3.8.1 4.7.1	Tanques contenedores operando a mayor presión (falla humana al sobrecargar contenedores), ocasionando Fuga de Gas Natural a través de sellos y conexiones	Representante legal del proyecto Gerente del proyecto	**D**
				1.1.2 3.5.1	Falla en cierre de válvulas de control de flujo (normalmente cerrada) por falta de mantenimiento, ocasionando Fuga de Gas Natural a través de sellos y conexiones		**D**
				1.4.1 2.1.1 3.4.1 4.10.1	Desajuste / falla de válvula de control de flujo, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.		**C**
				2.1.3 2.10.2 2.10.4	Sobrecalentamiento de GNC en HEX-301/302, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio/atmósfera explosiva		**C**
				2.2.1	Falla eléctrica /Desajuste de la válvula de recepción de sistema PRS, ocasionando posible aumento de		D

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
					temperatura a la salida de intercambiadores de calor por falla en respuesta de HCM. Un aumento excesivo de temperatura podría ocasionar sobrepresión y fuga de GN		
				2.5.2 3.2.4 3.5.2 4.2.1 4.5.1 5.2.1 5.5.1 5.10.2 6.1.2 6.5.1	Falla en conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras, ocasionando fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión		C D
				2.11.2	Menor flujo / temperatura de refrigerante proveniente de HCM por falla en medidores de temperatura en primera etapa de descompresión, ocasionando Disminución de temperatura en el sistema fuera de rangos de diseño. Posible daño a resistencia de material de intercambiadores de calor.		C
				3.1.1 3.2.1 3.10.2 3.11.2 3.11.3 4.8.3	Falla en válvula de control de primera etapa de descompresión, ocasionando Fuga de gas natural a través de sellos o conexiones por alta presión en reguladores.		C

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
				3.1.4. 3.2.2 3.10.1 3.11.1 4.9.3 5.9.3	Falla en calibración / Set point incorrecto de válvulas en etapa de descompresión, ocasionando Fuga de gas natural por sobrepresión del sistema		C
				3.2.3 3.10.3	Falla de medidores de presión ocasionando Posible operación por debajo de temperatura de diseño. Fuga de gas natural por falla en materiales.		D
				3.5.3	Válvulas manuales de venteo en etapa de descompresión abiertas por descuido operacional, ocasionando Fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva		C
				3.5.4	Falla en acoplamiento/equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva		C
				3.7.1 5.9.5	Presión en descarga de PRS mayor a presión de entrada, ocasionando liberación de material en tuberías a la atmósfera.		C
				3.10.4 3.11.4 5.9.2 5.10.3	Falla en medidores de temperatura en etapa de descompresión, ocasionando posible sobrepresión del sistema causando fuga de gas natural		C
				4.1.1 4.9.1	Falla / desajuste en válvula de control de flujo hacia boiler, ocasionando sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol		D

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
				5.4.2	con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de gas natural		
				4.2.5 4.5.5 4.8.2 4.10.5	Válvula manual de venteo en línea abierta por descuido operacional, ocasionando Fuga de gas natural generando una atmósfera explosiva / inflamable.		C
				4.3.1 4.6.1 5.6.2	Válvula manual cerrada por descuido operacional, ocasionando Falla en el calentamiento de refrigerante. Posible operación a temperaturas criogénicas ante falla de PLC		D
				4.10.3 5.10.4	Falla de boiler, ocasionando Fuga de gas natural que genera una atmósfera inflamable y/o explosiva		C
				5.1.1 5.9.1	Mayor suministro de gas natural a boiler por falla en válvulas de control de gas hacia boiler, ocasionando Sobrecalentamiento de GNC en sistema PRS por incremento en temperatura de refrigerante		C
				5.1.2	Bloqueo de tubería de circuito de refrigerante, ocasionando falla en el suministro de calor al sistema PRS. Operación bajo temperaturas criogénicas		C
				5.3.1 5.5.3 5.6.1 5.8.1	Falla de bomba ocasionando falla en el suministro de calor al sistema PRS. Operación bajo temperaturas criogénicas		C
				5.4.1 5.5.2	Falla en válvula para la compensación de refrigerante en HCM, ocasionando Aumento de flujo en mezcla		D

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
					agua/glicol en circuito. Posible falla en calentamiento de refrigerante no alcanzando la temperatura de operación requerida		
				6.1.1 6.7.1	Aumento de la temperatura del gas natural, debido a agentes externos, tales como un incendio, provocando alta presión, ocasionando Sobrecalentamiento de la tubería ocasionando una sobre presión que puede ocasionar ruptura y fuga de gas natural		**D**
				6.4.1	Falla del regulador ocasionando aumento de flujo en tubería ocasionando sobre presión y posibilidad de fuga de gas natural en conexiones, bridas y sellos		D
				6.5.2	Falla en medidor de flujo / válvula de ocasionando Falla en el suministro de gas natural a los equipos de la empresa Veggie Prime.		**D**
2	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo	1	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.1.1	Tanques contenedores operando a mayor presión (falla humana al sobrecargar contenedores), ocasionando Fuga de Gas Natural a través de sellos y conexiones		**D**
				1.1.2	Falla en cierre de válvulas de control de flujo (normalmente cerrada) por falta de mantenimiento, ocasionando Fuga de Gas Natural a través de sellos y conexiones		**D**
3	Revisión de válvulas manuales en posición correcta	1 2	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.2.1 1.5.1 2.5.1	Válvula manual para venteo abierta por descuido operacional, ocasionando Fuga de gas natural con riesgo de nube inflamable y posible incendio y/o explosión		**C**

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
4	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control: Mangueras, conexiones y válvulas	1	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.2.2	Fuga a través de conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras, ocasionando Fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo		
5	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Anclado de tanque contenedor ocurrencia que incluya la de condiciones ambientales desfavorables, y actividades autorizadas en el área durante su descarga.	1	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento.	1.3.3 2.3.1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo		C
6	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: Mangueras, conexiones, alarmas y paro de emergencia	1	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos				
7	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: descarga de tanques contenedores	1 2	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.2.4 2.3.1 2.5.3	Presión de tanque contenedor por debajo de rango operativo en descarga / falla en apertura de válvula de tanque contenedor		D
				2.6.1 2.6.2	Válvula de descarga en tanque contenedor cerrada/Falla en válvula de control de flujo, ocasionando Acumulación de gas natural en el sistema. Posible fuga de gas natural		C
				2.9.1	Demora en la descarga de tanque contenedor		D
8	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Instalación y operación de equipo.	1 2	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento.	1.2.4	Presión de tanque contenedor por debajo de rango operativo en descarga / falla en apertura de válvula de tanque contenedor		D
				2.3.2	Falla en acoplamiento / equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de gas natural al ambiente		C

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
				2.5.4	Taponamiento de filtro coalescente por falta de mantenimiento, ocasionando posible incremento de presión.		D
9	Uso de material no tóxico e inflamable compatible con material del equipo en test.	1	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	1.2.5	Falla en acoplamiento / equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de material a la atmósfera		C
10	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Purga de tubería.	1 2	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento.	1.2.6	Válvula manual (parcialmente) abierta en purga de tubería con nitrógeno		D
				2.3.3	Desajuste / falla de válvula de control de flujo a entrada de PRS por falta de mantenimiento, ocasionando		D
				2.4.2	Regulador de flujo en set point incorrecto durante purga de tuberías con nitrógeno		
11	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control: Mangueras, conexiones y Válvulas.	1 2 3 4 5 6	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.5.2 2.1.1 2.2.1 2.2.2 2.11.1 3.1.2 3.2.4 3.5.2 4.2.1 4.5.1 5.2.1 5.5.1 5.10.2	Falla en conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras, ocasionando fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión		D

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
				6.2.1			
				2.10.2 2.10.3 2.10.4	Mayor flujo/temperatura de refrigerante proveniente del HCM, ocasionando sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones		C
				2.11.2 3.10.4 3.11.4	Menor flujo / temperatura de refrigerante proveniente de HCM por falla en medidores de temperatura en primera etapa de descompresión, ocasionando disminución de temperatura en el sistema fuera de rangos de diseño. Posible daño a resistencia de material de intercambiadores de calor		C
				3.1.1	Falla en válvula de control de primera etapa de descompresión, ocasionando fuga de gas natural a través de sellos o conexiones por alta presión en reguladores		C
				3.1.3 3.2.3 3.10.3	Falla de medidores de presión en etapa de descompresión, ocasionando posible sobrepresión del sistema ocasionando fuga de gas natural		C
				3.1.4 3.2.2 3.4.2 3.10.1 3.11.1 4.2.1 4.4.2	Falla en calibración / Set point incorrecto de válvulas en etapa de descompresión, ocasionando fuga de gas natural por sobrepresión del sistema		C

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
				4.9.3 5.9.3			
				3.2.1 3.10.2 4.2.3	Falla de válvulas en etapa de descompresión, ocasionando descarga de gas natural a presión inferior del set point ocasionando temperatura de operación por debajo de la intención de diseño. Fuga de gas natural por falla en materiales		C
				3.4.1	Desajuste/falla de válvula de control de flujo, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva		C
				3.5.1	Falla en válvula reguladora de flujo, ocasionando posible aumento de temperatura en gas natural. El sistema opera con menor flujo de GNC (<2,000 m^3/h).		D
				3.5.3 4.2.5 5.5.4	Válvulas manuales de venteo en etapa de descompresión abiertas por descuido operacional, ocasionando fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva		C
				3.5.4	Falla en acoplamiento/equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva		C
				3.7.1	Presión en descarga de PRS mayor a presión de entrada, ocasionando liberación de material en tuberías a la atmósfera		D

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
				3.8.1 4.7.1	Descarga de tanque contenedor antes de que el sistema de calentamiento se encuentre listo para operar, ocasionando temperatura de operación por debajo de la intención de diseño. Fuga de material por daño en resistencia mecánica de materiales		C
				4.1.1 4.2.2 4.4.1 4.8.3	Falla / desajuste en válvula de control de flujo hacia boiler, ocasionando Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de gas natural. Efecto en ciclo de refrigerante		D
				4.2.3 4.5.3 4.9.2 4.10.2 5.9.2 5.10.3	Falla de medidores de temperatura en línea de suministro de gas, ocasionando baja temperatura de operación en sistema HCM y PRS		D
				4.2.4 4.5.4 4.10.3 5.10.4	Falla de boiler, ocasionando fuga de gas natural que genera una atmósfera inflamable y/o explosiva		C
				4.3.1 4.5.2 4.9.1 4.10.1	Mayor/Menor presión de gas natural a boiler por falla / desajuste en válvulas reguladoras de flujo, ocasionando sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de GN a través de válvulas de venteo		C

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
				4.8.2 4.10.4	Válvula manual a entrada de línea de gas cerrada por descuido operacional, ocasionando refrigerante no es calentado de acuerdo a las especificaciones de diseño		D
				5.1.1 5.9.1 5.10.1	Mayor suministro de gas natural a boiler por falla en válvulas de control de gas hacia boiler, ocasionando sobrecalentamiento de GNC en sistema PRS por incremento en temperatura de refrigerante		C
				5.1.2	Bloqueo de tubería de circuito de refrigerante, ocasionando falla en el suministro de calor al sistema PRS. Operación bajo temperaturas criogénicas		C
				5.2.2 5.3.1 5.5.3 5.6.1 5.8.1	Falla de bomba, ocasionando falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas		D
				5.4.1	Falla en válvula para la compensación de refrigerante en HCM, ocasionando aumento de flujo en mezcla agua/glicol en circuito. Posible falla en calentamiento de refrigerante no alcanzando la temperatura de operación requerida		D
				5.4.2 5.5.2	Falla en medidor de flujo, ocasionando aumento de flujo en mezcla agua/glicol en circuito. Refrigerante no alcanza la temperatura de operación requerida		D

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
12	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Anclado de tanque contenedor que incluya la ocurrencia de condiciones ambientales desfavorables, tales como sismos, hundimientos de tierra, etc.; actividades autorizadas en el área durante su descarga	1	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.5.3	Ruptura de manguera o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor / golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo PRS		C
13	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: PLC, válvula solenoide y reguladora de flujo.	1 2	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.5.5.	Falla en válvula reguladora de flujo, ocasionando posible incremento de temperatura en primera etapa de descompresión.		D
				2.5.5	Falla en acoplamiento/equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de material a la atmósfera		D
14	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: válvulas de venteo.	1 2	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.6.2	Presión de descarga en tanque contenedor igual a presión en sistema PRS, ocasionando acumulación de gas natural en el sistema		C
				2.6.1 2.6.2	Válvula de descarga en tanque contenedor cerrada/Falla en válvula de control de flujo, ocasionando Acumulación de gas natural en el sistema. Posible fuga de gas natural		C
15	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: purga de sistema.	1	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento.	1.7.1 2.7.1	Flujo de nitrógeno entrando por válvula manual venteo, ocasionando operación normal en purga de tubería		D
16	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: Ventiladores, PLC y sistema de alarmas.	1	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.8.1 2.8.1	Descarga de tanque contenedor antes de que el sistema de calentamiento se active ocasionado por falla en sistema de control, ocasionando GNC alcanza temperaturas criogénicas en el sistema.		D

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
17	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Descarga de tanque contenedor. Operación bajo condiciones climáticas adversas.	1	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento.	1.10.1	Condiciones atmosféricas adversas que generan sobrecalentamiento de tanque contenedor, ocasionando sobrepresión en mangueras y conexiones de poste de descarga. Aumento de temperatura en primera etapa de descompresión		D
18	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: descarga de tanque contenedor y operación de PRS.	1	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento.	1.11.2	Tasa de descarga en PRS mayor a 2,000 m^3/h, ocasionando fuga de material por falla en integridad física de conexiones por operación a temperaturas criogénicas		C
19	Validar los procedimientos de pruebas no destructivas para equipos y tuberías para determinar la certeza sobre la integridad mecánica y protección catódica del mismo.	1	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	1.13.2	Incremento de la humedad relativa en el medio ambiente, ocasionando incremento en la corrosión galvánica externa e interna ocasionando agrietamiento con fractura causando posible fuga de gas natural a la atmósfera.		C
20	Realizar un análisis de integridad a equipos y accesorios antes de iniciar operaciones mediante organismos certificados.						
21	Seguimiento estricto a los programas de la capacitación técnica a los empleados de nuevo ingresos mediante la certificación de capacidades y habilidades.	1	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento.	1	Errores operativos en el cierre de válvulas al inicio y durante el proceso de descompresión, ocasionando daños a la operación por ineficiencias en el proceso de descompresión por Ineficiencia en descarga y demoras		C
22	Evaluar la efectividad de la barrera física perimetral existente para salvaguardar la integridad física de la instalación	1	XIV.1. Procedimientos de monitoreo de aspectos ambientales y riesgos	1.16.1	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, ocasionando Daño a las instalaciones que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión		C
23	Evaluar la protección de las instalaciones por empresas de seguridad privada o pública						

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
24	Seguimiento estricto a los programas de mantenimiento en el desazolve del drenaje pluvial predio a la temperada de lluvias	1	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	1.16.2.2	Inundación en el patio de descarga de los semirremolques de GNC y PSR, ocasionando Suspensión de suministro de gas natural a invernaderos de Veggie Prime		C
25	Ejecución oportuna del programa de mantenimiento preventivo filtro coalescente	2	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	2.3.4	Obstrucción en filtro coalescente antes de válvula reductora de presión, ocasionando sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones		C
26	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento a intercambiadores de calor	2	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	2.11.3	Pérdida de transferencia de calor por fouling en intercambiadores de calor, ocasionando temperatura fuera de intención de diseño causando fuga de gas natural		C
27	Instalación de ánodos de sacrificio y tierra física	2	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos	2.11.3	Pérdida de transferencia de calor por fouling en intercambiadores de calor, ocasionando temperatura fuera de intención de diseño causando fuga de gas natural		C
			XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	2.11.4	Falla en la integridad física de uno de los intercambiadores de calor por corrosión, ocasionando disminución de temperatura en el sistema que causa congelamiento y fractura del sistema con fuga de material a través de conexiones/sellos		C
28	Instalación de medidor de flujo en entrada y salida de PRS	3		3.4.1	Desajuste/falla de válvula de control de flujo, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar		C

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
			XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.		integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva		
				3.5.1	Falla en válvula reguladora de flujo, ocasionando posible aumento de temperatura en gas natural. El sistema opera con menor flujo de GNC (<2,000 m^3/h).		D

Tabla 75. Programa para la implementación de las recomendaciones,

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
1	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos	1.1.1 2.1.2 2.10.1 3.8.1 4.7.1	Tanques contenedores operando a mayor presión (falla humana al sobrecargar contenedores), ocasionando Fuga de Gas Natural a través de sellos y conexiones	Representante legal del proyecto Gerente del proyecto	D	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)
		1.1.2 3.5.1	Falla en cierre de válvulas de control de flujo (normalmente cerrada) por falta de mantenimiento, ocasionando Fuga de Gas Natural a través de sellos y conexiones		D	
		1.4.1 2.1.1 3.4.1 4.10.1	Desajuste / falla de válvula de control de flujo, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.		C	
		2.1.3 2.10.2 2.10.4	Sobrecalentamiento de GNC en intercambiadores de calor, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio/atmósfera explosiva		C	
		2.2.1	Falla eléctrica /Desajuste de la válvula de recepción de sistema PRS, ocasionando posible aumento de temperatura a la salida de		D	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
			intercambiadores de calor por falla en respuesta de HCM. Un aumento excesivo de temperatura podría ocasionar sobrepresión y fuga de GN			
		2.5.2 3.2.4 3.5.2 4.2.1 4.5.1 5.2.1 5.5.1 5.10.2 6.1.2 6.5.1	Falla en conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras, ocasionando fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión		C D	
		2.11.2	Menor flujo / temperatura de refrigerante proveniente de HCM por falla en medidores de temperatura en primera etapa de descompresión, ocasionando Disminución de temperatura en el sistema fuera de rangos de diseño. Posible daño a resistencia de material de intercambiadores de calor.		C	
		3.1.1 3.2.1 3.10.2	Falla en válvula de control de primera etapa de descompresión, ocasionando Fuga de gas natural		C	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
		3.11.2 3.11.3 4.8.3	a través de sellos o conexiones por alta presión en reguladores.			
		3.1.4. 3.2.2 3.10.1 3.11.1 4.9.3 5.9.3	Falla en calibración / Set point incorrecto de válvulas en etapa de descompresión, ocasionando Fuga de gas natural por sobrepresión del sistema		**C**	
		3.2.3 3.10.3	Falla de medidores de presión, ocasionando Posible operación por debajo de temperatura de diseño. Fuga de gas natural por falla en materiales.		D	
		3.5.3	Válvulas manuales de venteo en etapa de descompresión abiertas por descuido operacional, ocasionando Fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva		**C**	
		3.5.4	Falla en acoplamiento/equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva		**C**	
		3.7.1 5.9.5	Presión en descarga de PRS mayor a presión de entrada, ocasionando liberación de material en tuberías a la atmósfera.		C	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
		3.10.4 3.11.4 5.9.2 5.10.3	Falla en medidores de temperatura en etapa de descompresión, ocasionando posible sobrepresión del sistema causando fuga de gas natural		C	
		4.1.1 4.9.1 5.4.2	Falla / desajuste en válvula de control de flujo hacia boiler, ocasionando sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de gas natural		D	
		4.2.5 4.5.5 4.8.2 4.10.5	Válvula manual de venteo en línea abierta por descuido operacional, ocasionando Fuga de gas natural generando una atmósfera explosiva / inflamable.		C	
		4.3.1 4.6.1 5.6.2	Válvula manual cerrada por descuido operacional, ocasionando Falla en el calentamiento de refrigerante. Posible operación a temperaturas criogénicas ante falla de PLC		D	
		4.10.3 5.10.4	Falla de boiler, ocasionando Fuga de gas natural que genera una atmósfera inflamable y/o explosiva		C	
		5.1.1 5.9.1	Mayor suministro de gas natural a boiler por falla en válvulas de control de gas hacia boiler, ocasionando Sobrecalentamiento de GNC en sistema PRS por incremento en temperatura de refrigerante		C	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
		5.1.2	Bloqueo de tubería de circuito de refrigerante, ocasionando falla en el suministro de calor al sistema PRS. Operación bajo temperaturas criogénicas		C	
		5.3.1 5.5.3 5.6.1 5.8.1	Falla de bomba ocasionando falla en el suministro de calor al sistema PRS. Operación bajo temperaturas criogénicas		C	
		5.4.1 5.5.2	Falla en válvula para la compensación de refrigerante en HCM, ocasionando Aumento de flujo en mezcla agua/glicol en circuito. Posible falla en calentamiento de refrigerante no alcanzando la temperatura de operación requerida		D	
		6.1.1 6.7.1	Aumento de la temperatura del gas natural, debido a agentes externos, tales como un incendio, provocando alta presión, ocasionando Sobrecalentamiento de la tubería ocasionando una sobre presión que puede ocasionar ruptura y fuga de gas natural		D	
		6.4.1	Falla del regulador ocasionando aumento de flujo en tubería ocasionando sobre presión y posibilidad de fuga de gas natural en conexiones, bridas y sellos		D	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
		6.5.2	Falla en medidor de flujo / válvula de alimentación ocasionando Falla en el suministro de gas natural a los equipos de la empresa Veggie Prime.		D	
2	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo	1.1.1	Tanques contenedores operando a mayor presión (falla humana al sobrecargar contenedores), ocasionando Fuga de Gas Natural a través de sellos y conexiones		D	Se realizará cada año, una vez iniciada la etapa de operación (2022)
		1.1.2	Falla en cierre de válvulas de control de flujo (normalmente cerrada) por falta de mantenimiento, ocasionando Fuga de Gas Natural a través de sellos y conexiones		D	
3	Revisión de válvulas manuales en posición correcta	1.2.1 1.5.1 2.5.1	Válvula manual para venteo abierta por descuido operacional, ocasionando Fuga de gas natural con riesgo de nube inflamable y posible incendio y/o explosión		C	Se realizará cada año, una vez iniciada la etapa de operación (2022)
4	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control: Mangueras, conexiones y válvulas	1.2.2	Fuga a través de conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras, ocasionando Fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo		C	Se realizará cada año, una vez iniciada la etapa de operación (2022)
5	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Anclado de tanque contenedor ocurrencia que incluya	1.3.3 2.3.1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo		C	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
	la de condiciones ambientales desfavorables, y actividades autorizadas en el área durante su descarga.					
6	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: Mangueras, conexiones, alarmas y paro de emergencia					
7	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: descarga de tanques contenedores	1.2.4 2.3.1 2.5.3	Presión de tanque contenedor por debajo de rango operativo en descarga / falla en apertura de válvula de tanque contenedor		D	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)
		2.6.1 2.6.2	Válvula de descarga en tanque contenedor cerrada/Falla en válvula de control de flujo, ocasionando Acumulación de gas natural en el sistema. Posible fuga de gas natural		C	
		2.9.1	Demora en la descarga de tanque contenedor		D	
8	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Instalación y operación de equipo.	1.2.4	Presión de tanque contenedor por debajo de rango operativo en descarga / falla en apertura de válvula de tanque contenedor		D	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)
		2.3.2	Falla en acoplamiento / equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de gas natural al ambiente		C	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
		2.5.4	Taponamiento de filtro coalescente por falta de mantenimiento, ocasionando posible incremento de presión.		D	
9	Uso de material no tóxico e inflamable compatible con material del equipo en test.	1.2.5	Falla en acoplamiento / equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de material a la atmósfera		C	
10	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Purga de tubería.	1.2.6	Válvula manual (parcialmente) abierta en purga de tubería con nitrógeno		D	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)
		2.3.3	Desajuste / falla de válvula de control de flujo a entrada de PRS por falta de mantenimiento, ocasionando		D	
		2.4.2	Regulador de flujo en set point incorrecto durante purga de tuberías con nitrógeno			
11	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control: Mangueras, conexiones y Válvulas.	1.5.2 2.1.1 2.2.1 2.2.2 2.11.1 3.1.2 3.2.4 3.5.2 4.2.1 4.5.1	Falla en conexiones, sellos, bridas, válvulas o mangueras, ocasionando fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión		D	Se realizará cada año, una vez iniciada la etapa de operación (2022)

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
		5.2.1 5.5.1 5.10.2 6.2.1				
		2.10.2 2.10.3 2.10.4	Mayor flujo/temperatura de refrigerante proveniente del HCM, ocasionando sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones		C	
		2.11.2 3.10.4 3.11.4	Menor flujo / temperatura de refrigerante proveniente de HCM por falla en medidores de temperatura en primera etapa de descompresión, ocasionando disminución de temperatura en el sistema fuera de rangos de diseño. Posible daño a resistencia de material de intercambiadores de calor		C	
		3.1.1	Falla en válvula de control de primera etapa de descompresión, ocasionando fuga de gas natural a través de sellos o conexiones por alta presión en reguladores		C	
		3.1.3 3.2.3 3.10.3	Falla de medidores de presión en etapa de descompresión, ocasionando posible sobrepresión del sistema ocasionando fuga de gas natural		C	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
		3.1.4 3.2.2 3.4.2 3.10.1 3.11.1 4.2.1 4.4.2 4.9.3 5.9.3	Falla en calibración / Set point incorrecto de válvulas en etapa de descompresión, ocasionando fuga de gas natural por sobrepresión del sistema		C	
		3.2.1 3.10.2 4.2.3	Falla de válvulas en etapa de descompresión, ocasionando descarga de gas natural a presión inferior del set point ocasionando temperatura de operación por debajo de la intención de diseño. Fuga de gas natural por falla en materiales		C	
		3.4.1	Desajuste/falla de válvula de control de flujo, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva		C	
		3.5.1	Falla en válvula reguladora de flujo, ocasionando posible aumento de temperatura en gas natural. El sistema opera con menor flujo de GNC (<2,000 m^3/h).		D	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
		3.5.3 4.2.5 5.5.4	Válvulas manuales de venteo en etapa de descompresión abiertas por descuido operacional, ocasionando fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva		C	
		3.5.4	Falla en acoplamiento/equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de gas natural que puede ocasionar una atmósfera inflamable y/o explosiva		C	
		3.7.1	Presión en descarga de PRS mayor a presión de entrada, ocasionando liberación de material en tuberías a la atmósfera		D	
		3.8.1 4.7.1	Descarga de tanque contenedor antes de que el sistema de calentamiento se encuentre listo para operar, ocasionando temperatura de operación por debajo de la intención de diseño. Fuga de material por daño en resistencia mecánica de materiales		C	
		4.1.1 4.2.2 4.4.1 4.8.3	Falla / desajuste en válvula de control de flujo hacia boiler, ocasionando Sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de gas natural. Efecto en ciclo de refrigerante		D	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
		4.2.3 4.5.3 4.9.2 4.10.2 5.9.2 5.10.3	Falla de medidores de temperatura en línea de suministro de gas, ocasionando baja temperatura de operación en sistema HCM y PRS		D	
		4.2.4 4.5.4 4.10.3 5.10.4	Falla de boiler, ocasionando fuga de gas natural que genera una atmósfera inflamable y/o explosiva		C	
		4.3.1 4.5.2 4.9.1 4.10.1	Mayor/Menor presión de gas natural a boiler por falla / desajuste en válvulas reguladoras de flujo, ocasionando sobrecalentamiento de mezcla agua/glicol con posible sobrepresión del sistema PRM causando fuga de GN a través de válvulas de venteo		C	
		4.8.2 4.10.4	Válvula manual a entrada de línea de gas cerrada por descuido operacional, ocasionando refrigerante no es calentado de acuerdo a las especificaciones de diseño		D	
		5.1.1 5.9.1 5.10.1	Mayor suministro de gas natural a boiler por falla en válvulas de control de gas hacia boiler, ocasionando sobrecalentamiento de GNC en		C	

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
			sistema PRS por incremento en temperatura de refrigerante			
		5.1.2	Bloqueo de tubería de circuito de refrigerante, ocasionando falla en el suministro de calor al sistema PRS. Operación bajo temperaturas criogénicas		C	
		5.2.2 5.3.1 5.5.3 5.6.1 5.8.1	Falla de bomba, ocasionando falla en el calentamiento de GNC ocasionando operación a temperaturas criogénicas		D	
		5.4.1	Falla en válvula para la compensación de refrigerante en HCM, ocasionando aumento de flujo en mezcla agua/glicol en circuito. Posible falla en calentamiento de refrigerante no alcanzando la temperatura de operación requerida		D	
		5.4.2 5.5.2	Falla en medidor de flujo, ocasionando aumento de flujo en mezcla agua/glicol en circuito. Refrigerante no alcanza la temperatura de operación requerida		D	
12	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Anclado de tanque contenedor que incluya la	1.5.3	Ruptura de manguera o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor / golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural con		C	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
	ocurrencia de condiciones ambientales desfavorables, tales como sismos, hundimientos de tierra, etc.; actividades autorizadas en el área durante su descarga		riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo PRS 2000			
13	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: PLC, válvula solenoide y reguladora de flujo.	1.5.5.	Falla en válvula reguladora de flujo, ocasionando posible incremento de temperatura en primera etapa de descompresión.		D	Se realizará cada año, una vez iniciada la etapa de operación (2022)
		2.5.5	Falla en acoplamiento/equipo al inicio de operaciones, ocasionando fuga de material a la atmósfera		D	
14	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: válvulas de venteo.	1.6.2	Presión de descarga en tanque contenedor igual a presión en sistema PRS, ocasionando acumulación de gas natural en el sistema		C	Se realizará cada año, una vez iniciada la etapa de operación (2022)
		2.6.1 2.6.2	Válvula de descarga en tanque contenedor cerrada/Falla en válvula de control de flujo, ocasionando Acumulación de gas natural en el sistema. Posible fuga de gas natural		C	
15	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: purga de sistema.	1.7.1 2.7.1	Flujo de nitrógeno entrando por válvula manual venteo, ocasionando operación normal en purga de tubería		D	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
16	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos de control y seguridad: Ventiladores, PLC y sistema de alarmas.	1.8.1 2.8.1	Descarga de tanque contenedor antes de que el sistema de calentamiento se active ocasionado por falla en sistema de control, ocasionando GNC alcanza temperaturas criogénicas en el sistema.		D	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)
17	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: Descarga de tanque contenedor. Operación bajo condiciones climáticas adversas.	1.10.1	Condiciones atmosféricas adversas que generan sobrecalentamiento de tanque contenedor, ocasionando sobrepresión en mangueras y conexiones de poste de descarga. Aumento de temperatura en primera etapa de descompresión		D	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)
18	Seguimiento estricto a los programas de capacitación y difusión de los procedimientos operativos: descarga de tanque contenedor y operación de PRS.	1.11.2	Tasa de descarga en PRS mayor a 2,000 m^3/h, ocasionando fuga de material por falla en integridad física de conexiones por operación a temperaturas criogénicas		C	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)
19	Validar los procedimientos de pruebas no destructivas para equipos y tuberías para determinar la certeza sobre la integridad mecánica y protección catódica del mismo.	1.13.2	Incremento de la humedad relativa en el medio ambiente, ocasionando incremento en la corrosión galvánica externa e interna ocasionando agrietamiento con fractura causando posible fuga de gas natural a la atmósfera.		C	Se realizará en la etapa de pruepas pre-operativas (2022)
20	Realizar un análisis de integridad a equipos y accesorios antes de iniciar operaciones mediante organismos certificados.					

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
21	Seguimiento estricto a los programas de la capacitación técnica a los empleados de nuevo ingresos mediante la certificación de capacidades y habilidades.	1	Errores operativos en el cierre de válvulas al inicio y durante el proceso de descompresión, ocasionando daños a la operación por ineficiencias en el proceso de descompresión por Ineficiencia en descarga y demoras		C	Se realizará en la etapa preoperativa (2022)
22	Evaluar la efectividad de la barrera física perimetral existente para salvaguardar la integridad física de la instalación	1.16.1	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, ocasionando Daño a las instalaciones que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión		C	Se realizará en la etapa de construcción
23	Evaluar la protección de las instalaciones por empresas de seguridad privada o pública					
24	Seguimiento estricto a los programas de mantenimiento en el desazolve del drenaje pluvial predio a la temporada de lluvias	1.16.2.2	Inundación en el patio de descarga de los semirremolques de GNC y PSR, ocasionando Suspensión de suministro de gas natural a al invernadero Veggie Prime.		C	Se realizará cada año, una vez iniciada la etapa de operación (2022)
25	Ejecución oportuna del programa de mantenimiento preventivo filtro coalescente	2.3.4	Obstrucción en filtro coalescente antes de válvula reductora de presión, ocasionando sobrepresión del sistema e incremento de temperatura a la salida de intercambiadores de calor causando posible fuga a través de sellos, bridas o conexiones		C	Se realizará cada año, una vez iniciada la etapa de operación (2022)
26	Ejecución oportuna de los programas de mantenimiento a intercambiadores de calor	2.11.3	Pérdida de transferencia de calor por fouling en intercambiadores de calor, ocasionando		C	Se realizará cada año, una vez iniciada la etapa de operación (2022)

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
			temperatura fuera de intención de diseño causando fuga de gas natural			
27	Instalación de ánodos de sacrificio y tierra física	2.11.3	Pérdida de transferencia de calor por fouling en intercambiadores de calor, ocasionando temperatura fuera de intención de diseño causando fuga de gas natural		C	Se realizará en la etapa de construcción
		2.11.4	Falla en la integridad física de uno de los intercambiadores de calor por corrosión, ocasionando disminución de temperatura en el sistema que causa congelamiento y fractura del sistema con fuga de material a través de conexiones/sellos		C	
28	Instalación de medidor de flujo en entrada y salida de PRS	3.4.1	Desajuste/falla de válvula de control de flujo, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva		C	Se realizará en la etapa de construcción
		3.5.1	Falla en válvula reguladora de flujo, ocasionando posible aumento de temperatura en gas natural. El sistema opera con menor flujo de GNC (<2,000 m^3/h).		D	

V. Conclusiones.

- El resultado del riesgo identificados en el análisis cuantitativo ninguno resulta en la zona de riesgo no tolerable Tipo A y en la zona de riesgo indeseable (Tipo B), 75 resultan en la zona de riesgo aceptable con controles (ALARP) (Tipo C) y 83 resultan en la Zona de riesgo tolerable (Tipo D).
- Los 6 nodos analizados en el análisis de riesgo que le corresponden al **proyecto,** de los resultados obtenidos los escenarios de máximos peligros y riesgo con potencial riesgo de incendio o explosión, de los cuales todos se encuentra en la zona de riesgo aceptable con controles (ALARP) (Tipo C), los cuales son:

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Tipo	Referencia de origen
1	VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	12	**C (ALARP)**	Caso más probable	Presión: Nodo 1 Desviación 1.2 Flujo: Nodo 1 Desviación 1.5
2	VEGGIE_VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar una fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	12	**C (ALARP)**	Caso alterno	Sin seguridad y vigilancia: Nodo 1 Desviación 1.16
3	VEGGIE_VPM_3	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	12	**C (ALARP)**	Caso más probable	Presión: Nodo 6 Desviación 6.2
4	VEGGIE_VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de	12	**C (ALARP)**	Peor caso (catastrófico)	Flujo: Nodo 3 Desviación 3.4

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Tipo	Referencia de origen
		conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva				

- De acuerdo al análisis de frecuencias, sus probabilidades de fallo en los equipos y elementos analizados, cuyos resultados se muestran a continuación:
    - **VEGGIE_VPM_1**. Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo. Tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.11764, es decir, 11.76% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga se dará en 1,176 ocasiones, **categorizado como poco frecuente.**
    - **VEGGIE_VPM_2.** Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión. Tiene una tasa de falla f(É) de 0.00645053, es decir, 0.645% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga se dará en 64 ocasiones, **categorizado como muy raro.**
    - **VEGGIE_VPM_3.** Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión. Tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.0463497, es decir, un 4.63% de probablidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 100,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga se dará en 463 ocasiones, **categorizado como raro.**
    - **VEGGIE_VPM_4.** Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva. Tiene una tasa de falla (Fé) DE 0.1714517, es decir, 17.14% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 100,000 siuaciones en que se

presenta el evento, la fuga se dará en 1,714 ocaciones, **categorizado como poco frecuente.**

- De las modelaciones realizadas para las hipótesis planteados se tienen los siguientes eventos:
    - **Dardo de fuego (Jet fire).** El evento de Jet Fire se puede definir como una llama estacionaria de difusión de gran longitud y poca anchura, como la producida por un soplete de oxi-acetileno. Generalmente este evento ocurre cuando un material inflamable ha sido liberado a alta presión y se incendia a una distancia del punto de la descarga. La nube formada produce el incendio (Jet Fire) en cualquier momento, siempre y cuando esté por encima de su límite inferior de inflamabilidad y por debajo del superior, esta zona de la nube es la que se considera para determinar los efectos de radiación térmica.
    - **Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y confinada (VCE).** La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.
    - **Flamazo (Flash Fire).** Para éste caso consideramos la dispersión de una nube de gas a baja presión en la que los efectos por presión son despreciables, quedando solamente por considerar los correspondientes a la radiación térmica. La zona de alcance (por lo general la región del espacio correspondiente al límite inferior de inflamabilidad), limitándose la consideración de los efectos térmicos al interior de dicha zona.
- La selección de escenarios para la evaluación de consecuencias proviene de las mismas hipótesis generadas para el desarrollo de la metodología de árbol de fallas, de tal manera que se tengan las consecuencias y la probabilidad de cada hipótesis seleccionada, de las hipótesis planteadas la modelación se realizará para cada tipo de sustancia de los petrolíferos manejados (gas natural) en cada uno de los escenarios obtenidos, tal y como se muestran.

No.	Clave del escenario	Descripción del evento	No. Nodo	Escenario	Presión (kg/cm^2)	Distancia del ducto (m)/ diámetro (metros)	Flujo (m^3/h) / Volumen (m^3)	Temperatura (ºC)	Tipo
1	VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	1	Presión 1.2 y Flujo 1.5	253.10	3 (0.038 Ø)	2,000 m^3/h	Ambiente	Caso más probable
2	VEGGIE _VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión	1	Sin seguridad y vigilancia 1.16	253.10	3 (0.038 Ø)	9,000 m^3	Ambiente	Caso alterno
3	VEGGIE _VPM_3	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva	6	Presión 6.2	4.14	6 (0. 1016 Ø) 324 (0.076 Ø)	1,050 m^3/h 447 m^3/h 418 m^3/h	Ambiente	Caso más probable

No.	Clave del escenario	Descripción del evento	No. Nodo	Escenario	Presión (kg/cm^2)	Distancia del ducto (m)/ diámetro (metros)	Flujo (m^3/h) / Volumen (m^3)	Temperatura (ºC)	Tipo
		con posibilidad de incendio y explosión.				45 (0. 1016 Ø)			
4	VEGGIE _VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	3	Flujo 3.4	12.30	10 (0.076 Ø)	2,000 m^3/h	Ambiente	Peor caso (catastrófico)

Los radios de afectación obtenidos para estas hipótesis de las fugas de gas natural con posible connotación de incendio o explosión se muestran a continuación.

Descripción	Tipo de caso	Radiación térmica (jet fire)			Radiación térmica (flash fire)			Sobrepresión (explosión)		
		ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
		12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
VEGGIE_VPM_1. Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5" Ø con un flujo de 2,000 m3/h y una presión de 253.10 kg/cm2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo.	Caso Más Probable	79.09	122.70	225.69	102.40	103.46	1,438.78	108.52	505.55	847.32
VEGGIE _VPM_2. Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de 9,000 m3 a una presión de 253.10 kg/cm2 que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	Caso Alterno	79.09	122.70	225.69	71.12	85.83	233.89	63.46	295.65	495.52
VEGGIE _VPM_3_1_100%. Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 1,050 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	Peor caso (Fuga al 100%)	202.69	314.46	578.44	313.34	339.60	688.96	209.05	973.88	1,632.26
VEGGIE _VPM_3_1_20%. Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 1,050 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas	Caso Más Probable (Fuga al 20%)	43.45	67.41	123.99	90.27	107.94	280.23	71.49	333.06	558.23

Descripción	Tipo de caso	Radiación térmica (jet fire)			Radiación térmica (flash fire)			Sobrepresión (explosión)		
		ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
		12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión										
VEGGIE _VPM_3_2_100%. Ruptura total de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 447 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	Peor caso (Fuga al 100%)	153.52	238.18	438.13	253.23	275.05	587.95	172.27	802.51	1,345.04
VEGGIE _VPM_3_2_20%. Ruptura parcial de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 447 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	Caso Más Probable (Fuga al 20%)	32.49	50.41	92.72	66.37	80.16	214.74	58.40	272.04	455.95
VEGGIE _VPM_3_3_100%. Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 418 m3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	Peor caso (Fuga al 100%)	202.69	314.46	578.44	313.34	339.60	688.96	209.05	973.88	1,632.26

Descripción	Tipo de caso	Radiación térmica (jet fire)			Radiación térmica (flash fire)			Sobrepresión (explosión)		
		ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
		12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
VEGGIE _VPM_3_3_20%. Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 418 m3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	Caso Más Probable (Fuga al 20%)	43.45	67.41	123.99	90.27	107.94	280.23	71.49	333.06	558.23
VEGGIE_VPM_4. Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3" Ø con un flujo de 2,000 m3/h y una presión de 12.30 kg/cm2, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva	Peor caso	153.52	238.18	438.13	253.23	275.05	587.95	172.27	802.51	1,345.04

- Las interacciones de riesgos presentes en los radios de afectación se señalan a continuación.
    - Radiación Térmica umbrales establecidos (**ZA:**1.4 KW/m^2, **ZAR**: 5 KW/m^2, **ZDE:** 12.5 KW/m^2)
    - **Personal**
        - Trabajadores del proyecto de descompresión de GNC, personas que se encuentren laborando dentro del invernadero Veggie Prime y, por último las personas en tránsito o en actividades dentro del área, como contratistas o prestadores de servicio.
        - **ZAR.** Molestias por exposición aguda al personal de trabajo de la estación de descompresión de GNC y personas que se encuentren en el radio de afectación, con los siguientes efectos adversos en 40 segundos, causando quemaduras de segundo y tercer grado si no cuenta con equipo de protección contra fuego.
        - **ZA.** Molestias por exposición crónica al personal de trabajo de la estación de descompresión de GNC y personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos presentando severo dolor de cabeza por inhalación. Máximo soportable
        - **ZDE.** En este radio de afectación se tiene 1% de mortalidad del personal presente en 1 minuto y lesiones significativas en 10 segundos.
    - **Población**
        - Población cercana a los radios de afectación, aún y cuando es un área rural con bajo nivel de población, donde existen receptores, tales como la gente que trabaje en las instalaciones del invernadero Veggie Prime y los habitantes de las localidades cercanas.
        - **ZA.** Molestias exposición aguda a las personas que se encuentren en el radio de afectación en 40 segundos, causando quemaduras de segundo y tercer grado si no cuenta con equipo de protección contra fuego. Asimismo, por el efecto de sobrepresión existen daños a las estructuras de sus casas.

- **ZAR.** Molestias exposición crónica a las personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos presentando severo dolor. Aquí existen efectos negativos por sobre presión.
- **ZDE.** En este radio de afectación se tiene 1% de mortalidad del personal presente en 1 minuto y lesiones significativas en 10 segundos.

- **Impacto ambiental**
  - **ZAR.** En esta área la afectación al medio ambiente está definido por la emisión de GN a la atmósfera que pueden dispersarse originando una nube tóxica afectando a la vida silvestre principalmente a las aves y mamíferos terrestres principalmente.

    Por otro lado, se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se pudiera originar.
  - **ZA Y ZDE.** Aún y cuando existe vegetación escasa y dispersa, existen daños parciales a la vegetación típica de agricultura presente en el área, por efecto de radiación térmica mediante la posibilidad de un conato de incendio por la posible larga exposición. Cabe mencionar que no se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010.**
- **Instalación / Equipos**
  - **ZAR.** Daños a la infraestructura de la estación de descompresión de GNC, dentro de los equipos y dispositivos en primera instancia por la exposición a la radiación térmica por el incendio que se pudiera presentar.
  - **ZA.** Para esta área, no se prevén daños a la infraestructura presente, al menos por la radiación térmica ocasionada por un incendio.
  - **ZDE.** En este radio de afectación las estructuras de acero delgado pueden perder su integridad mecánica, lo que ocasionaría incendio en madera, por la larga exposición sin llama.

- Sobrepresión (explosión) umbrales establecidos (**ZA:**0.5 psi, **ZAR**: 1 psi, **ZDE:** 10 psi)
- **Personal**
  - **ZDE.** En un epicentro de la explosión (zona de muerte), la mayoría de personas han muerto o están heridas de muerte.
  - **ZAR.** En el perímetro secundario (zona de crítica de víctimas), hay más supervivientes, pero muchos de ellos probablemente tienen heridas múltiples.
  - **ZA.** En la periferia de la explosión (zona en la que hay heridos, pero pueden caminar por sí solos), la mayoría de las víctimas tienen heridas que no son potencialmente mortales y trauma psicológico.
- **Población**
  - **ZDE.** En un epicentro de la explosión (zona de muerte), la mayoría de personas han muerto o están heridas de muerte.
  - **ZAR.** En el perímetro secundario (zona de crítica de víctimas), hay más supervivientes, pero muchos de ellos probablemente tienen heridas múltiples.
  - **ZA.** En la periferia de la explosión (zona en la que hay heridos, pero pueden caminar por sí solos), la mayoría de las víctimas tienen heridas que no son potencialmente mortales y trauma psicológico
- **Impacto Ambiental**
  - **ZDE** y **ZAR.** Potencialmente existirá daños a la fauna presente, debido a la onda de sobrepresión que se derive del evento, causando mortandad en algunas especies de aves, mamíferos terrestres y reptiles

    Cabe mencionar que no se identificaron especies de fauna listadas en algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
  - **ZA.** En esta área de afectación ocasionaría lesiones algunas especies presentes, donde las de mayor abundancia son las aves y algunos mamíferos y algunos reptiles.

- **Instalación / Equipos**
  - **ZAR.** En cuanto a las infraestructuras de los invernaderos o estructuras cercanas en el radio habría colapsos de techos, instrumentaciones dañadas y grietas en ladrillos.
  - **ZA.** Los daños ocasionados en la infraestructura sería vidrios y sensores rotos y colapsos de rejillas.
  - **ZDE.** En este radio de afectación, los daños estimados en cuanto a la infraestructura es daño a los equipos de los PSR y a los cilindros contenedores de GNC de los semirremolques.

    Así como daños de colapso a las infraestructuras de los invernaderos de Veggie Prime con fisuras en los ladrillos de las paredes.

- Para administrar y reducir los riesgos lo más bajo posible se cuentan con accesorios, dispositivos y sistemas instrumentados, agrupados en cuatro capas de protección, tales como:
  - La primera capa corresponde al diseño del sistema PRS. El diseño del sistema y selección de materiales cumple con la normatividad mexicana aplicable:
    - NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural
    - NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones para el aprovechamiento de gas natural
    - NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos
    - NOM-007-SECRE-2010, Transporte de gas natural
    - NOM-011-SECRE-2000, Gas Natural para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares.
    - NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo
    - NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

- NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas-Funcionamiento-Condiciones de seguridad
- NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (Utilización)
- NOM-022-SCFI-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad
- NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades y medidas.

- La segunda capa corresponde a los dispositivos de seguridad del módulo de los PRS reduce de forma segura la presión del gas mediante la adición de la cantidad apropiada de calor para contrarrestar la reducción de la temperatura debido a la despresurización. La línea de entrada a la PRM está conectada a un almacenamiento fijo o móvil, o a una tubería. El gas que fluye hacia el PRM pasa a través de un mecanismo de seguridad, válvula de entrada normalmente cerrada.
  - La válvula aísla el PRM del suministro de gas cuando el PRM se apaga, o si se inicia una secuencia de apagado de emergencia. Las partículas pequeñas se eliminan del gas de suministro por un filtro de entrada, situado antes del intercambiador de calor. El gas fluye a través de un intercambiador de calor de tubo y coraza. Los tubos de gas se mantienen calentados por una corriente de fluido caliente (agua / glicol) que se bombea a través de la coraza por el HCM, ya que el gas entra en la primera etapa de regulación de presión (despresurización). Otras etapas de regulación se emplean para alcanzar la presión de salida final.
  - Los manómetros se proporcionan en todo el sistema para el monitoreo de presiones de gas, y para el establecimiento de los reguladores. El suministro de gas de la caldera se toma de la línea principal después del intercambiador de calor. El gas regulado a 1.4 bar (20 Psi) a través de un regulador independiente, o puede ser tomada de un punto de la estación de regulación final aguas abajo, antes del medidor.
  - Todas las tuberías de presión que incluyen filtros, intercambiadores de calor, reguladores, etc., están protegidos de un exceso de presión mediante válvulas de seguridad, o principales reguladores duales. Todas las válvulas

de alivio se ventilan a la atmósfera a través de una tubería de descarga común a lugar seguro.

- El tubo de descarga sirve como un colector para ventilar gas procedente de descarga de la válvula de alivio, así como para válvulas de drenaje manuales. Todas las tuberías y los tubos están fabricados de acuerdo a la normatividad aplicable y se unieron mediante conexiones roscadas y soldadas, o el uso de accesorios de compresión de tubo.

- La tercera capa corresponde a alarmas y procedimientos, cuando cualquiera de los sensores del sistema PRS presenta una condición de fallo, el PRS se apaga. Un indicador de alarma rojo se enciende en el panel de control y en el patín PRS. Después de que el PLC registra una alarma, el PRS no puede funcionar hasta que la condición de fallo se ha corregido, y el panel de control del PRS se ha restablecido. Incluso si la condición de alarma se desconecta sola, el indicador permanece iluminado hasta que el panel de control se pone a cero de forma manual. Las alarmas de baja temperatura de gas son ignoradas durante el modo de calentamiento. Esto permite que el tiempo de la caldera para elevar la temperatura del agua por encima del valor de alarma lo que la operación pueda reanudar. A continuación se enlistan las alarmas del sistema:

  - Error interno en PLC
  - Transmisor de presión fuera de rango o falla en señal
  - Transmisor de temperatura a salida de intercambiadores fuera de rango o falla en señal
  - Temperatura de descarga de gas natural menor a temperatura mínima (-5°C 5 min, -15°C 20 sec)
  - Temperatura de gas natural a salida de intercambiadores menor a temperatura mínima (15°C 5 min, 0°C 20 sec)
  - Presión de salida superior a set point (170 Psi)
  - Presión de entrada por encima de set point (3750 Psi)
  - Transmisores no escalados
  - Se pulsa el botón de paro de emergencia

- Adicionalmente, el sistema PRS cuenta con advertencias que permiten evitar la ocurrencia de eventos fuera de la condición normal de operación. Las advertencias no realizan el paro total del equipo, aunque pueden detener el funcionamiento de secciones específicas. Las advertencias del sistema se generan por:
  - Error matemático PLC
  - Corriente eléctrica elevada en motor en bomba
  - Bajo o ningún flujo de agua
  - Baja temperatura de gas
  - Alta temperatura de gas
- Una capa adicional de protección que es primordial para la salvaguarda de las instalaciones y entorno, es la correcta capacitación del personal tanto en la operación normal del equipo como en el combate a emergencias. Es esencial que el personal siga los procedimientos contenidos en el manual de operación, que incluye:
  - Pre-Inicio de operaciones
  - Purga de tubería
  - Operación normal
  - Alarmas y PLC
  - Combate de incendios
  - Eliminación de fuego
- Asimismo, es primordial que personal capacitado realice el mantenimiento de equipos de acuerdo al programa de mantenimiento disponible, en el cual se incluyen:
  - Mangueras
  - Indicadores de presión y temperatura
  - Válvulas de seguridad
  - Filtro coalescente
  - Intercambiadores de calor

- Ventilación de cabecera
- Caudal bajo interruptor de corte
- Colador
- Bomba

- La cuarta capa de protección corresponde al Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS), como medidas adicionales de seguridad, el sistema PRS 2000 - 4,000 Psi cuenta con:
  - Válvulas de seguridad y válvulas manuales de venteo en cada subsección del equipo
  - Paro de emergencia manual
- Todas las tuberías de presión que incluyen filtros, intercambiadores de calor, reguladores, etc., están protegidos de un exceso de presión mediante válvulas de seguridad, o principales reguladores duales. Todas las válvulas de alivio se ventilan a la atmósfera a través de una tubería de descarga común a lugar seguro. El tubo de descarga sirve como un colector para ventilar gas procedente de descarga de la válvula de alivio, así como para válvulas de drenaje manuales. Todas las tuberías y los tubos están fabricados de acuerdo a la normatividad aplicable y se unieron mediante conexiones roscadas y soldadas, o el uso de accesorios de compresión de tubo.
- Todos los módulos de PRS tienen un sistema ESD (Emergency Shut Down). Este sistema se apaga de forma segura hacia abajo y aísla el PRS desde el suministro de gas. Interruptores Online / Offline se encuentran en el panel de HCM, y en el panel de control. Ambos interruptores deben estar en la posición en línea para el PRS funcione automáticamente.

VI. Resumen ejecutivo.

El **Proyecto** se ubicará dentro del predio de los invernaderos de la **Veggie Prime, S.A.P.I. de C.V.** en Avenida San Rafael #200, Ex hacienda de San Rafael El Marqués, Querétaro, en las siguientes coordenadas WGS84, UTM zona 14: X 365879.766, Y 2295682.57 y X 365951.348, Y 2295682.59.

El acceso al **Proyecto** es por la Carretera Estatal 510 (Carretera Atongo) hacia el lado este por el camino de terracería en el km 3.8 y que llega hasta el predio de **Veggie Prime**.

El **Proyecto** consiste en:

- Área de descarga de los contenedores
- Área de equipos eléctricos
- Descompresora
- Área del equipo integrado
- Área de rodamiento o patio de maniobras.

Dentro de la superficie del polígono asignado al **Proyecto** no se requiere el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, ya que el tipo de suelo es Agrícola-Pecuaria con un grupo de vegetación considerado Agricultura de riego. Asimismo, el área se encuentra completamente impactada por el desarrollo de la etapa de preparación del sitio y construcción del invernadero de Veggie Prime.

El proceso del **Proyecto** inicia con el vaciado de los contenedores, el cual se realiza a través de las posiciones de descarga integradas en la plataforma móvil. El gas es enviado a alta presión (aproximadamente 253 kg/cm^2 / 3600 Psi), con un flujo máximo de 2,000 Sm^3/h a la sección de descompresión. En el **PRM**, a través de válvulas reguladoras, se reduce la presión del gas lo que permite que el flujo no sea afectado.

Debido a la diferencia de presión, que es muy significativa entre la succión y la descarga, el gas puede alcanzar una temperatura de congelamiento en la descarga de cada etapa de descompresión. Para que esto no suceda, es necesario el **HCM**, que por medio de transferencia de calor a través de un flujo de agua caliente evita que el gas en su proceso de expansión se congele y obstaculice los equipos y tuberías.

Con la temperatura del gas controlada y el flujo y presión constante y al pasar por un medidor de flujo, el gas es finalmente enviado a áreas de proceso para ser utilizado en los equipos (generaderos y calderas) de los invernaderos de la empresa **Veggie Prime, S.A.P.I. de C.V.**

El proceso general de suministro de **GNC** inicia con la compresión del gas natural en una estación madre (**"Centro de Transferencia de GNC para transportes por medio de semirremolques"**) de servicio dedicada y/o exclusiva a la compresión de gas natural, la cual está conectada a un gasoducto. Esta estación madre surte mediante postes de carga, gas natural a una presión de 250 Bar a los módulos de almacenamiento (SKID) que transportarán el energético a las instalaciones del usuario final.

Una vez que la carga se efectúa correctamente, la unidad móvil que lleva los SKID se desplaza hasta las instalaciones del Invernadero Veggie Prime donde se conectarán al poste de descarga que está conectado directamente al **PRS**, dando inicio al proceso de despresurización.

El **PRS** se encuentra compuesto de dos grandes elementos, el **PRM** y el **HCM**. La estación reductora cuenta con un filtro en la entrada, un intercambiador de calor (gas-agua), dispositivos de regulación, tubería y control eléctrico. El módulo de calentamiento consiste en una caldera (combustible: gas natural), un dispositivo de regulación de gas, medidor de flujo de agua, separador de aire, filtro de agua, bomba y medidor de caudal.

El gas del contenedor fluye hacia el **PRM** donde es filtrado, calentado (a través del intercambiador de calor de agua del **HCM**), regulado, medido y suministrado. El **HMC** distribuye y calienta el agua, utilizando para la transferencia de calor el gas del **PRM**. El **PRM** reduce de forma segura la presión del gas mediante la adición de la cantidad apropiada de calor para contrarrestar la reducción de la temperatura debido a la despresurización. El gas a baja presión en la salida es preparado y puede ser utilizado en calderas, calentadores, motores u otros dispositivos.

La línea de entrada para el **PRM** está conectado a un almacenamiento fijo o móvil o a una tubería. El gas que fluye hacia el **PRM,** pasa a través de un mecanismo de seguridad y normalmente se encuentra cerrada la válvula de entrada.

La válvula aísla el **PRM** del suministro de gas cada vez que éste se apaga o si se inicia la secuencia de apagado de emergencia. Las partículas pequeñas se eliminan del gas de suministro por un filtro de entrada, situada antes de que el intercambiador de calor. El gas fluye a continuación por la tubería del intercambiador de calor que es calentada por una corriente de agua caliente por la bomba localizada en el **HCM**.

Los controles eléctricos para cada uno de los componentes se encuentran instalados en sus soportes o en cajas con las características adecuadas de acuerdo a la clasificación de la zona. Los controles eléctricos incluyen un dispositivo de parada de emergencia (ESD – Emergency shut- down).

El gas entra en la primera etapa de regulación y puede ser empleado en varias etapas antes de reducir la presión hasta el nivel requerido. Se instalan manómetros en el sistema para monitoreo local de la presión y ajuste de los reguladores.

Regulación de presión.

Existen múltiples etapas de regulación, donde, en la primera etapa por lo general se emplean reguladores con sistema de resorte para reducir la presión hasta el nivel adecuado para la segunda etapa. Se utilizan varios reguladores para acondicionar el nivel de caudal en el sistema.

Módulo de control de calentamiento (HCM).

La entrada de gas al **HCM** se encuentra conectada al **PRM**. El gas que va hacia el **HCM** pasa a través de válvulas que se utilizan para aislar el módulo. Un regulador y manómetros de presión son instalados antes de la entrada de la caldera para asegurar el nivel de presión adecuado. Una línea de purga es instalada después del regulador.

El agua se conduce hacia el **HCM** a través de la entrada y un interruptor de flujo indica si el nivel es muy bajo. Una válvula de chequeo en este punto se suministra con un regulador para agregar una entrada adicional de agua al sistema. El agua es conducida hacia un tanque separador de aire que incluye un “venteo” que remueve el aire del sistema, pasando después por un filtro que retiene/previene el ingreso de partículas extrañas hacia la bomba. A continuación de la bomba se encuentra un caudalímetro y entra a la caldera. Después del proceso de calentamiento el agua puede ser recirculada con la operación de la válvula de 3 vías o descarga del **PRM**.

Controles eléctricos.

La lógica de operación del **PRS** es controlada por un **PLC** (dispositivo lógico programable). Éste se encarga de iniciar y parar el **PRS**, continuamente monitoreando las condiciones y el estado de las alarmas asociadas.

Las unidades del **PRS** tienen un sistema de parada de emergencia (ESD Emergency shut down) que incorpora pulsadores tipo “hongo” ubicados en sitios claves. El sistema se apagará automáticamente de forma segura, aislando el **PRS** de la entrada de gas. Un interruptor de “En línea/Fuera de línea” está ubicado en el panel del **HCM** y en el panel de control del **PRM**. Ambos interruptores deben estar

en la posición “En línea” para que el **PRS** funcione automáticamente. Al colocar cualquiera de estos dos interruptores en posición “Fuera de línea” detendrá el sistema **PRS** y permanecerá en este estado hasta que sea reanudada la operación al colocar los interruptores en posición “En línea”.

Operación del PRS.

Estado de inicio:

La caldera debe estar lista para calentar el agua. La interfaz operario – máquina es un panel táctil que permite monitorear y llevar a cabo diferentes funciones. Para iniciar se coloca el interruptor en posición “Fuera de línea” y se oprime el botón “Reset”. Si todas las alarmas son limpiadas, la barra de estado indicará “Fuera de línea”. Si existe una condición de falla, un mensaje anunciará la falla correspondiente. En este caso, se deberá corregir la causa de falla y presionar nuevamente “Reset” para remover la condición de alarma. Una vez que las alarmas han sido limpiadas, la barra de estado indicará “Fuera de línea” y el sistema estará listo para operar.

Estado de operación:

La caldera suministrará calor al sistema, siendo controlada por un termostato (zona 1). La caldera funcionará normalmente al recibir una señal de “petición de calentamiento” desde el **PLC**. Cuando el **PRS** se coloca “En línea” por primera vez, el sistema completará la etapa de “Calentamiento” que enviará la solicitud de “calentamiento” y colocará la válvula en posición de 85% (apertura). El tiempo que el sistema opera en modo “Calentamiento” se toma de un punto de ajuste del cliente, con un valor por defecto de 180s. Una vez que esta etapa se encuentra completa el sistema es declarado como “Listo”. Automáticamente el control variará la temperatura del gas de salida mediante la modificación de la posición de la válvula de agua y el termostato (on/off). La válvula de control/distribución (diverter valve) da paso a la cantidad de agua caliente requerida en el intercambiador de calor y a cierta porción de agua hacia la bomba. Esta cantidad se encuentra determinada por un lazo de control tipo PID que asegura que la temperatura de gas se mantendrá en el rango de 10 a 40°C. En algunos modelos las válvulas duales de control/distribución se utilizan para redundancia. En estos modelos las válvulas son seleccionadas manualmente utilizando los interruptores de selección en el panel de control y colocando las válvulas manuales de bola en la posición correcta para el dispositivo seleccionado.

Parada.

Para detener el **PRS**, simplemente se debe colocar “Fuera de línea” cualquiera de los interruptores. La caldera se apagará y la válvula de entrada se cerrará inmediatamente cuando esto ocurra. La bomba operará por cierto tiempo (ajustado) y después se detendrá.

Una alarma detendrá también el **PRS**, de forma similar a lo anteriormente descrito; la diferencia es que la bomba se detendrá al mismo tiempo que la alarma ocurre.

Alarmas del PRS.

Si alguno de los sensores del **PRS** presenta falla, el **PLC** lee este estado y el **PRS** se apagará. El **PLC** indicará el estado de alarma mediante un bombillo piloto (color rojo, si aplica).

Cuando el **PLC** registra una alarma, el **PRS** no operará hasta que la condición de falla no haya sido corregida y el botón “Reset” oprimido. Para limpiar las alarmas asegúrese que las condiciones de falla hayan sido corregidas. Después se procede a oprimir el botón “Reset”. El **PRS** retornará a operación normal. Si las alarmas no han sido apropiadamente corregidas, el panel presentará nuevamente el estado de alarma.

Las advertencias no son como las alarmas; éstas se anunciarán en la pantalla y en ciertos casos detendrán el equipo, sin embargo, no detendrán totalmente el **PRS**.

Condiciones de operación de la PRS

Característica	Descripción
Modelo	PRS-2000
Flujo nominal	2000 Sm^3/h
Presión máxima	276 Bar
Rango de presión de descarga	6 Bar
Mínima presión de succión a la PR a 4 Bar de descarga	15Bar
Tipo de Medidor	Fluido Oscilante-Compensación por Presión y Temperatura
Precisión	Certificado para Transferencia de Custodia

Característica	Descripción
Temperatura de descarga	10-30 °C
Máximo calor del gas de entrada	500,000 Btu/h

Los planos desarrollados en la ingeniería del proyecto son:

- Diagrama esquemático del **Proyecto**.
- Arreglo general del **Proyecto** (VPM-VEGGIE PRIME-LAY-01-23112021-C).
- Detalles de bases y nicho eléctrico (VPM-VEGGIE PRIME-DCE-01-23112021-C).
- Instalación eléctrica alumbrado perimetral (VPM-VEGGIE PRIME-IEAP-01-23112021-C).
- Instalación eléctrica, clasificación de áreas (VPM-VEGGIE PRIME-IECA-01-23112021-C).
- Diagrama unifilar (VPM-VEGGIE PRIME-IEDU-01-23112021-C).
- Instalación eléctrica (Fuerza y control), (VPM-VEGGIE PRIME-IEFC-01-23112021-C).
- Sistema de tierras y pararrayos (VPM-VEGGIE PRIME-IEST-01-23112021-C).
- Sistema de tierras (VPM-VEGGIE PRIME-IESP-01-23112021-C).
- Planos isométricos del **Proyecto.**
- Sistema de señalética y seguridad (VPM-VEGGIE PRIME-SISS-01-23112021-C)
- Diagrama de flujo e instrumentación (VPM-VEGGIE PRIME-IMDTI-01-23112021-C).
- Instalación mecánica, arreglo de tuberías (VPM-VEGGIE PRIME-IMAT-01-23112021-C).

En cuanto a las condiciones del entorno del proyecto son las siguientes:

- **Temperatura ambiente.**
  - Temperatura media máxima: 19.7ºC
  - Temperatura media: 17.0 ºC
  - Temperatura media mínima: 13.7 ºC
- **Precipitación.**
  - Media anual: 511.80 mm

- Máxima media mensual: 108.80 mm
- Mínima media mensual: 5.7 mm

- **Humedad relativa.**
  - Media anual: 62.61%
- **Presión barométrica.**
  - Media anual: 777.99 Pa
- **Altitud.**
  - 1,960 msnm
- **Dirección y velocidad de los vientos.**
  - Velocidad promedio 3.72 m/s
  - Dirección de los vientos predominantes: sureste
- **Datos por riesgos hidrometeorológicos y geológicos**
  - Heladas: bajo.
  - Ciclones: bajo.
  - Granizo: medio.
  - Sequía: bajo.
  - Inundaciones: bajo.
  - Deslizamiento de laderas: muy bajo.
  - Región sísmica: zona B (riesgo moderado).
  - Intensidad sísmica: VI escala de Mercalli.

Con base en la jerarquización de riesgos realizada en el análisis **HAZOP**, en la tabla siguiente presentamos los posibles escenarios potenciales de riesgo del **Proyecto**. Cabe señalar que la causa de las consecuencias deriva en fugas de gas natural, ya sea por causas operacionales (mayor flujo y mayor presión) o por errores humanos, los cuales se traducirán en los eventos hipotéticos de falla para el análisis de frecuencias y de riesgo a ser modelados en la siguiente sección. Los eventos de fallas y riesgo por fugas de gas natural determinados son los que pueden ocasionar incendio o

explosión si llegase a alcanzar un agente detonante que causan daños al personal, a la población, de impacto ambiental y daño a la producción e instalaciones.

Para la selección de dichos escenarios se consideró como criterio aquellos con un índice de riesgo igual o mayor a 8 unidades con severidad de consecuencia igual o mayor a 4. Ninguno de los escenarios identificados fue clasificado dentro de la región de riesgo no tolerable.

Escenarios potenciales de riesgo identificados como catastrófico, más probables y alternos.

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo	Región de Riesgo	Tipo	Referencia de origen
1	VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	12	**C (ALARP)**	Caso más probable	Presión: Nodo 1 Desviación 1.2 Flujo: Nodo 1 Desviación 1.5
2	VEGGIE_VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar una fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	12	**C (ALARP)**	Caso alterno	Sin seguridad y vigilancia: Nodo 1 Desviación 1.16
3	VEGGIE_VPM_3	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	12	**C (ALARP)**	Caso más probable	Presión: Nodo 6 Desviación 6.2
4	VEGGIE_VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva	12	**C (ALARP)**	Peor caso (catastrófico)	Flujo: Nodo 3 Desviación 3.4

De acuerdo al análisis de frecuencias, sus probabilidades de fallo en los equipos y elementos analizados, cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente:

Escenario	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Elementos que contribuyen
VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión. Daño material de equipo.	1.18E-01	0.11764	Todos los elementos son contribuyentes
VEGGIE _VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada que ocasionan daño a las instalaciones, lo que a su vez pudiera provocar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión	6.45E-03	0.00645053	
VEGGIE _VPM_3	Ruptura parcial o total de la tubería de suministro de gas natural a baja presión por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	4.63E-02	0.0463497	
VEGGIE _VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva.	1.71E-01	0.1714517	

Para el análisis de consecuencias, estas hipótesis se presentan en tres tipos de escenarios de conflagración de peligros por la fuga de gas natural como lo son la potencial formación de Dardo de Fuego (Jet Fire), Nube explosiva (Flash Fire) y Explosión (Sobre presión), con las siguientes tasas de fuga e inventarios.

Evento Hipotético	Tipo	Evento Hipotético	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
VEGGIE_VPM_1	CMP	Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 253.10 kg/cm^2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo.	76.12	22,835.52
VEGGIE _VPM_2	Caso alternativo	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de 9,000 m^3 a una presión de 253.10 kg/cm^2 que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	76.12	4,567.10
VEGGIE_VPM 3_1	Peor caso (Fuga 100%)	Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 1,050 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	544.14	163,241.76
	CMP (20%)	Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 1,050 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	21.77	6,529.68

Evento Hipotético	Tipo	Evento Hipotético	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
VEGGIE_VPM_3_2	Peor caso (Fuga 100%)	Ruptura total de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	304.47	91,342.11
	CMP (20%)	Ruptura parcial de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	11.86	3,558.18
VEGGIE_VPM 3_3	Peor caso (Fuga 100%)	Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	544.14	163,241.76
	CMP (20%)	Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	21.77	6,529.68
VEGGIE_VPM 4	Peor caso	Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 12.30 kg/cm^2, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y	304.47	91,342.11

Evento Hipotético	Tipo	Evento Hipotético	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
		válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva		

Para el análisis de consecuencias se utilizó el software SCRI-Fuego Versión 2 (Herramienta Computacional de Análisis de Riesgos de Proceso), aceptado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y la ASEA de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

De las modelaciones realizadas para los escenarios planteados del **Proyecto** se tienen los siguientes eventos:

Evento Hipotético	Tipo	Evento Hipotético	Jet Fire (Radiación térmica)	Flash Fire Radiación térmica)	Sobrepresión (Explosión)
VEGGIE_VPM_1	CMP	Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 253.10 kg/cm^2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo.	**X**	**X**	**X**
VEGGIE_VPM_2	Caso Alterno	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de 9,000 m^3 a una presión de 253.10 kg/cm^2	**X**	**X**	**X**

Evento Hipotético	Tipo	Evento Hipotético	Jet Fire (Radiación térmica)	Flash Fire Radiación térmica)	Sobrepresión (Explosión)
		que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.			
VEGGIE_VPM_3_1	Caso alterno (Fuga 100%)	Ruptura parcial o total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 1,050 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	X	X	X
	CMP (20%)		X	X	X
VEGGIE_VPM_3_2	Caso alterno (Fuga 100%)	Ruptura parcial o total de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 447 m^3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	X	X	X
	CMP (20%)		X	X	X
VEGGIE_VPM_3_3	Caso alterno (Fuga 100%)	uptura parcial o total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm^2 con un flujo de 418 m^3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	X	X	X
	CMP (20%)		X	X	X

Evento Hipotético	Tipo	Evento Hipotético	Jet Fire (Radiación térmica)	Flash Fire Radiación térmica)	Sobrepresión (Explosión)
VEGGIE_VPM_4	Peor caso	Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3" Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 12.30 kg/cm^2, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva	**X**	**X**	**X**

El desarrollo del análisis de consecuencias se realizó de acuerdo a los requerimientos, formatos y consideraciones mencionadas en "Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos", cumpliéndose y justificándose cada parámetro, valor o información incluida en los requerimientos del simulador SCRI-FUEGO Versión 2

Cuyos radios de afectación se señalan a continuación:

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Variable	**Radiación Térmica (kW/m^2)**						**Sobrepresión (psi)**		
Evento	Jet Fire			Flash Fire			Explosión		
Masa	76.12 kg/s			22,835.52 kg			22,835.52 kg		
Valores de referencia	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
	12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
Distancia	79.09	122.70	225.69	102.40	103.46	1,438.78	108.52	505.55	847.32
VEGGIE_VPM_1. Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5" Ø con un flujo de 2,000 m3/h y una presión de 253.10 kg/cm2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo.							**Caso Más Probable**		
Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Variable	**Radiación Térmica (kW/m^2)**						**Sobre presión (psi)**		
Evento	Jet Fire			Flash Fire			Explosión		
Masa	76.12 kg/s			4,567.10 kg			4,567.10 kg		
	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Valores de referencia	12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
Distancia	79.09	122.70	225.69	71.12	85.83	233.89	63.46	295.65	495.52

VEGGIE _VPM_2. Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de 9,000 m3 a una presión de 253.10 kg/cm2 que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	**Caso Alterno**

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Variable	**Radiación Térmica (kW/m²)**						**Sobre presión (psi)**		
Evento	Jet Fire			Flash Fire			Explosión		
Masa	544.14 kg/s			163,241.76 kg			163,241.76 kg		
Valores de referencia	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
	12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
Distancia	202.69	314.46	578.44	313.34	339.60	688.96	209.05	973.88	1,632.26

VEGGIE _VPM_3_1_100%. Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 1,050 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	**Peor Caso (Fuga al 100%)**

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Variable	**Radiación Térmica (kW/m²)**						**Sobre presión (psi)**		
Evento	Jet Fire			Flash Fire			Explosión		
Masa	21.77 kg/s			6,529.68 kg			6,529.68 kg		
Valores de referencia	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
	12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
Distancia	43.45	67.41	123.99	90.27	107.94	280.23	71.49	333.06	558.23

VEGGIE _VPM_3_1_20%. Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 1,050 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	**Caso Más Probable (Fuga al 20%)**

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Variable	**Radiación Térmica (kW/m²)**						**Sobre presión (psi)**		
Evento	Jet Fire			Flash Fire			Explosión		
Masa	304.47 kg/s			91,342.11 kg			91,342.11 kg		
Valores de referencia	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
	12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
Distancia	153.52	238.18	438.13	253.23	275.05	587.95	172.27	802.51	1,345.04

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C	
VEGGIE _VPM_3_2_100%. Ruptura total de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 447 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	**Peor Caso (Fuga al 100%)**

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Variable	**Radiación Térmica (kW/m²)**						**Sobre presión (psi)**		
Evento	Jet Fire			Flash Fire			Explosión		
Masa	11.86 kg/s			3,558.18 kg			3,558.18 kg		
Valores de referencia	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
	12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
Distancia	32.49	50.41	92.72	66.37	80.16	214.74	58.40	272.04	455.95

VEGGIE _VPM_3_2_20%. Ruptura parcial de la tubería de 3" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 447 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	**Caso Más Probable (Fuga al 20%)**

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Variable	**Radiación Térmica (kW/m²)**						**Sobre presión (psi)**		
Evento	Jet Fire			Flash Fire			Explosión		
Masa	544.14 kg/s			163,241.76 kg			163,241.76 kg		
Valores de referencia	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
	12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
Distancia	202.69	314.46	578.44	313.34	339.60	688.96	209.05	973.88	1,632.26

VEGGIE _VPM_3_3_100%. Ruptura total de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 418 m3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	**Peor Caso (Fuga al 100%)**

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Variable	**Radiación Térmica (kW/m²)**						**Sobre presión (psi)**		
Evento	Jet Fire			Flash Fire			Explosión		
Masa	21.77 kg/s			6,529.68 kg			6,529.68 kg		
Valores de referencia	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
	12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
Distancia	43.45	67.41	123.99	90.27	107.94	280.23	71.49	333.06	558.23

VEGGIE _VPM_3_3_20%. Ruptura parcial de la tubería de 4" Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 418 m3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	**Caso Más Probable (Fuga al 20%)**

Velocidad del viento 3.72 m/s y estabilidad atmosférica C									
Variable	**Radiación Térmica (kW/m²)**						**Sobre presión (psi)**		
Evento	Jet Fire			Flash Fire			Explosión		
Masa	304.47 kg/s			91,342.11 kg			91,342.11 kg		
Valores de referencia	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA	ZDE	ZAR	ZA
	12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
Distancia	153.52	238.18	438.13	253.23	275.05	587.95	172.27	802.51	1,345.04
VEGGIE_VPM_4. Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3" Ø con un flujo de 2,000 m3/h y una presión de 12.30 kg/cm2, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva							**Peor Caso**		

En cuantos los daños ocasionados a los posibles receptores de riesgo con relación a los radios de afectación, se tienen que:

- Radiación Térmica umbrales establecidos (**ZA:**1.4 KW/m², **ZAR**: 5 KW/m², **ZDE:** 12.5 KW/m²)
- **Personal**
  - Trabajadores del proyecto de descompresión de GNC, personas que se encuentren laborando dentro del invernadero Veggie Prime y, por último las personas en tránsito o en actividades dentro del área, como contratistas o prestadores de servicio.
  - **ZAR.** Molestias por exposición aguda al personal de trabajo de la estación de descompresión de GNC y personas que se encuentren en el radio de afectación, con los siguientes efectos adversos en 40 segundos, causando quemaduras de segundo y tercer grado si no cuenta con equipo de protección contra fuego.
  - **ZA.** Molestias por exposición crónica al personal de trabajo de la estación de descompresión de GNC y personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos presentando severo dolor de cabeza por inhalación. Máximo soportable
  - **ZDE.** En este radio de afectación se tiene 1% de mortalidad del personal presente en 1 minuto y lesiones significativas en 10 segundos.
- **Población**

- Población cercana a los radios de afectación, aún y cuando es un área rural con bajo nivel de población, donde existen receptores, tales como la gente que trabaje en las instalaciones del invernadero Veggie Prime y los habitantes de las localidades cercanas.
- **ZA.** Molestias exposición aguda a las personas que se encuentren en el radio de afectación en 40 segundos, causando quemaduras de segundo y tercer grado si no cuenta con equipo de protección contra fuego. Asimismo, por el efecto de sobrepresión existen daños a las estructuras de sus casas.
- **ZAR.** Molestias exposición crónica a las personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos presentando severo dolor. Aquí existen efectos negativos por sobre presión.
- **ZDE.** En este radio de afectación se tiene 1% de mortalidad del personal presente en 1 minuto y lesiones significativas en 10 segundos.

- **Impacto ambiental**
  - **ZAR.** En esta área la afectación al medio ambiente está definido por la emisión de GN a la atmósfera que pueden dispersarse originando una nube tóxica afectando a la vida silvestre principalmente a las aves y mamíferos terrestres principalmente.

    Por otro lado, se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se pudiera originar.
  - **ZA Y ZDE.** Aún y cuando existe vegetación escasa y dispersa, existen daños parciales a la vegetación típica de agricultura presente en el área, por efecto de radiación térmica mediante la posibilidad de un conato de incendio por la posible larga exposición. Cabe mencionar que no se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010.**

- **Instalación / Equipos**
  - **ZAR.** Daños a la infraestructura de la estación de descompresión de GNC, dentro de los equipos y dispositivos en primera instancia por la exposición a la radiación térmica por el incendio que se pudiera presentar.

- **ZA.** Para esta área, no se prevén daños a la infraestructura presente, al menos por la radiación térmica ocasionada por un incendio.
- **ZDE.** En este radio de afectación las estructuras de acero delgado pueden perder su integridad mecánica, lo que ocasionaría incendio en madera, por la larga exposición sin llama.

- Sobrepresión (explosión) umbrales establecidos (**ZA:**0.5 psi, **ZAR**: 1 psi, **ZDE:** 10 psi)
- **Personal**
  - **ZDE.** En un epicentro de la explosión (zona de muerte), la mayoría de personas han muerto o están heridas de muerte.
  - **ZAR.** En el perímetro secundario (zona de crítica de víctimas), hay más supervivientes, pero muchos de ellos probablemente tienen heridas múltiples.
  - **ZA.** En la periferia de la explosión (zona en la que hay heridos, pero pueden caminar por sí solos), la mayoría de las víctimas tienen heridas que no son potencialmente mortales y trauma psicológico.
- **Población**
  - **ZDE.** En un epicentro de la explosión (zona de muerte), la mayoría de personas han muerto o están heridas de muerte.
  - **ZAR.** En el perímetro secundario (zona de crítica de víctimas), hay más supervivientes, pero muchos de ellos probablemente tienen heridas múltiples.
  - **ZA.** En la periferia de la explosión (zona en la que hay heridos, pero pueden caminar por sí solos), la mayoría de las víctimas tienen heridas que no son potencialmente mortales y trauma psicológico
- **Impacto Ambiental**

- **ZDE** y **ZAR.** Potencialmente existirá daños a la fauna presente, debido a la onda de sobrepresión que se derive del evento, causando mortandad en algunas especies de aves, mamíferos terrestres y reptiles

  Cabe mencionar que no se identificaron especies de fauna listadas en algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- **ZA.** En esta área de afectación ocasionaría lesiones algunas especies presentes, donde las de mayor abundancia son las aves y algunos mamíferos y algunos reptiles.

- **Instalación / Equipos**

  - **ZAR.** En cuanto a las infraestructuras de los invernaderos o estructuras cercanas en el radio habría colapsos de techos, instrumentaciones dañadas y grietas en ladrillos.

  - **ZA.** Los daños ocasionados en la infraestructura sería vidrios y sensores rotos y colapsos de rejillas.

  - **ZDE.** En este radio de afectación, los daños estimados en cuanto a la infraestructura es daño a los equipos de los PSR y a los cilindros contenedores de GNC de los semirremolques.

    Así como daños de colapso a las infraestructuras de los invernaderos de Veggie Prime con fisuras en los ladrillos de las paredes.

- Para administrar y reducir los riesgos lo más bajo posible se cuentan con accesorios, dispositivos y sistemas instrumentados, agrupados en cuatro capas de protección, tales como:

  - La primera capa corresponde al diseño del sistema PRS. El diseño del sistema y selección de materiales cumple con la normatividad mexicana aplicable:

    - NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural

    - NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones para el aprovechamiento de gas natural

    - NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos

- NOM-007-SECRE-2010, Transporte de gas natural
- NOM-011-SECRE-2000, Gas Natural para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares.
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas-Funcionamiento-Condiciones de seguridad
- NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (Utilización)
- NOM-022-SCFI-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad
- NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades y medidas.

- La segunda capa corresponde a los dispositivos de seguridad del módulo de los PRS reduce de forma segura la presión del gas mediante la adición de la cantidad apropiada de calor para contrarrestar la reducción de la temperatura debido a la despresurización. La línea de entrada a la PRM está conectada a un almacenamiento fijo o móvil, o a una tubería. El gas que fluye hacia el PRM pasa a través de un mecanismo de seguridad, válvula de entrada normalmente cerrada.
  - La válvula aísla el PRM del suministro de gas cuando el PRM se apaga, o si se inicia una secuencia de apagado de emergencia. Las partículas pequeñas se eliminan del gas de suministro por un filtro de entrada, situado antes del intercambiador de calor. El gas fluye a través de un intercambiador de calor de tubo y coraza. Los tubos de gas se mantienen calentados por una corriente de fluido caliente (agua / glicol) que se bombea a través de la coraza por el HCM, ya que el gas entra en la primera etapa de regulación de presión (despresurización). Otras etapas de regulación se emplean para alcanzar la presión de salida final.

- Los manómetros se proporcionan en todo el sistema para el monitoreo de presiones de gas, y para el establecimiento de los reguladores. El suministro de gas de la caldera se toma de la línea principal después del intercambiador de calor. El gas regulado a 1.4 bar (20 Psi) a través de un regulador independiente, o puede ser tomada de un punto de la estación de regulación final aguas abajo, antes del medidor.
- Todas las tuberías de presión que incluyen filtros, intercambiadores de calor, reguladores, etc., están protegidos de un exceso de presión mediante válvulas de seguridad, o principales reguladores duales. Todas las válvulas de alivio se ventilan a la atmósfera a través de una tubería de descarga común a lugar seguro.
- El tubo de descarga sirve como un colector para ventilar gas procedente de descarga de la válvula de alivio, así como para válvulas de drenaje manuales. Todas las tuberías y los tubos están fabricados de acuerdo a la normatividad aplicable y se unieron mediante conexiones roscadas y soldadas, o el uso de accesorios de compresión de tubo.

- La tercera capa corresponde a alarmas y procedimientos, cuando cualquiera de los sensores del sistema PRS presenta una condición de fallo, el PRS se apaga. Un indicador de alarma rojo se enciende en el panel de control y en el patín PRS. Después de que el PLC registra una alarma, el PRS no puede funcionar hasta que la condición de fallo se ha corregido, y el panel de control del PRS se ha restablecido. Incluso si la condición de alarma se desconecta sola, el indicador permanece iluminado hasta que el panel de control se pone a cero de forma manual. Las alarmas de baja temperatura de gas son ignoradas durante el modo de calentamiento. Esto permite que el tiempo de la caldera para elevar la temperatura del agua por encima del valor de alarma lo que la operación pueda reanudar. A continuación se enlistan las alarmas del sistema:
  - Error interno en PLC
  - Transmisor de presión fuera de rango o falla en señal
  - Transmisor de temperatura a salida de intercambiadores fuera de rango o falla en señal

- Temperatura de descarga de gas natural menor a temperatura mínima (-5°C 5 min, -15°C 20 sec)
- Temperatura de gas natural a salida de intercambiadores menor a temperatura mínima (15°C 5 min, 0°C 20 sec)
- Presión de salida superior a set point (170 Psi)
- Presión de entrada por encima de set point (3750 Psi)
- Transmisores no escalados
- Se pulsa el botón de paro de emergencia

- Adicionalmente, el sistema PRS cuenta con advertencias que permiten evitar la ocurrencia de eventos fuera de la condición normal de operación. Las advertencias no realizan el paro total del equipo, aunque pueden detener el funcionamiento de secciones específicas. Las advertencias del sistema se generan por:
  - Error matemático PLC
  - Corriente eléctrica elevada en motor en bomba
  - Bajo o ningún flujo de agua
  - Baja temperatura de gas
  - Alta temperatura de gas
- Una capa adicional de protección que es primordial para la salvaguarda de las instalaciones y entorno, es la correcta capacitación del personal tanto en la operación normal del equipo como en el combate a emergencias. Es esencial que el personal siga los procedimientos contenidos en el manual de operación, que incluye:
  - Pre-Inicio de operaciones
  - Purga de tubería
  - Operación normal
  - Alarmas y PLC
  - Combate de incendios

- Eliminación de fuego

- Asimismo, es primordial que personal capacitado realice el mantenimiento de equipos de acuerdo al programa de mantenimiento disponible, en el cual se incluyen:
  - Mangueras
  - Indicadores de presión y temperatura
  - Válvulas de seguridad
  - Filtro coalescente
  - Intercambiadores de calor
  - Ventilación de cabecera
  - Caudal bajo interruptor de corte
  - Colador
  - Bomba
- La cuarta capa de protección corresponde al Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS), como medidas adicionales de seguridad, el sistema PRS 2000 - 4,000 Psi cuenta con:
  - Válvulas de seguridad y válvulas manuales de venteo en cada subsección del equipo
  - Paro de emergencia manual
- Todas las tuberías de presión que incluyen filtros, intercambiadores de calor, reguladores, etc., están protegidos de un exceso de presión mediante válvulas de seguridad, o principales reguladores duales. Todas las válvulas de alivio se ventilan a la atmósfera a través de una tubería de descarga común a lugar seguro. El tubo de descarga sirve como un colector para ventilar gas procedente de descarga de la válvula de alivio, así como para válvulas de drenaje manuales. Todas las tuberías y los tubos están fabricados de acuerdo a la normatividad aplicable y se unieron mediante conexiones roscadas y soldadas, o el uso de accesorios de compresión de tubo.

- Todos los módulos de PRS tienen un sistema ESD (Emergency Shut Down). Este sistema se apaga de forma segura hacia abajo y aísla el PRS desde el suministro de gas. Interruptores Online / Offline se encuentran en el panel de HCM, y en el panel de control. Ambos interruptores deben estar en la posición en línea para el PRS funcione automáticamente.

VII. Informe técnico. UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

1. DATOS GENERALES DEL REGULADO			
Fecha de elaboración	Febrero 2022		
a. Datos de la empresa contratada por el Regulado para elaborar el Análisis de Riesgo			
Nombre de la Empresa	ABF SERVICIOS TÉCNICOS S.C.		
b. Datos Generales del Regulado			
Nombre, razón o denominación social	VIRTUAL PAPELINES DE MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.		
RFC	VPM120424VA0		
Nombre del proyecto	Estación de Descompresión de Gas Natural Comprimido de Virtual Pipelines de México en Invernadero Veggie Prime		
Objeto del proyecto	Suministro de gas natural a baja presión para los generadores y calderas de los invernaderos de la empresa Veggie Prime, S.A.P.I. de C.V. mediante el abastecimiento de GNC en cilindros contenido en semirremolques a alta presión para su proceso de descompresión por un equipo integrado PSR.		
c. Ubicación del proyecto			
Calle y número	[redacted]		
Municipio	[redacted]	[redacted]	[redacted]
d. Domicilio para oír o recibir notificaciones			
Calle y número	Sierra Gorda 49	**Colonia**	Lomas de Chapultepec VIII
Municipio/Alcaldía	Miguel Hidalgo	**Estado**	Ciudad de México
Código Postal	11000		
Nombre del Representante legal del Regulado	Julio Armando Álvarez Costa		
Cargo	Representante legal		
f. Actividad del Sector Hidrocarburos (artículo 3º, fracción XI de la Ley de la ASEA			

a	Reconocimiento y exploración superficial, y exploración y extracción de Hidrocarburos	**b**	Tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, transporte y almacenamiento del petróleo	**c**	Procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como transporte, almacenamiento, distribución y expendio de gas natural	**d**	Transporte, almacenamiento, distribución y expendio de gas licuado de petróleo	**e**	Transporte, almacenamiento, distribución y expendio de petrolíferos	**f**	Transporte por ducto y almacenamiento, que se encuentre vinculado a ductos de petroquímicos producto del procesamiento de gas natural y de la refinación del petróleo

2. GENERALIDADES DEL TERRENO											
a. Uso de suelo donde se encuentra el proyecto											
-	**Agrícola/Pecuario**	-	**Rural**	-	Habitacional	-	Industrial	-	Forestal	-	Comercial
-	Mixto (especifique)										
b. El proyecto se encuentra ubicado en una zona con las siguientes características											
-	Zona Industrial	-	Zona habitacional	-	Zona suburbana	-	Parque industrial	-	Zona urbana	-	Zona rural

c. Localización Geográfica		**d. Superficie**	
Estación de Descompresión de Gas Natural Comprimido de Virtual Pipelines de México en Invernadero Veggie Prime			
Coordenadas Latitud Norte	[redacted]	**Requerida**	1,524.192 m^2
Coordenadas Latitud Oeste	[redacted]	**Total**	1,524.192 m^2

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

2. SUSTANCIAS A MANEJAR								
Nombre Químico de la Sustancia (IUPAC)	**Número CAS**	**Densidad (kg/m^3)**	**Flujo (Kg/hr)**	**Longitud de la tubería (m)**	**Presión de operación (kg/cm^2)**	**Diámetro de la tubería (Pulg)**	**Espesor (mm)**	Descripción de la trayectoria
Gas natural	74-82-8	0.61	2,000	3	253.10	1.5	0.225	El gas natural será suministrado A BAJA PRESIÓN al Inverandero Veggie Prime,

Gas natural	74-82-8	0.61	1,050	6	4.14	4	0.225	mediante el proceso de descompresión de GNC por medio de un equipo integrado PSR. Todas las tuberías de gas cumplen con los códigos establecidos por API (American Petroleum Institute) y las especificaciones establecidas en la normativa aplicable nacional. Su diseño es de conformidad NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones
Gas natural	74-82-8	0.61	447	324	4.14	3	0.225	
Gas natural	74-82-8	0.61	418	45	4.14	4	0.225	
Gas natural	74-82-8	0.61	2,000	10	12.30	3		

3. ESCENARIOS MODELADOS

No.	Clave del escenario	Descripción del escenario	Accidente hipotético				Ubicación					Metodología empleada	Componente afectado
			Fuga / Ruptura	Derrame	Incendio	Explosión	Alm.	Proceso	Transporte	Servicios	Equipo		
1	VEGGIE_VPM_1	Ruptura de mangueras o tuberías de 1.5” Ø con un flujo de 2,000 m^3/h y una presión de 253.10 kg/cm^2, por desacoplamiento de tanque contenedor en semirremolque / golpe extremo, que ocasiona fuga de gas natural con riesgo de incendio / explosión y daño material de equipo.	X	-	X	X	-	X	-		Contenedor semirremolque	HAZID y HAZOP	Personal, Población, Aire, flora, fauna, Infraestructura y equipos
2	VEGGIE _VPM_2	Eventos no controlados de agentes externos como actos de sabotaje, vandalismo o delincuencia organizada, que ocasionan daño a los semirremolques de GNC conteniendo un volumen de 9,000 m^3 a una presión de 253.10 kg/cm^2 que pudiera ocasionar fuga de gas natural con efectos de incendio y explosión.	X		X	X		X			Contenedor semirremolque Equipo integrado PSR		

3	VEGGIE_VPM 3_1_100%	Ruptura total de la tubería de 4” Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 1,050 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	X		X	X		X			Tubería de baja presión 4” Regulador 1		
4	VEGGIE _VPM_3_1_20%	Ruptura parcial de la tubería de 4” Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 1,050 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión	X		X	X		X			Tubería de baja presión 4” Regulador 1		
5	VEGGIE _VPM_3_2_100%	Ruptura total de la tubería de 3” Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 447 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	X		X	X		X			Tubería de baja presión 3” Regulador 2		
6	VEGGIE _VPM_3_2_20%	Ruptura parcial de la tubería de 3” Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 447 m3/h, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.	X		X	X		X			Tubería de baja presión 3” Regulador 2		
7	VEGGIE _VPM_3_3_100%	Ruptura total de la tubería de 4” Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 418 m3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.									Tubería de baja presión 4” Regulador 3		

8	VEGGIE _VPM_3_3_20%	Ruptura parcial de la tubería de 4” Ø de suministro de gas natural a baja presión de 4.14 kg/cm2 con un flujo de 418 m3/hr, por poro de corrosión o golpe extremo, ocasionando fuga de gas natural de nube explosiva con posibilidad de incendio y explosión.									Tubería de baja presión 4” Regulador 3		
9	VEGGIE_VPM_4	Desajuste/falla de válvula de control de flujo de 3” Ø con un flujo de 2,000 m3/h y una presión de 12.30 kg/cm2, ocasionando posible sobrepresión en el sistema que puede dañar integridad de conexiones y válvulas ocasionando fuga de material y posible incendio / atmósfera explosiva	X		X	X		X			Equipo integrado PSR		

4. CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS

Programa de simulación empleado: SCRI FUEGO V2

No.	Clave del escenario	Tipo de caso	Tipo de liberación		Tamaño de fuga (pulg)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario total liberado (kg)	Tiempo de fuga (seg)	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	Humedad Relativa (%)	Presión en el punto de fuga (kg/cm^2)	Temperatura en el punto de fuga (ºC)	Estado físico en el punto de fuga
			Masiva	Continua										
1	VEGGIE_VPM_1	CMP	X	-	1.5	76.12	22,835.52	300	3.72	C	62.61%	253.10	19.20	Gas
2	VEGGIE _VPM_2	CMP			1.5	76.12	4,567.10	60				253.10		
3	VEGGIE _VPM_3_1_100%	PC			4	544.14	163,241.76	300				4.14		
4	VEGGIE _VPM_3_1_20%	CMP			0.8	21.77	6,529.68	300				4.14		

5	VEGGIE _VPM_3_2_100%	PC			3	304.47	91,342.11	300				4.14		
6	VEGGIE _VPM_3_2_20%	CMP			0.6	11.86	3,558.18	300				4.14		
7	VEGGIE _VPM_3_3_100%	PC			4	544.14	163,241.76	300				4.14		
8	VEGGIE _VPM_3_3_20%	CMP			0.8	21.77	6,529.68	300				4.14		
9	VEGGIE_VPM_4	CMP			3	304.47	91,342.11	300				12.30		

5. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

No.	Clave del escenario	Tipo de caso	Jet Fire (Charco de Fuego) (m)			Flash Fire (Bola de Fuego) (m)			Explosion Sobrepresión (m)		
			12.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2	40,000 ppm	30,000 ppm	5,000 ppm	10 psi	1.0 psi	0.5 psi
1	VEGGIE_VPM_1	CMP	79.09	122.70	225.69	102.40	103.46	1,438.78	108.52	505.55	847.32
2	VEGGIE _VPM_2	CA	79.09	122.70	225.69	71.12	85.83	233.89	63.46	295.65	495.52
3	VEGGIE _VPM_3_1_100%	PC	202.69	314.46	578.44	313.34	339.60	688.96	209.05	973.88	1,632.26
4	VEGGIE _VPM_3_1_20%	CMP	43.45	67.41	123.99	90.27	107.94	280.23	71.49	333.06	558.23
5	VEGGIE _VPM_3_2_100%	PC	153.52	238.18	438.13	253.23	275.05	587.95	172.27	802.51	1,345.04
6	VEGGIE _VPM_3_2_20%	CMP	32.49	50.41	92.72	66.37	80.16	214.74	58.40	272.04	455.95
7	VEGGIE _VPM_3_3_100%	PC	202.69	314.46	578.44	313.34	339.60	688.96	209.05	973.88	1,632.26

8	VEGGIE _VPM_3_3_20%	CMP	43.45	67.41	123.99	90.27	107.94	280.23	71.49	333.06	558.23
9	VEGGIE_VPM_4	PC	153.52	238.18	438.13	253.23	275.05	587.95	172.27	802.51	1,345.04