ANALISIS DE RIESGO DEL SECTOR HIDROCARBUROS

ESTUDIO DE RIESGO

PROYECTO

“Construcción del Gasoducto Libramiento Reynosa por Razones de Seguridad Derivado de la Actualización de las Clases de Localización de Acuerdo con la NOM-007-ASEA-2016”, que para cuestiones de la presente Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional con Estudio de Riesgo, se denominará indistintamente para fines prácticos: “Sistema de Transporte de Gas Natural Gasoducto Libramiento-Reynosa"

CENTRO NACIONAL DE CONTROL DEL GAS NATURAL

TABLA DE CONTENIDO

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 14

I.1. fecha de inicio de operación. 14

I.2. Ubicación del proyecto 14

I.3. Vinculación del proyecto con el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Reynosa, Tamaulipas (PMOTYURT) 15

I.4. Especificaciones del proyecto 18

A. Sistema de tierras 26

B. Sistema de descarga (pararrayos) 27

C. Sistema de protección catódica 27

D. Postes de Medición tipo “R” Polilínea. 27

E. Pruebas no destructivas 28

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO 30

II.1. Sustancia transportada 30

II.2. Cantidad de gas almacenado en el STGN. 30

II.3. Operación del STGN 33

II.3.1. Presión máxima de operación permisible 35

II.3.2. Medios de comunicación 35

II.3.3. Operación normal del proyecto 37

II.3.4. Condición de emergencia del proyecto 37

III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO 38

III.1. Aspectos abióticos. 38

III.1.1. Clima. 38

III.1.2. Temperatura. 39

III.1.3. Precipitación. 41

III.1.4. Vientos dominantes. 42

III.1.5. Fenómenos climatológicos. 43

III.1.6. Heladas. 44

III.1.7. Ciclones (huracanes). 44

III.1.8. Granizo. 45

III.1.9. Inundaciones 46

III.1.10. Sequía. 47
III.1.11. Geología. 49
III.1.12. Geomorfología. 50
III.1.13. Altitud. 51
III.1.14. Fallas y fracturas 52
III.1.15. Susceptibilidad de la zona de derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos. 53
III.1.16. Regionalización sísmica. 54
III.1.17. Intensidad sísmica. 55
III.1.18. Edafología. 57
III.1.19. Erosión 59
III.1.20. Hidrología superficial. 60
III.1.21. Hidrología subterránea. 61
III.2.1. Vegetación. 62
A. Fauna 63
B. Flora 66
III.3 Historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área del proyecto. 69
III.4 Zonas vulnerables. 72
III.4.2. Densidad poblacional. 77
III.5. Integración del proyecto a las políticas marcadas en el programa de desarrollo urbano local. 78
III.6. Componentes ambientales. 79
III.6.1. Áreas naturales protegidas de carácter federal, estatal o municipal. 79
III.6.2. Regiones Hidrológicas Prioritarias. 80
III.6.3. Regiones Marinas Prioritarias. 81
III.6.4. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, AICA 82
III.6.5. Regiones Terrestres Prioritarias 83
III.6.6. Sitios Ramsar 84
III.7. Infraestructura vial 85
IV. ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS 94
IV.1. Análisis preliminar de peligros 94
IV.1.1. Metodología Hazid (Hazard Identification) 95

IV.1.2. Determinación de niveles de riesgo 97
IV.1.2.1. Consecuencias 97
IV.1.2.2. Frecuencia 98
IV.1.3. Hojas de trabajo HAZID 101
IV.1.4. Resultados del análisis HAZID 101
IV.2. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares 107
IV.3. Identificación de peligros y escenarios de riesgo 115
IV.3.1. Metodología HaZop (Hazardous Operability Analysis) 115
IV.4. Jerarquización de riesgos 117
IV.5. Hojas de trabajo HAZOP 123
IV.5.1. Resultados del análisis HAZOP 123
IV.5.2. Resultados de la jerarquización de peligros y riesgos del análisis Hazop 126
IV.5.3. Escenarios de los riesgos identificados del análisis Hazop 128
V. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS 140
V.1.1 Análisis de árbol de fallas 140
V.1.1. Metodología de árbol de fallas 140
V.1.2. Procedimiento de árbol de fallas 141
V.1.3. Análisis de árbol de fallas 142
V.1.4. Sucesos para el análisis de árbol de fallas 142
V.1.5. Valores de falla en equipos y accesorios 143
V.1.7. Resultados del análisis del árbol de fallas 145
V.1.6. Conclusión del árbol de fallas 154
V.2. ANÁLISIS CONSECUENCIAS 156
V.2.1. Metodología de análisis de consecuencias 156
V.2.1.1. Mezcla de Gas Natural 156
V.2.1.2. Evaluación de variables meteorológicas y estabilidad Pasquill 157
V.2.1.3. Tipos de eventos de riesgo que pudieran esperarse en las simulaciones 157
V.2.1.4. Parámetros y equivalencias de daños a esperarse en las simulaciones 158
V.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. 160
VI. ANALISIS DE VULNERABILIDAD. 218

VI.1. Análisis de Vulnerabilidad. 218

VI.2. Interacciones de riesgo. 220

VII. REPOSICIONAMIENTO DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO 280

VII.1. Metodología de árbol de sucesos 280

VII.1.1. Construcción de árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos 280

VII.1.2. Evaluación del árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos 281

VII.1.3. Evaluación del árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos establecidos 282

VIII. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO 293

VIII.1.- SISTEMAS DE SEGURIDAD 293

VIII.1.1.- Sistema de Fuego y Gas 293

VIII.1.1.1. Lógica de operación 293

VIII.1.1.2. Ubicación 293

VIII.1.1.3. Detección de gas combustible (mezclas explosivas) 294

VIII.1.2. Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) para las EMRyC´s 298

VIII.1.3. Sistema de Control de Proceso (SCP) para las EMRyC´s 299

VIII.1.4. Sistema de Detección de humo y supresión de incendio a base de agente limpio HFC-227EA para las EMRyC´s 301

VIII.2.- RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS 305

IX. CONCLUSIONES 312

X. RESUMEN EJECUTIVO 342

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones de ducto 21
Tabla 2. Características de los equipos principales 21
Tabla 3. Clases de localización del gasoducto 23
Tabla 4. Instalaciones superficiales EMRyC´s 24
Tabla 5. Cruzamientos del gasoducto 24
Tabla 6. Planos cruces del gasoducto de 24” Ø 25
Tabla 7. Planos de trazo y perfil del gasoducto de 24” Ø 25
Tabla 8. Ubicación de las válvulas de seccionamiento SDV´s 25
Tabla 9. Planos del sistema de tierras 27
Tabla 10. Planos del sistema de descargas (pararrayos) 27
Tabla 11. Localización de postes 28
Tabla 12. Planos típicos de sistema de protección catódica y postes de medición tipo R 28
Tabla 13. Composición del gas natural 30
Tabla 14. Sustancia peligrosa manejada en el proyecto 31
Tabla 15. Cálculo de metano contenido en el sistema 31
Tabla 16. Actividad del sector hidrocarburos (artículo 3o., fracción XI de la Ley de la ASEA 33
Tabla 17. Resumen de sustancias peligrosas 33
Tabla 18. Condiciones de operación del gasoducto del proyecto 33
Tabla 19. Diagramas de flujo de proceso del proyecto 34
Tabla 20. Diagramas de tuberías e instrumentación del proyecto 34
Tabla 21. Datos de la estación meteorológica Ejido islitas (msnm = metros sobre el nivel del mar). 39
Tabla 22. Temperatura media mensual registrada en las estaciones climáticas 41
Tabla 23. Precipitación normal, máxima mensual y máxima diaria registrada en las estaciones climáticas del Proyecto 42
Tabla 24. Velocidades medias y máximas de los vientos mensuales (m/s) en la estación Reynosa 42
Tabla 25. Fenómenos climatológicos 44
Tabla 26. Clasificación de la Sequía de Acuerdo al Monitor de Sequía, CONAGUA 48
Tabla 27. Escala de Mercalli 55

Tabla 28. Características generales de los suelos. 58

Tabla 29. Disponibilidad de agua subterránea en el acuífero Bajo Río Bravo. 61

Tabla 30. Usos de suelo y vegetación 63

Tabla 31. Lista de especies de fauna registradas en campo 64

Tabla 32. Listado de especies de flora registradas en el AP y Área afectación durante el trabajo de campo 67

Tabla 33. Especies de flora con estatus de protección 69

Tabla 34. Densidad poblacional 77

Tabla 35. Determinación de la consecuencia 97

Tabla 36. Categorías de frecuencias 98

Tabla 37. Resultados de grados de peligros por categoría o actividad 101

Tabla 38. Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el Hazid 105

Tabla 39. Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoría de receptor 105

Tabla 40. Resumen de accidentes en ductos 108

Tabla 41. Principales causas de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2010-2019 109

Tabla 42. Principales daños causados de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2000-2019 109

Tabla 43. Antecedentes de accidentes e incidentes. 110

Tabla 44. Palabras guía más utilizadas en la metodología HaZop. 116

Tabla 45. Determinación de la consecuencia 119

Tabla 46. Categorías de frecuencias 120

Tabla 47. Índice de Riesgo 121

Tabla 48. Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el Hazop 123

Tabla 49. Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoría de receptor 124

Tabla 50. Jerarquización de riesgos Daño al Personal del Hazop 126

Tabla 51. Jerarquización de riesgos Efectos a la Población del Hazop 127

Tabla 52. Jerarquización de riesgos Impacto Ambiental del Hazop 127

Tabla 53. Jerarquización de riesgos daño infraestructura y producción del Hazop 127

Tabla 54. Escenarios de riesgo identificados en la zona ALARP 128

Tabla 55. Sucesos de riesgos identificados para el análisis de frecuencias 137

Tabla 56. Eventos de riesgo identificados para el análisis de consecuencias 137
Tabla 57. Símbolos de eventos en FTA 141
Tabla 58. Símbolos de puertas en el FTA 141
Tabla 59. Escenarios para la metodología de árbol de fallas 142
Tabla 60. Frecuencias de falla para el suceso 1 143
Tabla 61. Frecuencias de falla para el suceso 2 144
Tabla 62. Solución al árbol de fallas suceso 1. 145
Tabla 63. Solución al árbol de fallas suceso 2. 146
Tabla 64. Resultados de la solución de árboles de falla para los sucesos planteados 154
Tabla 65. Criterios de categoría, descripción y frecuencia en una matriz de riesgos según COMERI 154
Tabla 66. Valores de frecuencia de los sucesos analizados 154
Tabla 67. Frecuencia de ruptura de ductos 156
Tabla 68. Componentes de la mezcla de Gas natural 156
Tabla 69. Estabilidades según Pasquill 157
Tabla 70. Valores umbrales seleccionados 158
Tabla 71. Efectos generados a diferentes intensidades de Radiación Térmica 158
Tabla 72. Vulnerabilidad de materiales por radiación térmica 159
Tabla 73. Efectos estimados por sobrepresión 159
Tabla 74. Eventos típicos de fuga o derrame de productos 161
Tabla 75. Escenarios para simular con los datos a ser alimentados en el software SCRI Fuego V2 162
Tabla 76. Resultados de las simulaciones realizadas en el software SCRI Fuego v2 de los escenarios planteados 172
Tabla 77. Descripción de los posibles receptores de riesgo 218
Tabla 78. Interacciones de riesgo con las poblaciones dentro del radio de 800 metros 220
Tabla 79. Interacciones de riesgo con infraestructura en un radio de 800 metros 260
Tabla 80. Sistemas de seguridad o salvaguardas principales para los componentes del STGN presentes en los sucesos del árbol de eventos 284
Tabla 81. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 1 284
Tabla 82. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 2 286

Tabla 83. Frecuencias utilizadas en el HAZOP y frecuencias calculadas con base en las salvaguradas establecidas 291
Tabla 84. Sobreposición de los escenarios de riesgo 292
Tabla 85. Tonos del sistema de fuego y gas 296
Tabla 86. Planos del sistema de control e instrumentación 305
Tabla 87. Recomendaciones técnico-operativas del Hazid y Hazop 306
Tabla 88. Programa para la implementación de las recomendaciones 309

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Ubicación del proyecto 14
Figura. 2. Localización del trazo del proyecto 15
Figura. 3. Localización del trazo del ducto respecto de los usos de suelo del PMOTYURT 16
Figura. 4. Extracto de la tabla de usos de suelo del PMOTYURT 18
Figura. 5. Diagrama esquemático del proyecto 20
Figura. 6. Medios de comunicación en la operación del proyecto 35
Figura. 7. Comunicación con empresa contratada 36
Figura. 8. Tipo de clima en el Área del Proyecto 38
Figura. 9. Comportamiento de la temperatura media mensual registrada en las normales climatológicas en el periodo 2012 al 2022 en Reynosa. 39
Figura. 10. Probabilidad diaria de precipitación en Reynosa. 41
Figura. 11. Dirección de los vientos dominantes 43
Figura. 12. Nivel del peligro por heladas en el área del Proyecto 44
Figura. 13. Nivel de peligro por ciclones tropicales en el área del Proyecto. 45
Figura. 14. Nivel de peligro por granizo en el área del Proyecto. 46
Figura. 15. Nivel de peligro por inundaciones en el área del Proyecto. 47
Figura. 16. Nivel de peligro por sequía en el área del Proyecto. 47
Figura. 17. Unidades litoestratigráficas en el área del Proyecto. 50
Figura. 18. Sistemas de topoformas en el área del Proyecto. 51
Figura. 19. Gradiente altitudinal presente en el área del Proyecto. 52
Figura. 20. Fallas y fracturas presentes en en el área del Proyecto. 53
Figura. 21. Ubicación del proyecto con relación deslizamientos de laderas. 54

Figura. 22. Regionalización sísmica en el área del proyecto. 54
Figura. 23. Intensidad sísmica con respecto a la ubicación del área del Proyecto. 57
Figura. 24. Unidades edafológicas presentes en el área del Proyecto. 58
Figura. 25. Tipo de erosión presentes en el AP. 60
Figura. 26. Hidrología superficial en el área del Proyecto. 61
Figura. 27. Hidrología subterránea en el área del Proyecto. 62
Figura. 28. Usos de suelo y vegetación presentes en el AP y área de afectación. 62
Figura. 29. Tasas de incidencia de casos confirmados por COVID-19 acumulados en México por entidad federativa 70
Figura. 30. Defunciones acumuladas en las entidades federativas 71
Figura. 31. Semáforo de riesgo epidémico 71
Figura. 32. Zonas vulnerables de servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas 72
Figura. 33. Zonas vulnerables de comercio por menor 73
Figura. 34. Zonas vulnerables de comercio por mayor 73
Figura. 35. Zonas vulnerables de servicios de salud 74
Figura. 36. Zonas vulnerables de servicios educativos 74
Figura. 37. Zonas vulnerables de servicios financieros y de seguros 75
Figura. 38. Zonas vulnerables de servicios de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final 75
Figura. 39. Zonas vulnerables de servicios de Industrias manufactureras 75
Figura. 40. Zonas vulnerables de servicios de Minería 76
Figura. 41. Densidad Poblacional 78
Figura. 42. Localización del AP respecto de los usos de suelo del PMOTYURT. 79
Figura. 43. Mapa de la ubicación de Áreas Naturales Protegidas 80
Figura. 44. Ubicación del Proyecto con respecto de Regiones Hidrológicas Prioritarias. 81
Figura. 45. Ubicación del Proyecto en relación con las Regiones Marinas Prioritarias. 82
Figura. 46. Ubicación del Proyecto con respecto de Áreas de Importancia para la Conservación de Aves. 83
Figura. 47. Ubicación del Proyecto en relación con las Regiones Terrestres Prioritarias. 84
Figura. 48. Ubicación del Proyecto en relación con los sitios Ramsar. 85

Figura. 49. Cruces de infraestructura con líneas de transmisión del proyecto en un radio de 800 m (1 de 4). 86
Figura. 50. Cruces de infraestructura con líneas de transmisión del proyecto en un radio de 800 m (2 de 4). 86
Figura. 51. Cruces de infraestructura con líneas de transmisión del proyecto en un radio de 800 m (3 de 4). 87
Figura. 52. Cruces de infraestructura con líneas de transmisión del proyecto en un radio de 800 m (4 de 4). 87
Figura. 53. Cruces con carreteras dentro del radio de 800 m (1 de 4). 88
Figura. 54. Cruces con carreteras dentro del radio de 800 m (1 de 4). 88
Figura. 55. Cruces con carreteras dentro del radio de 800 m (3 de 4). 89
Figura. 56. Cruces con carreteras dentro del radio de 800 m (4 de 4). 89
Figura. 57. Cruces con calles (1 de 4) 90
Figura. 58. Cruces con calles (2 de 4) 90
Figura. 59. Cruces con calles (3 de 4) 91
Figura. 60. Cruces con calles (4 de 4) 91
Figura. 61. Cruces con caminos (1 de 4) 92
Figura. 62. Cruces con caminos (2 de 4) 92
Figura. 63. Cruces con caminos (3 de 4) 93
Figura. 64. Cruces con caminos (3 de 4) 93
Figura. 65. Vías Férrreas 94
Figura. 66. Matriz de jerarquización de riesgo 100
Figura. 67. Categorías de riesgo de la evaluación Hazid 106
Figura. 68. Distribución de riesgo por tipo de impacto 107
Figura. 69. Diagrama de flujo para realizar un análisis HaZop (Adaptación de Dowell III, 1998). . 117
Figura. 70. Matriz de jerarquización de riesgo de proceso 120
Figura. 71. Priorización de las zonas de riesgo 123
Figura. 72. Categorías de riesgo de la evaluación Hazop 124
Figura. 73. Distribución de riesgo por tipo de impacto 125
Figura. 74. Árbol de fallas suceso 1 147
Figura. 75. Árbol de fallas suceso 2 151

Figura. 76. Radios de afectación ESC_1_GLR_JET FIRE 176
Figura. 77. Radios de afectación ESC_1_GLR_EXPLOSION 177
Figura. 78. Radios de afectación ESC_2_GLR_JET FIRE 178
Figura. 79. Radios de afectación ESC_2_GLR_EXPLOSION 179
Figura. 80. Radios de afectación ESC_3_GLR_JET FIRE 180
Figura. 81. Radios de afectación ESC_3_GLR_EXPLOSION 181
Figura. 82. Radios de afectación ESC_4_GLR_JET FIRE 182
Figura. 83. Radios de afectación ESC_4_GLR_EXPLOSION 183
Figura. 84. Radios de afectación ESC_5_GLR_JET FIRE 184
Figura. 85. Radios de afectación ESC_5_GLR_EXPLOSION 185
Figura. 86. Radios de afectación ESC_6_GLR_JET FIRE 186
Figura. 87. Radios de afectación ESC_6_GLR_EXPLOSION 187
Figura. 88. Radios de afectación ESC_7_GLR_JET FIRE 188
Figura. 89. Radios de afectación ESC_7_GLR_EXPLOSION 189
Figura. 90. Radios de afectación ESC_8_GLR_JET FIRE 190
Figura. 91. Radios de afectación ESC_8_GLR_EXPLOSION 191
Figura. 92. Radios de afectación ESC_9_GLR_JET FIRE 192
Figura. 93. Radios de afectación ESC_9_GLR_EXPLOSION 193
Figura. 94. Radios de afectación ESC_10_GLR_JET FIRE 194
Figura. 95. Radios de afectación ESC_10_GLR_EXPLOSION 195
Figura. 96. Radios de afectación ESC_11_GLR_JET FIRE 196
Figura. 97. Radios de afectación ESC_11_GLR_EXPLOSION 197
Figura. 98. Radios de afectación ESC_12_GLR_JET FIRE 198
Figura. 99. Radios de afectación ESC_12_GLR_EXPLOSION 199
Figura. 100. Radios de afectación ESC_13_GLR_JET FIRE 200
Figura. 101. Radios de afectación ESC_13_GLR_EXPLOSION 201
Figura. 102. Radios de afectación ESC_14_GLR_JET FIRE 202
Figura. 103. Radios de afectación ESC_14_GLR_EXPLOSION 203
Figura. 104. Radios de afectación ESC_15_GLR_JET FIRE 204
Figura. 105. Radios de afectación ESC_15_GLR_EXPLOSION 205

Figura. 106. Radios de afectación ESC_16_GLR_JET FIRE 206
Figura. 107. Radios de afectación ESC_16_GLR_EXPLOSION 207
Figura. 108. Radios de afectación ESC_17_GLR_JET FIRE 208
Figura. 109. Radios de afectación ESC_17_GLR_EXPLOSION 209
Figura. 110. Radios de afectación ESC_18_GLR_JET FIRE 210
Figura. 111. Radios de afectación ESC_18_GLR_EXPLOSION 211
Figura. 112. Radios de afectación ESC_19_GLR_JET FIRE 212
Figura. 113. Radios de afectación ESC_19_GLR_EXPLOSION 213
Figura. 114. Radios de afectación ESC_20_GLR_JET FIRE 214
Figura. 115. Radios de afectación ESC_20_GLR_EXPLOSION 215
Figura. 116. Radios de afectación ESC_21_GLR_JET FIRE 216
Figura. 117. Radios de afectación ESC_20_GLR_EXPLOSION 217
Figura. 118. Esquema general de un árbol de sucesos. 281
Figura. 119. Árbol de eventos derivados de una fuga de gas 282
Figura. 120. Análisis de árbol de eventos del Suceso 1 289
Figura. 121. Análisis de árbol de eventos del Suceso 2 290

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

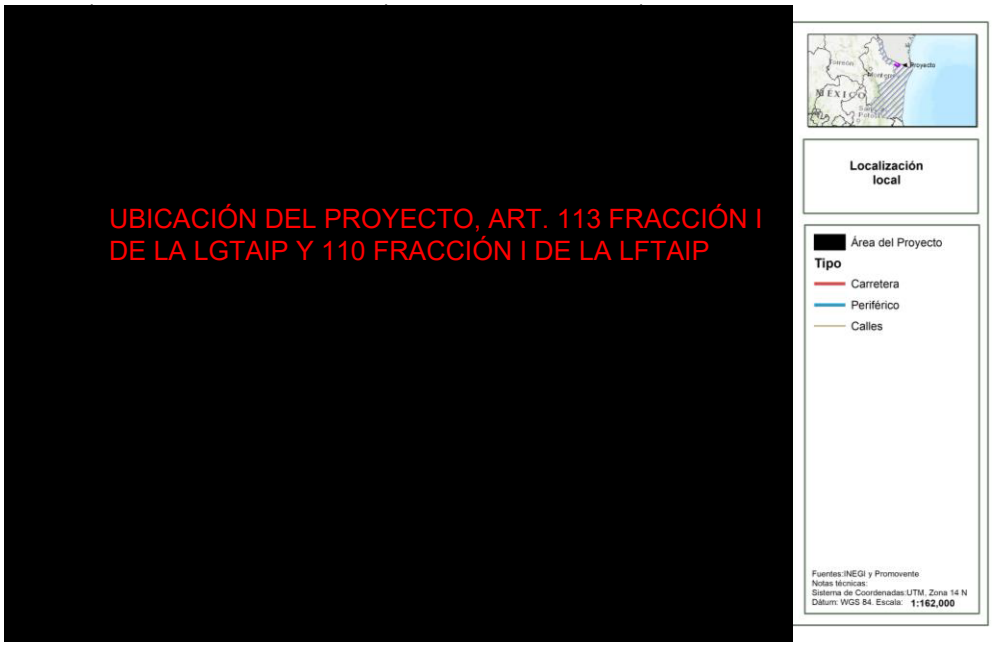
I.1. fecha de inicio de operación

El **proyecto** consiste en un Sistema de Transporte de Gas Natural (**STGN**) denominado **"Gasoducto Libramiento Reynosa"** de 24"Ø (de aquí en adelante como **proyecto**) que libre la zona urbana de Reynosa, cuyo origen es la Estación de Regulación, Medición y Control (**EMRyC**) **Estación 2 Nueva** que es el punto de internación de gas natural de TETCO y Tennessee, hasta la **EMRyC Anzaldúas nueva**, este primer trazo tiene una extensión de 13 kilómetros y continúa desde la **EMRyC Anzaldúa nueva** hasta la **EMRyC Estación 19 nueva**, con una longitud de 43 kilómetros, resultando una longitud total aproximada de 56 kilómetros. Cuya fecha programada de inicio de operaciones en **enero de 2027**.

I.2. Ubicación del proyecto

El **proyecto** se ubica en el municipio de Reynosa, Tamaulipas, rodeando la mancha urbana completamente la ciudad de Reynosa, por razones de seguridad derivado de la actualización de las clases de localización de acuerdo con la **NOM-007-ASEA-2016**. La ciudad de Reynosa, Tamaulipas, colinda con el condado estadounidense de Hidalgo, Texas y cuenta con una extensión territorial aproximada de 192 km^2,[1] y una población aproximada de 704,767 habitantes, por lo que es la 24ª ciudad más poblada de México[2], tal como se muestra en la figura 1. Las vías de comunicación más importantes que convergen con la cabecera municipal de Reynosa, es la carretera Reynosa-Nuevo Laredo (Ribereña) que comunica a todos los municipios fronterizos, la carretera Reynosa-Monterrey, Reynosa-San Fernando y los pasos fronterizos con el estado de Texas en la Unión Americana. Así mismo existen una amplia red de caminos rurales revestidos y terracerías.

Figura. 1. Ubicación del proyecto



En el **Anexo_ER_1 se presentan las coordenadas** del **proyecto** y el **AI en archivos kml y shape file**.

En la figura 2 se muestra la localización de la trayectoria del **proyecto,** mediante el cual se muestran los cruces con:

- Caminos de acceso existentes y carreteras,
- Centros de población,
- Gasoductos existentes y cuerpos de agua,
- Puentes y líneas de transmisión,
- Vías de ferrocaril, entre otros.

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



I.3. Vinculación del proyecto con el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Reynosa, Tamaulipas (PMOTYURT)

El **PMOTYURT** se publicó el 11 de septiembre de 2013 en el anexo a la edición número 110 del tomo CXXXVIII del Periódico Oficial del estado de Tamaulipas. Posteriormente, con fecha 15 de diciembre de 2020 se publicó en el anexo a la edición número 150 del tomo CXLV del Periódico Oficial del estado de Tamaulipas la actualización del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Reynosa, Tamaulipas, siendo esta la versión más reciente del **PMOTYURT.**

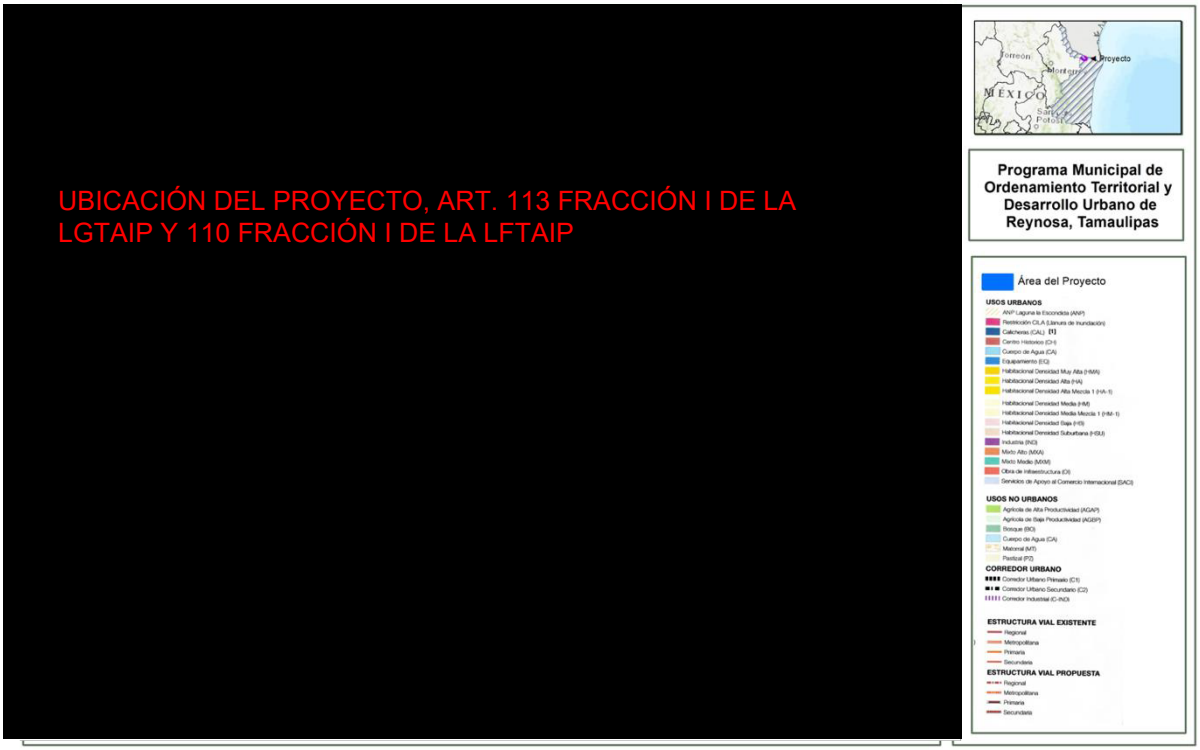
El objetivo de este programa es ordenar el territorio municipal de Reynosa, mejorar sus condiciones ambientales y programar la creación de la infraestructura y los servicios suficientes, así como su distribución eficiente en el territorio, estos objetivos se logran con la definición de usos, destinos,

reservas territoriales e infraestructura considerando el aprovechamiento de la vocación económica del Municipio.

El **PMOTYURT** se integra por dos grandes apartados: el primero corresponde a un análisis del contexto actual y su pronóstico, alineado con la Nueva Metodología sugerida por la SEDATU/SEMARNAT/GIZ del gobierno federal: El Ámbito Natural, Ámbito Municipal / Metropolitano, Ámbito Urbano, Ámbito Social, Ámbito Económico y Ámbito de Seguridad y Gobernanza; el segundo apartado se refiere a la propuesta de desarrollo urbano y de organización territorial, sus principales acciones, políticas, estrategias, instrumentos y programación.

De acuerdo con la zonificación secundaria, se verificó que el trazo del **proyecto** incide en los usos de suelo de Llanuar de Inundación (**CILA**), Agrícola de Alta Productividad (**AGAP**), Matorral (**MT**), Agrícola de Baja Productividad (**AGBP**), Pastizal (**PZ**), Industrial (**IND**) y Corredor Industrial. En la Figura 3 se presenta la ubicación del **Proyecto** con respecto al **PMOTYURT**

Figura. 3. Localización del trazo del ducto respecto de los usos de suelo del PMOTYURT



Considerando que la construcción del Proyecto es a cargo del **CENAGAS**, organismo público al que represento y la naturaleza del proyecto es esencialmente la prestación de un servicio público, el uso genérico que más se alinea con dichas características corresponde a **"E. INFRAESTRUCTURA"**, de acuerdo con la definición de Infraestructura establecida en las "Definiciones generales" del apartado 1.4 "Modalidades de utilización del suelo" del **PMOTYURT** consistente en:

"1.4 Modalidades de utilización del suelo

1.4.1 Definiciones generales

(…)

Infraestructura: a). - Primaria: **Son las obras, vialidades e instalaciones para el suministro general de los servicios públicos**; y b). - Secundaria: Son las obras, vialidades e instalaciones para dar servicios a los lotes producto de una acción de crecimiento urbano"

Del análisis realizado a la tabla de usos de suelo del **PMOTYURT**, se advierte que ninguna de las descripciones de los usos específicos que pertenecen al uso genérico de "E. Infraestructura" se prevé la actividad que se pretende realizar con el Proyecto, como lo es "Transporte de gas natural por medio de ductos", por ende, no se advierte alguna restricción o limitante expresa para su desarrollo en el **PMOTYURT**.

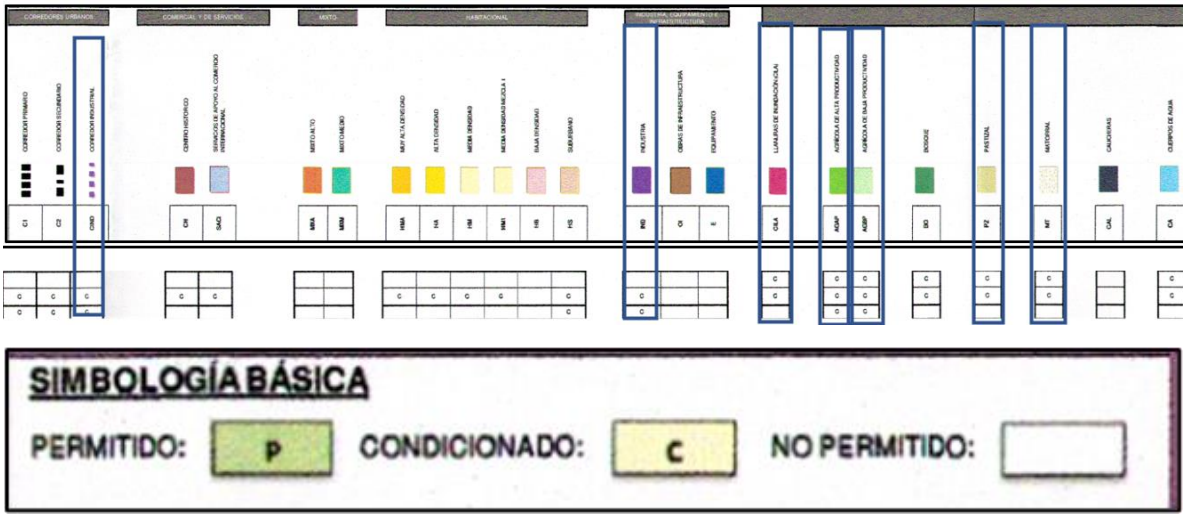
Al no existir ninguna limitante o restricción expresa para la actividad de "Transporte de gas natural por medio de ductos" en el **PMOTYURT** es posible afirmar que esta se encuentra permitida, en atención al principio de legalidad1 y en consecuencia el desarrollo del proyecto es congruente con los usos y destinos de la tabla de usos de suelo del **PMOTYURT.**

Refuerza lo anterior que el uso específico de "captación en diques, presas, represas, canales, arroyos y ríos. **Tratamiento, conducción y distribución de agua**" que pertenece al uso genérico "E. Infraestructura" es el de mayor similitud con la actividad del proyecto "Transporte de gas natural por medio de ductos", en virtud de ambos tener el propósito de la conducción y/o transportación de un bien para la prestación de un servicio público.

Si el uso específico de "captación en diques, presas, represas, canales, arroyos y ríos. **Tratamiento, conducción y distribución de agua**" que pertenece al uso genérico "E. Infraestructura" se clasifica como actividad condicionada en los usos de suelo de Llanuar de Inundación (CILA), Agrícola de Alta Productividad (AGAP), Matorral (MT), Agrícola de Baja Productividad (AGBP) y Pastizal (PZ), es viable considerar que también la actividad "Transporte de gas natural por medio de ductos" es un uso condicionado en dichos usos de suelo.

En las imágenes siguientes se muestra el extracto de dicha tabla de compatibilidades donde se muestra la compatibilidad del uso específico "captación en diques, presas, represas, canales, arroyos y ríos. **Tratamiento, conducción y distribución de agua" en los usos de** los usos de suelo de Llanuar de Inundación (CILA), Agrícola de Alta Productividad (AGAP), Matorral (MT), Agrícola de Baja Productividad (AGBP) y Pastizal (PZ) y la simbología básica.

Figura. 4. Extracto de la tabla de usos de suelo del PMOTYURT



Conclusión

No se advierte ninguna restricción o limitante expresa para el desarrollo de la actividad "Transporte de gas natural por medio de ductos", por tanto, es posible afirmar que esta se encuentra permitida, en atención al principio de legalidad y en consecuencia el desarrollo del proyecto es congruente con los usos y destinos de la tabla de usos de suelo del **PMOTYURT.**

I.4. Especificaciones del proyecto

El **proyecto** consiste en un **Gasoducto** de 24" Ø que libre la zona urbana de Reynosa, cuyo origen es la Estación de Regulación, Medición y Control (**EMRyC**) **Estación 2 Nueva** que es el punto de internación de gas natural de TETCO y Tennessee, hasta la **EMRyC Anzaldúas nueva**, este primer trazo tiene una extensión de 13 kilómetros y continúa desde la **EMRyC Anzaldúa nueva** hasta la **EMRyC Estación 19 nueva**, con una longitud de 43 kilómetros, resultando una longitud total aproximada de 56 kilómetros.

El proyecto para el transporte de gas natural a través del gasoducto de 24" Ø, operativamente se consideran las siguientes instalaciones:

- **EMRyC Estación 2 nueva** con Trampas de Diablos (**TRD's**) de las llegadas de importación, dos trenes de proceso con las siguientes etapas: sección de filtrado del gas importado, sección de regulación de flujo, sección de medición y regulación de presión.
- Ducto lineal regular de 24" Ø y longitud aproximada de 56 kilómetros Acero al Carbón **API-5L-X65** que inicia en la **EMRyC Estación 2 nueva** y finaliza **EMRyC Estación 19 nueva.** El gasoducto se divide en las siguientes secciones:
    - **Sección1:** EMRyC Terminal 2 nueva – EMRyC Anzaldúas nueva
    - **Sección 2:** EMRyC Anzaldúas nueva - EMRyC Estación 19 nueva

- 6 válvulas de seccionamiento intermedias a lo largo del ducto de 24” Ø.
- Las válvulas troncales necesarias para las siguientes conexiones con las **EMRyC´s**: salida de la **EMRyC Estación 2 nueva,** entrada y salida de la **EMRyC Anzaldúa nueva** hacia el libramiento Reynosa, salida del ducto de 12”-18”-12” Terminal 1-Matamoros en **EMRyC Anzaldúa nueva** hacia el libramiento Reynosa, y entrada a la **EMRyC Estación 19 nueva.**
- **EMRyC Anzaldúa nueva.** Como primera etapa operativa tendrá un tren de regulación de presión para el flujo que será enviado a Matamoros. En la segunda etapa operativa contará con un tren de proceso para acondicionamiento de gas procedente del ducto Anzaldúas – Campo Brasil 18” Ø.

  El tren de proceso tendrá sección de filtración con separación de condensados y medición de flujo. Adicionalmente tendrá un tren con regulación de presión para suministro de gas por medio de ducto existente de 12” Ø hacia el City Gate Parque Puente.
- **EMRyC Estación 19 nueva** con**:**
  a) trampa de diablos de recepción (TRD´s),
  b) un cabezal colector de gas,
  c) filtro separador,
  d) dos trenes de regulación de flujo con medición y regulación de presión, uno de envío de gas a la EC Caracol y el otro para conexión con el ducto Monterrey de 36” Ø,
  e) un tren con medición, regulación de flujo y regulación de presión, para conectar con el ducto existente Reynosa de 24”.;
  f) una línea de interconexión con medición y regulación de flujo, que conectará el gasoducto Burgos de 36” Ø con el gasoducto Libramiento Reynosa de 24” Ø.
- **TED y TRD** en los puntos inicial y final del libramiento Reynosa, respectivamente.
- Tanque de condensados en cada **EMRyC**.
- Sistema de odorización del gas natural sólo en la **EMRyC Estación 2 nueva.**

El **proyecto** tendrá una capacidad de transporte de **280 MMPCD**, la descripción del transporte de gas natural a través del **proyecto** será como sigue:

En la **EMRyC Estación 2 nueva** se recibirán las corrientes de gas natural importado procedentes de los ductos de Tennessee y en su caso de TETCO para ser enviadas a la TED del **proyecto** para que inicie su transporte hasta su punto final en la **EMRyC Estación 19 nueva** con todo su trayecto dentro del municipio de Reynosa, Tamaulipas.

Al salir de la **EMRyC Estación 2** nueva se dirige en dirección sureste, al oriente de la mancha urbana de Reynosa, Tamaulipas, pasando por la primera de las válvulas de seccionamiento hasta llegar a la actual **EMRyC Anzaldúa,** sitio donde se construirá **EMRyC Anzaldúa nueva**.

En esta **EMRyC Anzaldúa nueva** se tendrán las conexiones necesarias para enviar parte del gas hacia el ducto de 12” Ø – 18” Ø – 12” Ø con dirección hacia Matamoros, así como para recibir gas de este subsistema y enviar gas al City Gate Parque Puente.

Continuando con el flujo del **proyecto**, este sale de la **EMRyC Anzaldúa nueva** en dirección sur y paulatinamente va formando una curva hacia el poniente a manera de “U” y posteriormente una recta hacia el noroeste, de manera que termina en la TRD de la **EMRyC Estación 19 nueva,** ubicada sobre el costado de la autopista Monterrey-Reynosa, adyacente al CPG Burgos.

Este tramo entre la **EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** contará con seis válvulas de seccionamiento, 3 de ellas antes y 3 después del cruce con el canal Rodhe. Como flexibilidad operativa, el **proyecto** tendrá capacidad de transportar el gas de la **EMRyC Estación 19 nueva,** con el fin de dirigirlo como producto de exportación. esta operación adicional será descrita como un segundo escenario operativo.

Figura. 5. Diagrama esquemático del proyecto

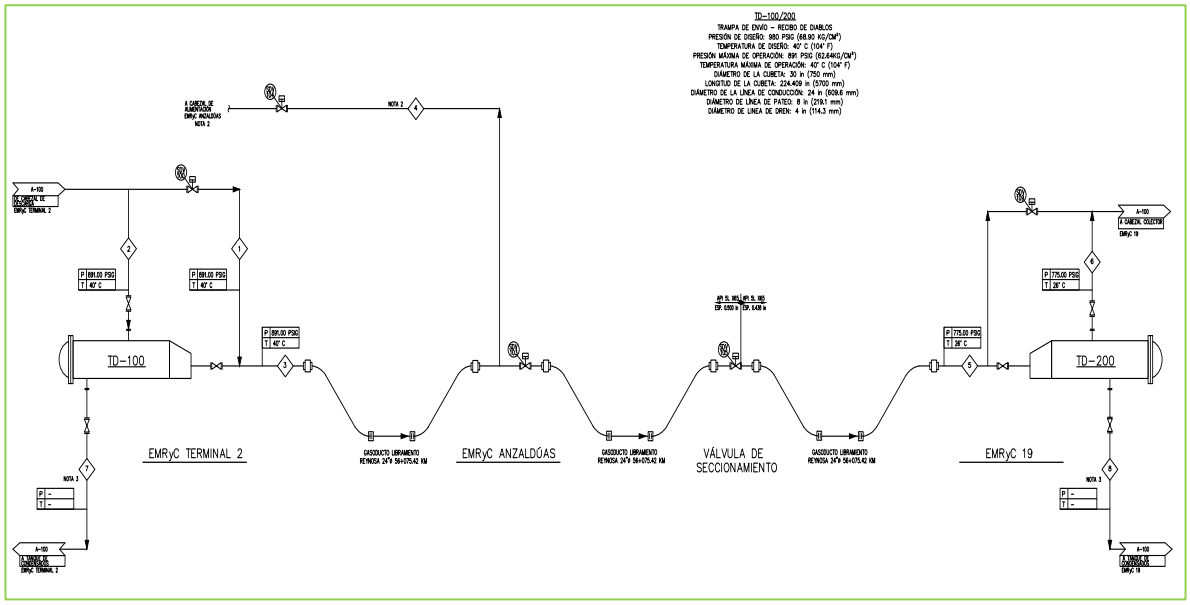


Tabla 1. Especificaciones de ducto

Nombre o segmento del ducto	Origen (km)	Destino (km)	Coordenadas UTM				Espesor (in)	Diámetro (in)	Presión de prueba hidrostática (kg/cm²) / psig	Especificación del ducto	Código de diseño	Presión de diseño y operación (kg/cm² / psig)		
			Inicio		Fin									
			X	Y	X	Y						Min	Normal	Máxima
Sección1: EMRyC Terminal 2 nueva – EMRyC Anzaldúas nueva	[redacted]						0.500	24	/1247	Acero al carbón API-5L-X65	ASME B 31.8	59.43 / 845.33	54.8 / 780	52 / 740
Sección 2: EMRyC Anzaldúas nueva - EMRyC Estación 19 nueva							0.500	24	/1247	Acero al carbón API-5L-X65	ASME B 31.8	59.43 / 845.33	54.8 / 780	52 / 740

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Tabla 2. Características de los equipos principales

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Código de diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida útil años	Sustancia	Estado físico de la sustancia	Presión de prueba hidrostática (psig)	Flujo de diseño/operación	Presión de diseño / operación (psig)	Temperatura de diseño / operación (ºF)	Sistema de control, sistemas de seguridad	Ubicación
Filtro Coalescente	FC-001	2025	280 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	280	990/900	140 / 86	SFG SDF SBP	EMRyC Terminal 2 nueva
Sistema de regulación de flujo	PA-001A	2025	280 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	280	990/900	104/86		
Sistema de medición	PA-002A	2025	280 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	280	990/900	104/86		
Patón de regulación de presión	PA-003A	2025	280 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	280	990/900	104/86		
Tanque acumulador de líquidos	PA-100	2025	7 m^3	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	NA	990/1 Atm	140/86		
Filtro Coalescente	FC-002	2025	280 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	280	990/900	104/86		
Sistema de regulación de flujo	PA-001B	2025	280 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	280	990/900	104/86		

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Código de diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida útil años	Sustancia	Estado físico de la sustancia	Presión de prueba hidrostática (psig)	Flujo de diseño/operación	Presión de diseño / operación (psig)	Temperatura de diseño / operación (ºF)	Sistema de control, sistemas de seguridad	Ubicación
Sistema de medición	PA-002B	2025	280 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	280	990/900	104/86		
Patón de regulación de presión	PA-003B	2025	280 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	280	990/900	104/86		
Sistema de medición	PA-002B	2025	40 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	40	990/891	140/86	SFG SDF SBP	EMRyC Anzaldúas
Sistema de medición	PA-002A	2025	12 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	12	990/891	140/86		
Patón de regulación de presión	PA-003a	2025	12 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	12	990/891	140/86		
Patón de regulación de presión	PA-003B	2025	20 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	20	990/891	140/86		
Tanque acumulador de líquidos	PA-100	2025	7 m^3	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	NA	990/1 Atm	140/86		
Filtro Coalescente	FC-001	2025	1100 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	1100	990/760	140/86	SFG SDF SBP	EMRyC Estación 19
Sistema de regulación de flujo	PA-001A	2025	1000 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	1000	990/760	140/86		
Sistema de regulación de flujo	PA-001B	2025	100 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	100	990/760	140/86		
Sistema de medición	PA-002A	2025	1000 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	40	990/760	140/86		
Sistema de medición	PA-002B	2025	100 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	40	990/760	140/86		
Sistema de medición	PA-002D	2025	20 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	20	990/775	140/86		

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Código de diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida útil años	Sustancia	Estado físico de la sustancia	Presión de prueba hidrostática (psig)	Flujo de diseño/operación	Presión de diseño / operación (psig)	Temperatura de diseño / operación (ºF)	Sistema de control, sistemas de seguridad	Ubicación
Patón de regulación de presión	PA-003	2025	20 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	20	990/775	140/86		
Tanque acumulador de líquidos	PA-100	2025	7 m^3	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	NA	990/1 Atm	140/86		
Turbo compresor de gas	TC-1903	2025	500 MMPCD	ASME VIII. Div. 1	Acero al Carbón	50	GN	Gas	1247	500	990/820	140/31		

Tabla 3. Clases de localización del gasoducto

Nombre o segmento del ducto	Tipo de localización	Inicio (Km)	Fin (km)	Coordenadas UTM				Espesor (in)
				X	Y	X	Y	
Sección1: EMRyC Terminal 2 nueva – EMRyC Anzaldúas nueva	4	0+000	13+305	573307.28	2885216.67	583050.70	2877387.88	0.500
Sección 2: EMRyC Anzaldúas nueva - EMRyC Estación 19 nueva	4	13+305	56+075	583050.70	2877387.88	552036.49	2877808.61	0.500

Tabla 4. Instalaciones superficiales EMRyC´s

Nombre	Ubicación (km)	Pasos de regulación	Presión de operación (psig)		Flujo de diseño y operación MMPCD		
			Entrada	Regulada	Mínimo	Normal	Máximo
EMRyC terminal 2 nueva	0+000	1	900	900	280	240	150
EMRyC terminal Anzaldúas nueva	13+305	1	891	891	280	240	150
EMRyC terminal 19 nueva	56+075	1	760	775	280	240	150

Tabla 5. Cruzamientos del gasoducto

No.	Clase de cruzamiento	Responsable	Tipo	cruce (km)	Espesor del ducto (in)
1	Carretero	OPT	[redacted]		0.500
2	Carretero	OPT			0.500
3	Carretera Estatal	OPT			0.500
4	Carretero	OPT			0.500
5	Carretero	OPT			0.500
6	Línea de Transmisión	CFE			0.500
7	Línea de Transmisión	CFE			0.500
8	Línea de Transmisión	CFE			0.500
9	Línea de Transmisión	CFE			0.500
10	Línea de Transmisión	CFE			0.500
11	Línea de Transmisión	CFE			0.500
12	Línea de Transmisión	CFE			0.500
13	Línea de Transmisión	CFE			0.500
14	Línea de Transmisión	CFE			0.500
15	Carretera	SICT			0.500
16	Permiso de cruce y Convenio	SICT/COCONAL			0.500
17	Carretera	SICT			0.500
18	Carretera	SICT			0.500
19	Permiso de cruce y Convenio	SICT/COCONAL			0.500
20	Permiso de cruce y Convenio	SICT/COCONAL			0.500
21	Carretera	SICT			0.500
22	Carretera	SICT			0.500
23	Canal de agua	CONAGUA			0.500
24	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
25	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
26	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
27	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
28	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
29	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
30	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
31	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
32	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
33	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
34	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
35	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
36	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
37	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
38	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
39	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
40	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500
41	Cuerpo de agua	CONAGUA			0.500

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

A continuación, se presenta la relación de los planos típicos civiles de cruces de las obras del gasoducto de 24" Ø.

Tabla 6. Planos cruces del gasoducto de 24" Ø

Nombre	Clave de plano	Anexo
Cruce canal Culebrón	B-620 R0 Cruce Canal Culebron.pdf	**Anexo_ER_2**, Carpeta Planos de cruces
Cruce Carretera interestatal brecha el Becerro	B-621 R0 Cruce Carr Interestatal Brecha El Becerro.pdf	
Cruce carretera Reynosa-San Fernando	B-622 R0 Cruce Carretera Reynosa-San Fernando.pdf	
Cruce Carretera Reynosa-Río Bravo	B-623 R0 Cruce Carretera Reynosa- Rio Bravo.pdf	
Cruce Complejo Burgos carretera Reynosa-Monterrey	B-624 REV. 0 Cruce Complejo Burgos Carr Reynosa Monterrey (mayo 2023-) -B-624.pdf	
Cruce Dren el Morillo	B-625 REV.0 Cruce Dren El Morillo Km 12 + 060 (mayo 2023).pdf	
Cruce lateral Libramiento Echevarría	B-626 REV.0 Cruce Lateral Libramiento Echeverria (mayo 2023).pdf	
Cruce Libramiento Echevarría	B-627 REV.0 Cruce Libramiento Echeverria (mayo 2023).pdf	
Cruce Libramiento Reynosa Sur	B-628 R0 Cruce Lib. Reynosa Sur- II.pdf	
Cruce Canal Anzaldúas	B-629 REV.0 Cruces Canal Anzaldúas (mayo 2023).pdf	
Cruce Dren el Morillo	B-630 REV. 0 Cruce Dren El Morillo Km 13+600 & Línea At Mayo 2023.pdf	
Cruce Dren alacranes y FFCC.	B-631 R0 Cruce Dren Alacranes y FFCC.pdf	

El perfil de elevación del gasoducto de 24" Ø, de acuerdo a los planos de trazo y perfil se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Planos de trazo y perfil del gasoducto de 24" Ø

Nombre	Clave de plano	Anexo
Plano trazo y perfil gasoducto de 24" Ø	B-001 REV 0 Trazo gasoducto 24 PLG Libramiento Reynosa.pdf	**Anexo_ER_3**, Carpeta Planos de trazo y perfil
Plano trazo y perfil tramo 0+000-3+000	B-601 Tramos 0+000-3+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 3+000-6+000	B-602 Tramos 3+000-6+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 6+000-9+000	B-603 Tramos 6+000-9+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 9+000-12+000	B-604 Tramos 9+000-12+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 12+000-15+000	B-605 Tramos 12+000-15+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 15+000-18+000	B-606 Tramos 15+000-18+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 18+000-21+000	B-607 Tramos 18+000-21+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 21+000-21+000	B-608 Tramos 21+000-24+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 24+000-27+000	B-609 Tramos 24+000-27+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 27+000-30+000	B-610 Tramos 27+000-30+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 30+000-33+000.	B-611 Tramos 30+000-33+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 33+000-36+000.	B-612 Tramos 33+000-36+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 36+000-39+000.	B-613 Tramos 36+000-39+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 39+000-42+000.	B-614 Tramos 39+000-42+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 42+000-45+000.	B-615 Tramos 42+000-45+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 45+000-48+000.	B-616 Tramos 45+000-48+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 48+000-51+000.	B-617 Tramos 48+000-51+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 51+000-54+000.	B-618 Tramos 51+000-54+000.pdf	
Plano trazo y perfil tramo 54+000-56+075.	B-619 Tramos 54+000-56+075.42	

Tabla 8. Ubicación de las válvulas de seccionamiento SDV´s

Válvula de seccionamiento	Seccionamiento	Coordenadas UTM	
		X	Y
Válvula SDV 101	KM 8+650	[redacted]	
Válvula SDV 102	KM 8+850		
Válvula SDV 103	KM 13+305		
Válvula SDV 105	KM 13+505		
Válvula SDV 106	KM 23+400		
Válvula SDV 107	KM 23+600		
Válvula SDV 108	KM 46+000		

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

A. Sistema de tierras

En las **EMRyC** se instalará el sistema de tierras con varillas pata tierras Copperweld de conductor de cobre desnudo calibre 2/0 7 hilos de 5/8" Ø y 10" longitud, electrodos de 5/8" Ø de largo de 3 metros, la delta es de conductor de cobre desnudo calibre 2/0, la zapata terminal para unión de cable 2/0 a placa de cobre de ¼". EL pozo para varilla debe ser relleno de arcilla sin piedra con tubo de concreto con una longitud de 39" y 10" Ø. Asimismo se deberán de seguir las siguientes especificaciones:

- La localización de registros, varilla, cables y conexiones de la red su posición exacta se determinará en campo.
- El cable de tierra al salir del piso de protegerá con un tramo de tubería de 19 mm de diámetro con objeto de que no queden ahogados en la losa de piso.
- Los equipos electrónicos e instrumentos deberán conectarse a tierra aislada en forma independiente, para evitar interferencias.
- La resistencia a tierra de la red deberá ser menor de 5 ohm lo cual deberá probarse cuando esté terminada la instalación, si la resistencia medida es mayor, deberán instalarse más varillas o aplicar tratamiento químico al terreno.
- El cable de la red principal del sistema de tierra se instalará a una profundidad mínima de 80 cm, cuando sea posible.
- La barra para conexión a tierra deberá ir colocada sobre muro o columna a 15 cm de altura sobre el nivel de piso terminado y deriva de la delta de tierra aislada
- Las tuberías de proceso en trayectoria paralelas deben ser conectadas a tierra, juntas en el rack de tuberías y en la entrada de la Estación a intervalos de 50 metros.

Tabla 9. Planos del sistema de tierras

Nombre	Clave de plano	Anexo
EMRyC Anzaldúas	L-240 R.C.EMRyC Anzaldúas.pdf	**Anexo_ER_4**, Carpeta Planos de sistema de tierras
EMRyC Estación 19	L-240 R.C EMRyC Estación 19.pdf	

B. Sistema de descarga (pararrayos)

Las terminales aéreas (pararrayos) nuevas se montarán en el techo del edificio de servicios y en los postes de pararrayos alrededor de la nueva área de proceso, los sistemas existentes no sufrirán modificación debido a que solo se está complementando la protección de la Estación en general.

El cable de pararrayos montado en los techos de los edificios y el cable de los bajantes hacia los contadores de descargas y varillas deberá ser soportado cada 1 metro con abrazaderas de cobre con tornillos y taquetes a la losa o muro según aplique.

Las varillas del sistema de pararrayos deberán interconectarse con el sistema de tierras para lograr un equipotencial del sistema.

Tabla 10. Planos del sistema de descargas (pararrayos)

Nombre	Clave de plano	Anexo
EMRyC Anzaldúas	L-250-R.C EMRyC Anzaldúas.pdf	**AnexoER_5**, Carpeta Planos del sistema de descargas (pararrayos)
EMRyC Estación 19	L-250 R.C EMRyC Estación 19.pdf	

C. Sistema de protección catódica

El sistema de protección catódica tiene la finalidad de proteger al gasoducto contra cualquier hendidura en el recubrimiento utilizando una corriente eléctrica directa para contrarrestar la corrosión externa normal.

En este el diseño será de camas anódicas de ánodos de grafito con rectificadores de 100 amperes por 100 volts conectados con corriente impresa.

D. Postes de Medición tipo “R” Polilínea.

Los postes deberán de cumplir con las siguientes características:

- Deben de ser de concreto con una resistencia mínima de 150 kg/cm^2.
- Deberán ser instalados estratégicamente donde se registren los valores de potencial más representativos. En zonas don presencia de bacterias sulforeductoras, en mayor a 500 metros y en zonas rurales con espaciamiento máximo de 1 kilómetro, a lo largo de la tubería por proteger.
- La separación del poste de medición con respecto al ducto será de 1 metro y para una profundidad del ducto de 1.20 metros.
- Se deberá de remover el recubrimiento anticorrosivo del punto a soldar previamente y realizar limpieza mecánica de superficie, la limpieza debe ser al menos una pulgada mayor a las dimensiones del molde de aplicación de la soldadura.

- Se deberá de realizar una prueba de continuidad eléctrica entre la pared del tubo de 24” Ø y el extremo no soldado del cable, después de aplicada la soldadura exotérmica el criterio de aceptación del trabajo ejecutado de 24” Ø realizado será realizar una prueba.
- Soldadura exotérmica, también deberá adecuar una prueba de continuidad eléctrica mediante multímetro. Las zonas donde fue removido el recubrimiento anticorrosivo deben ser reparadas con recubrimiento anticorrosivo a base de epóxico líquido de altos sólidos, para recubrir contaminantes producto de la soldadura y la aplicación de resina de medición
- Se deberá de realizar un levantamiento de potenciales a lo largo de la trayectoria del gasoducto de 24” Ø, los valores de voltaje obtenido deberán estar entre -0.85 y -1.3 volts con respecto a una celda de $CUSO_4$.
- La inspección y mantenimiento del sistema de protección catódica debe apegarse a lo indicado en las disposiciones de carácter general que establecen los lineamientos del material.

Tabla 11. Localización de postes

Localización del trazo	Tipo de poste	Cantidad	Coordenadas UTM		Datos grabados en las caras de los postes de concreto de tipo R Medición y Amojonamiento			
			X	Y	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Gasoducto de 24” Ø de 56 km de EMRyC Estación No. 2 Reynosa a EMRyC Estación 19	Toma potencial	1	[redacted]				Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
		1					Est. 2 Est. 19	24
	Total	17						
Cama anódica		Amojonamiento					11 ánodos	NA

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Tabla 12. Planos típicos de sistema de protección catódica y postes de medición tipo R

Nombre	Clave de plano	Anexo
Detalles de postes de medición tipo R Polilínea	V-300.pdf	**Anexo_ER_6**, Carpeta Planos del sistema de protección catódica y postes de medición
Sistema de protección catódica	V-400 REV C.pdf	

E. Pruebas no destructivas

Pruebas de aceptación. antes de realizarse cualquier tipo de prueba al Recipiente en presencia del personal de **CENAGAS** si así lo requiere, es requisito indispensable que el contratista haya ejecutado previamente con éxito una prueba del equipo, de la cual enviará un reporte por escrito a **CENAGAS**.

El personal autorizado por **CENAGAS** debe participar en las pruebas el contratista debe enviar por escrito a **CENAGAS** los protocolos de las pruebas de aceptación en sitio para comentarios y/o aprobación, por lo menos quince días antes de la fecha programada del inicio de las pruebas. quince días posteriores a la entrega de los protocolos, **CENAGAS** debe notificar por escrito los comentarios y su aprobación en caso de que el contratista no reciba comunicado, asumirá que los protocolos se aprueban.

El contratista debe realizar el diseño particular de los formatos necesarios para el registro, evaluación y aprobación de las pruebas.

CENAGAS se reserva los derechos para presenciar y participar en algunas o todas las pruebas que serán realizadas

CENAGAS se reserva los derechos para solicitar algunas pruebas especiales sobre cualquier parte del Recipiente.

Pruebas de aceptación en fabrica del Recipiente, deben ser realizadas por el fabricante del equipo, y además, desarrollar las actividades para el protocolo.

Inspección y pruebas en taller del contratista. desde el momento de colocar la orden de compra hasta la aprobación final del Recipiente, los trámites para compra de materiales, trámites legales, así como el proceso de fabricación, resultados, radiográficos, pruebas que se requieran, estarán a supervisión por inspectores autorizados a juicio de **CENAGAS**. la prueba hidrostática, radiografiado de soldaduras, y otras pruebas estarán de acuerdo con lo indicado en el código ASME Sección VIII División 1 y en los procedimientos de calidad del contratista.

Examen radiográfico. todas las soldaduras del cuerpo y tapas serán radiografiadas al 100%. las soldaduras que no produzcan una película interpretable ya sean por geometría de la junta o por interferencia de una fuente radioactiva serán examinadas por el método de partículas magnéticas en materiales magnéticos.

Prueba hidrostática. el recipiente será probado hidrostáticamente a 1.3 veces el valor de la presión máxima permisible de trabajo, es decir, el 30% arriba de la misma. el agua empleada será limpia, fresca, neutra y libre de partículas en suspensión que no pasen en una malla de 100 hilos.

En ningún caso, el esfuerzo de cualquier parte sujeta a presión excederá el 90% del punto de cedencia a la temperatura de prueba para el material usado.

Protocolo de instalación

El protocolo de la prueba de aceptación en campo debe ser revisado y aprobado por parte de **CENAGAS**; el cual debe desarrollarse y estar acorde al siguiente procedimiento.

- Efectuar la instalación e instrumentación del Recipiente. (contratista)
- Se realizará la interconexión (amarre) y puesta en operación (**CENAGAS** y contratista).
- Observar el comportamiento de operación del Recipiente e instrumentos, (**CENAGAS** y contratista).

- Realizar la prueba de funcionalidad respectiva del Recipiente (**CENAGAS** y contratista) para carga normal, mínima y máxima.
- Realizar las pruebas de aceptación (**CENAGAS** y contratista) para carga normal, mínima y máxima.

Si las pruebas mencionadas, no es aceptada por **CENAGAS**, el contratista debe efectuar la(s) modificación(es) necesaria(s) para que el Recipiente opere eficientemente, y regresar nuevamente a las pruebas.

Si las pruebas de funcionalidad respectiva, es aceptada por **CENAGAS**, el Recipiente se dará por satisfactorio, notificándolo por escrito al contratista a más tardar una semana después de haber concluido la prueba.

Una vez instalado el recipiente el contratista debe realizar las pruebas de hermeticidad, las cuales deben ser probadas por **CENAGAS**, para asegurar que no exista fugas.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

II.1. Sustancia transportada

La sustancia transportada es gas natural el cual durante todo el sistema de transporte conserva su estado físico como gas. La composición del gas natural es típica de la Estación Terminal 2, la cual se deberá validar en la ingeniería de detalle, Se presenta en **ANEXO_ER_7_HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD**.

Tabla 13. Composición del gas natural

Parámetros	Valores promedio	Unidades
% Metano	95.84989	%mol
% Etano	2.181343	%mol
% Propano	0.074291	%mol
% i Butano	0.01434	%mol
% n Butano	0.01624	%mol
% n Pentano	0.000963	%mol
% i Pentano	0.002203	%mol
% Hexano	0.002131	%mol
% C7	0.000748	%mol
% C8	0.001544	%mol
% C9	0.007822	%mol
N_2	1.022458	%mol
CO_2	0.833545	%mol
Peso molecular	16.99	Kg/mol
Densidad	37.48	Kg/m^3
Capacidad calorífica	2.50	Kcal/kg °C
Factor de comprensibilidad	0.90	---
Cp/Cv	1.47	---
Viscosidad	0.01	Cp

II.2. Cantidad de gas almacenado en el STGN

La materia prima utilizada es el gas natural, cuyo componente principal es el metano, el cual se encuentra dentro de los ductos de transporte en cantidades superiores a la de reporte para ser considerado como una actividad altamente riesgosa.

Para determinar la cantidad de metano dentro del sistema, se hizo el cálculo de la densidad del gas natural mediante el método AGA8-92DC[1].

1. La composición del gas natural que será utilizada está descrita en la Tabla 16 Composición del gas natural.
2. La temperatura a la cual se encuentra el gas natural en condiciones de operación es 25°C
3. Para el cálculo de la presión atmosférica en que se toma es 101,325.35 Pascales que va desde EMRyC Terminal 2 nueva hasta EMRyC Estación 19 nueva.
4. La masa de metano es calculada multiplicando la densidad del gas a la presión indicada x% peso de metano x volumen dentro del sistema cerrado.

El **STGN** operará con un flujo de entrega máximo de 280 MMPSCD, convirtiéndolos en Kg de gas natural, tenemos:

Kg de GN = Flujo (pie^3/día) * 0.0283168 m^3 * densidad (kg/m^3)

Kg de GN = 280,000,000 * 0.0283168 * 37.48

Kg de GN = 297,167,826 kg

Tabla 14. Sustancia peligrosa manejada en el proyecto

Nombre	Cantidad máxima almacenada (kg/día)	Contenedor	S	I	R	CAS	TLV (ppm)	IDLH (ppm)	STEEL (ppm)	LII (%)	LSI (%)	Flash point (°C)	LAAR (Kg)
Gas natural	297,167,826	Ducto de 24" Ø	1	4	0	74-82-8	--	--	--	4.5	14.5	-222	500

S: Riesgo a la salud, I: Inflamabilidad, R: Reactividad, CAS: Chemical Abstracs Service, TLV: Threshold Limit Values, IDLH: Inmediately Dangerous to Life or Health, STEL: Short Term exposure Limit, LII: Límite Inferior de inflamabilidad, LSI: Límite Superior de inflamabilidad, LAAR: Listado de Actividades Altamente Riesgosas.

Tabla 15. Cálculo de metano contenido en el sistema

Sección	longitud (m)	Diámetro (m)	Volumen (m^3)	% Volumen de metano	Densidad (kg/m^3)	Masa (Kg)
EMRyC Terminal 2 a Válvula SDV 101	8,650	0.6096	2,524.63	94.90%	37.48	89,797.18
Válvula SDV 101 a Válvula SDV 102	200	0.6096	58.37	94.90%	37.48	2,076.24
Válvula SDV 102 a Válvula SDV 103	4,455	0.6096	1,300.25	94.90%	37.48	46,248.14
Válvula SDV 103 a Válvula SDV 105	200	0.6096	58.37	94.90%	37.48	2,076.24
Válvula SDV 105 a Válvula SDV 106	9,895	0.6096	2,888.00	94.90%	37.48	102,721.75
Válvula SDV 106 a Válvula SDV 107	200	0.6096	58.37	94.90%	37.48	2,076.24

[1] https://www.unitrove.com/engineering/tools/gas/natural-gas-density y con las referencias siguientes: ISO 12213-2 (2006) Natural gas - Calculation of compression factor - Part 2: Calculation using molar-composition analysis Starling, K. E., Savidge, J.L. (1992) Compressibility Factors for Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Gases, American Gas Association (AGA) Transmission Measurement Committee Report No. 8, American Petroleum Institute (API) MPMS, Chapter 14.2, Second Edition, November 1992.

Válvula SDV 107 a Válvula SDV 108	22,400	0.6096	6,537.76	94.90%	37.48	232,538.37
Válvula SDV 108 a EMRyC Estación 19	10,075	0.6096	2,940.53	94.90%	37.48	104,590.36
Total	**56,075**					**582,124.52**

En vista de que la masa de metano en el ducto sobrepasa los 500 kg se puede concluir que el proyecto es una actividad altamente riesgosa.

El metano se encuentra dentro del segundo listado de actividades altamente riesgosas por ser una sustancia inflamable y explosiva, con una cantidad de reporte de 500 kg. Por lo que, al producirse una liberación durante su transporte, provocaría la formación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamabilidad, en un área determinada por una franja de 100 metros de longitud en torno de las instalaciones o medio de transporte dados, y en el caso de formación de nubes explosivas, la presencia de ondas de sobrepresión de 0.5 lb/pulg^2 en esa misma franja.

De acuerdo con la guía para la elaboración del estudio de riesgo ambiental modalidad ductos terrestres publicada por **SEMARNAT** y que representa un antecedente regulatorio inmediata de la guía del **ARSH**, se entiende como accidente de alto riesgo ambiental una explosión, incendio, fuga o derrame súbito que resulte de un proceso en el curso de las actividades de cualquier establecimiento, así como en ductos, en los que intervengan uno o varios materiales o sustancias peligrosas y que representen un peligro grave (de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible) para la población, los bienes y el ambiente. A este tipo de accidentes se les considera como accidentes mayores y dentro del presente proyecto se incluyen los siguientes:

1. Liberación de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite (cantidad de reporte o de control).
2. Cualquier fuego mayor que dé lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta o instalación, que exceda de 5 kW/m^2 por varios segundos.
3. Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar ondas de sobrepresión iguales o mayores de 1 lb/pulg^2.
4. Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto como para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.
5. Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba del nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana (IDLH, Immediately Dangerous to Life or Health por sus siglas en inglés; inmediatamente peligroso para la vida o la salud), en áreas aledañas a la fuente emisora.
6. En el caso del transporte, se considera como un accidente, el que involucre la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos que pueden causar la afectación severa de la salud de la población y/o del ambiente.

Así mismo se manifiesta que el presente proyecto pertenece al sector hidrocarburos al realizar algunas de las actividades descritas en el artículo 3º., fracción XI de la Ley de la **ASEA**.

Tabla 16. Actividad del sector hidrocarburos (artículo 3o., fracción XI de la Ley de la ASEA

a	Reconocimiento y exploración superficial, y explotación 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 y distribución de gas natural.	**d**	Transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo.	**e**	Transporte, almacenamiento y distribución 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.

Tabla 17. Resumen de sustancias peligrosas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Riesgo químico					Flujo en millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD)	Concentración (% mol)	Capacidad total			Tipo de almacenamiento	Cantidad de reporte de LAAR
		C	R	E	T	I			Máxima de proceso (Ton/día)	Máxima de transporte (Ton/día)	Máxima de Almacenamiento (Kg)		
Metano	74-82-8			X		X	280	94.90	NA	297,167.826	582,124.52	Ducto de 24” Ø	500 Kg

II.3. Operación del STGN

Las condiciones de operación previstas para el **Gasoducto** son, a manera de resumen.

Tabla 18. Condiciones de operación del gasoducto del proyecto

Parámetros	Condición máxima	Condición normal	Condición mínima
Presión (kg/cm^2) 7 (psig)	59.43/845.33	54.8/780	52/740
Flujo volumétrico (MMPCD)	280	240	150
Temperatura (°C) / (°F)	40/104	30/86	25/77

El **proyecto** tendrá una capacidad de transporte de **280 MMPCD**, la descripción del transporte de gas natural a través del **proyecto** será como sigue:

En la **EMRyC Estación 2 nueva** se recibirán las corrientes de gas natural importado procedentes de los ductos de Tennessee y en su caso de TETCO para ser enviadas a la TED del **proyecto** para que inicie su transporte hasta su punto final en la **EMRyC Estación 19 nueva** con todo su trayecto dentro del municipio de Reynosa, Tamaulipas.

Al salir de la **EMRyC Estación 2** nueva se dirige en dirección sureste, al oriente de la mancha urbana de Reynosa, Tamaulipas, pasando por la primera de las válvulas de seccionamiento hasta llegar a la actual **EMRyC Anzaldúa,** sitio donde se construirá **EMRyC Anzaldúa nueva**.

En esta **EMRyC Anzaldúa nueva** se tendrán las conexiones necesarias para enviar parte del gas hacia el ducto de 12” Ø – 18” Ø – 12” Ø con dirección hacia Matamoros, así como para recibir gas de este subsistema y enviar gas al City Gate Parque Puente.

Continuando con el flujo del **proyecto**, este sale de la **EMRyC Anzaldúa nueva** en dirección sur y paulatinamente va formando una curva hacia el poniente a manera de “U” y posteriormente una recta hacia el noroeste, de manera que termina en la TRD de la **EMRyC Estación 19 nueva,** ubicada sobre el costado de la autopista Monterrey-Reynosa, adyacente al CPG Burgos.

Este tramo entre la **EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** contará con seis válvulas de seccionamiento, 3 de ellas antes y 3 después del cruce con el canal Rodhe. Como flexibilidad operativa, el **proyecto** tendrá capacidad de transportar el gas de la **EMRyC Estación 19 nueva,** con el fin de dirigirlo como producto de exportación. esta operación adicional será descrita como un segundo escenario operativo.

Tabla 19. Diagramas de flujo de proceso del proyecto

Nombre	Clave de plano	Anexo
Escenario operativo sin variación de flujo	A-100 Gasoducto Rev. 0.pdf	**Anexo_ER_8**, Carpeta Planos de Diagramas de Flujo de Proceso (DFP´s)
Escenario operativo con variación de flujo 1	A-101 Gasoducto Rev. 0.pdf	
Escenario operativo con variación de flujo 2	A-102 Gasoducto Rev. 0.pdf	
Escenario operativo sin variación de flujo	EMRyC Terminal 2 A-100 Rev. (Hoja 1-2).pdf	
	EMRyC Terminal 2 A-100 REV.C (HOJA 2-2).pdf	
Escenario operativo con variación de flujo 1	EMRyC Terminal 2 A-101 REV.C (HOJA 1-2).pdf	
	EMRyC Terminal 2 A-101 REV.C (HOJA 2-2)).pdf	
Escenario operativo con variación de flujo 2	EMRyC Terminal 2 A-102 REV.C (HOJA 1-2).pdf	
	EMRyC Terminal 2 A-102 REV.C (HOJA 2-2).pdf	
Escenario de exportación	EMRyC Terminal 2 A-103 REV.C (HOJA 1-2)).pdf	
	EMRyC Terminal 2 A-103 REV.C (HOJA 2-2).pdf	
Escenario operativo 1	EMRyC Anzaldúa A-100 REV.C (HOJA 1-2).pdf	
	EMRyC Anzaldúa A-100 REV.C (HOJA 2-2).pdf	
Escenario operativo 2	EMRyC Anzaldúa A-101 REV.C (HOJA 1-2).pdf	
	EMRyC Anzaldúa A-101 REV.C (HOJA 2-2).pdf	
Escenario operativo 1	EMRyC 19 A-100 REV.C (HOJA 1-2).pdf	
	EMRyC 19 A-100 REV.C (HOJA 2-2).pdf	
Escenario operativo 2	EMRyC 19 A-101 REV.C (HOJA 1-2).pdf	
	EMRyC 19 A-101 REV.C (HOJA 2-2).pdf	
Escenario de exportación	EMRyC 19 A-102 REV.C (HOJA 1-1).pdf	

Tabla 20. Diagramas de tuberías e instrumentación del proyecto

Nombre	Clave de plano	Anexo
Gasoducto de 24” Ø	A-300 Gasoducto Rev. 0.pdf	**Anexo_ER_9**, Carpeta Planos de Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI´s)
	A-301 Gasoducto Rev. 0.pdf	
	A-302 Gasoducto Rev. 0.pdf	
EMRyC Terminal 2 Sistema de filtración	A-300 (H 1 DE 2) Rev.C_EMRyC Terminal 2 - copia.pdf	
	A-300 (H 2 DE 2) Rev.C_EMRyC Terminal 2 - copia.pdf	
EMRyC Terminal 2 Patín de regulación	A-310 (H 1 DE 2) Rev.C_EMRyC Terminal 2 - copia.pdf	

Nombre	Clave de plano	Anexo
	A-310 (H 2 DE 2) Rev.C_EMRyC Terminal 2 - copia.pdf	
EMRyC Terminal 2 Patín de medición	A-320 (H 1 DE 2) Rev.C_EMRyC Terminal 2 - copia.pdf	
	A-320 (H 2 DE 2) Rev.C_EMRyC Terminal 2 - copia.pdf	
EMRyC Terminal 2 Patín de regulación de presión	A-330 (H 1 DE 2) Rev.C_EMRyC Terminal 2 - copia.pdf	
	A-330 (H 2 DE 2) Rev.C_EMRyC Terminal 2 - copia.pdf	
EMRyC Terminal 2 Tanque de condensados	A-340 Rev.C_EMRyC Terminal 2 - copia	
EMRyC Anzaldúas Sistema de filtración	A-300 Rev.C_EMRyC_ANZALDÚAS.pdf	
EMRyC Anzaldúas Patín de medición	A-320 (H 1 DE 2) Rev.C_EMRyC ANZALDÚAS.pdf	
	A-320 (H 2 DE 2) Rev.C_EMRyC ANZALDÚAS.pdf	
EMRyC Anzaldúas Patín de regulación de presión	A-330 (H 1 DE 2) Rev.C_EMRyC ANZALDÚAS.pdf	
	A-330 (H 2 DE 2) Rev.C_EMRyC ANZALDÚAS.pdf	
EMRyC Anzaldúas Tanque de condensados	A-340 Rev.C_EMRyC_ANZALDÚAS.pdf	
EMRyC Estación 19 Sistema de filtración	A-300 Rev.C EMRyC 19	
EMRyC Estación 19 Patín de regulación	A-310 Rev.C (H1 DE 3) EMRyC 19	
	A-310 Rev.C (H2 DE 3) EMRyC 19	
	A-310 Rev.C (H3 DE 3) EMRyC 19	
EMRyC Estación 19 Patín de medición de flujo	A-320 Rev.C (H1 DE 4) EMRyC 19	
	A-320 Rev.C (H2 DE 4) EMRyC 19	
	A-320 Rev.C (H3 DE 4) EMRyC 19	
	A-320 Rev.C (H4 DE 4) EMRyC 19	
EMRyC Estación 19 Patín de regulación de presión	A-330.Rev.C EMRyC 19	
EMRyC Estación 19 Tanque de condensados	A-340 Rev. C EMRyC 19	

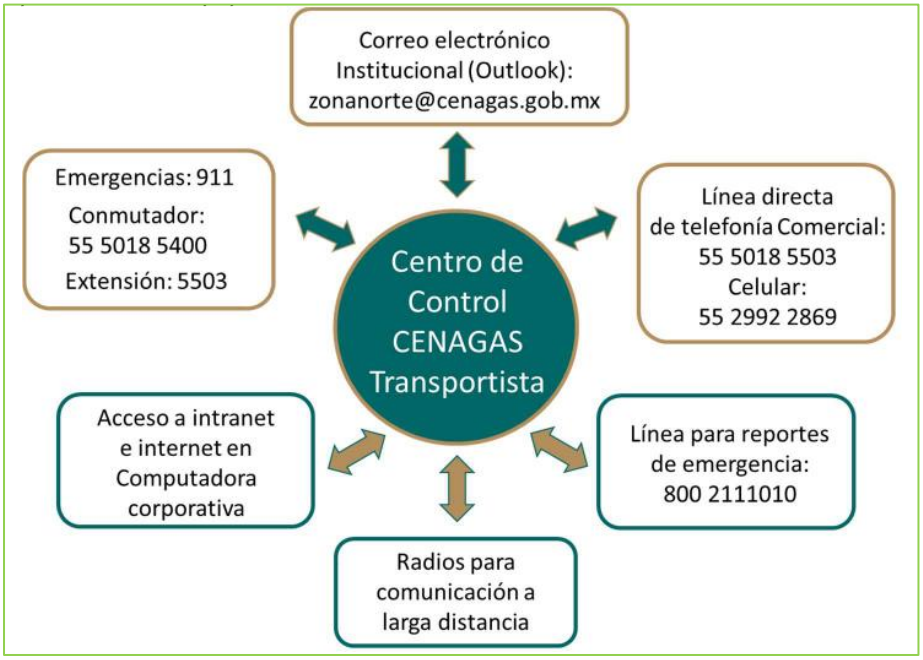
II.3.1. Presión máxima de operación permisible

Durante la operación del proyecto se debe de tener cuidado de no rebasar la Presión Máxima de Operación Permisible (**PMOP**) de los ductos o segmentos de ductos, además de cerciorarse de que el personal operativo cuente con la tabla de los valores acuerdo con la frecuencia establecida para actualizarlos, de conformidad con el procedimiento y/o lineamiento respectivo interno del **CENAGAS**. Asimismo, para la seguridad de las instalaciones y cuidado del medio ambiente, el personal de campo de la residencia debe mantener actualizado el censo de válvulas de seguridad de las instalaciones y cerciorarse que dichos dispositivos de seguridad estén calibrados tomando en cuenta los valores actuales de la **PMOP**.

II.3.2. Medios de comunicación

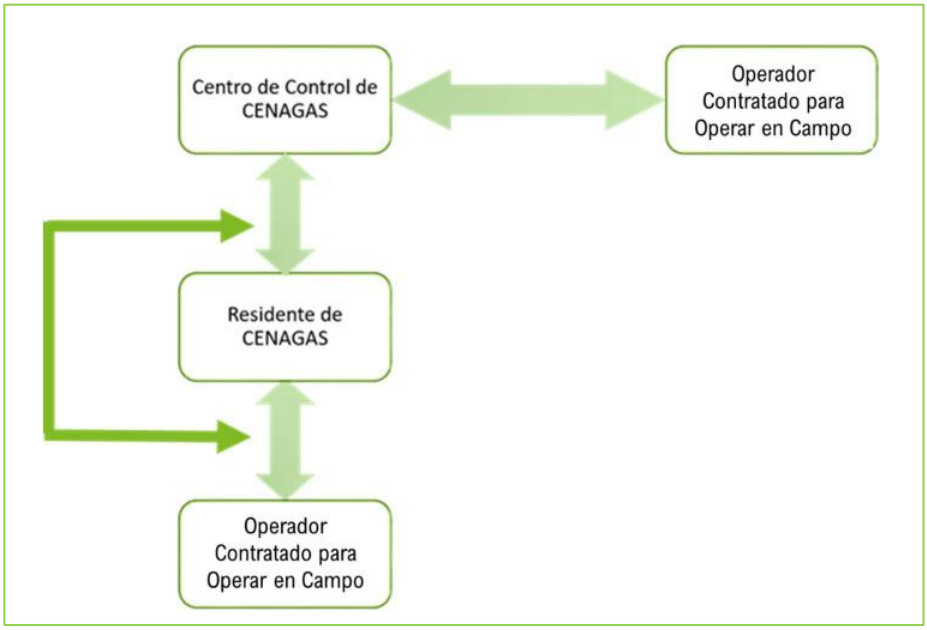
Los canales y medios disponibles que el personal adscrito a la Dirección de Operación tiene que establecer comunicación con el personal involucrado en la operación de los subsistemas del transporte de gas natural (personal operativo de campo= son como muestra en la figura siguiente9.

Figura. 6. Medios de comunicación en la operación del proyecto



Como apoyo al **CENAGAS** se tiene programado la contratación con una empresa el servicio de operación y seguridad en campo, por lo que la comunicación entre el CCC y el personal de campo, de manera más específica que da como sigue.

Figura. 7. Comunicación con empresa contratada



II.3.3. Operación normal del proyecto

El **proyecto** operará en forma manual cuando no existan alarmas operativas o desviaciones a los rangos operativos establecidos como seguros. Los Controladores de CCC cuentan con los procedimientos operativos detallados que describen las actividades necesarias para cada caso que se pueda presentar en el **proyecto** durante su operación, tratando de mantenerlo siempre de condiciones normales, por lo que resulta obligatorio seguir estrictamente lo establecido en los procedimientos operativos.

Para iniciar una jornada de operación normal personal de CCC debe asegurarse de contar con la versión más actualizada de la programación diaria del transporte y a través del monitoreo y control mediante el sistema **SCADA** vigila que las inyecciones, extracciones y transferencias entre ductos estén acorde a lo programado. En caso de discrepancias o tendencias fuera de lo común se apega a lo establecido en los procedimientos respectivos.

A continuación, se muestran los diferentes escenarios de operación que pueden presentarse durante la operación del **proyecto**, para lo cual el Controlador CCC deberá tomar las medidas correspondientes de acuerdo con los procedimientos operativos vigentes.

- Oferta y demanda similares.
- Oferta mayor que la demanda.
- Oferta menor que la demanda.

II.3.4. Condición de emergencia del proyecto

Una condición de emergencia que afecte la operación normal del **proyecto** o al menos una parte de este, y tenga como consecuencia la suspensión total o parcial o la reducción del servicio de transporte de gas natural, puede ser motivada por, al menos (de manera enunciativa más no limitativa):

- Liberación no controlada de gas natural.
- Fugas mayores a causa de desastres naturales, sabotajes, atentados, accidentes, etc.
- Afectaciones de terceros.
- Incendio o explosión en cualquier parte del subsistema de transporte o instalación adyacente

Si llegará a presentarse una condición de emergencia, tanto por una condición anormal que migró a emergencia como por un evento súbito, se actúa conforme a los procedimientos y lineamientos respectivos, tanto de campo como en el CCC.

En estos casos el personal operativo y de seguridad, tanto de oficinas centrales como de campo, debe participar en las actividades necesarias para la identificación, confirmación y notificación de la emergencia, así como para ejecutar los movimientos operativos que sean requeridos para mitigar o eliminar el riesgo.

Cabe señalar que el controlador CCC debe estar familiarizado con las válvulas de seccionamiento del proyecto y válvulas troncales, para que en caso, de requerir cerrar una de estas válvulas de forma remota, lo realice con rapidez, al igual que coordinar con el personal de campo el cierre de una

válvula local dependiendo del tramo afectado por la emergencia con la finalidad de seccionar dicho tramo.

Para casos de emergencia, al igual que para condiciones anormales, la comunicación confiable con personal de campo (tanto tercero contratado para operación, mantenimiento y seguridad como personal del **CENAGAS**) toma una importancia relevante debido al apoyo que brinda el CCC para atender en conjunto la emergencia. Asimismo, estas condiciones deben estar reportadas inmediatamente a mandos superiores en el CCC.

III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

III.1. Aspectos abióticos.

III.1.1. Clima.

El clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un área de la superficie terrestre o también es el conjunto de los valores promedio de las condiciones atmosféricas que caracterizan una región. Entre los componentes del clima destacan la temperatura, presión atmosférica, humedad, viento y precipitación. Los factores que modifican estos componentes son la latitud, altitud, el relieve e incluso las corrientes oceánicas.

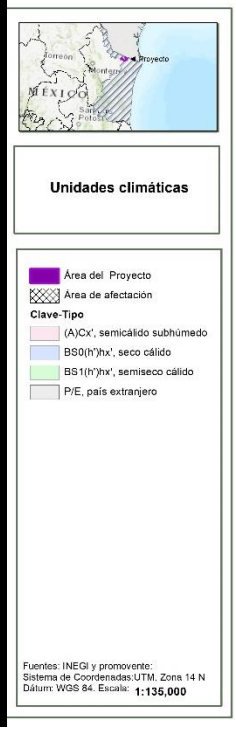
Las variables ambientales hacen muy complejo establecer una clasificación de los climas del mundo. México utiliza un sistema de climas basado en la clasificación de Köppen con las modificaciones que realizó E. García en 1964 para la Comisión de Estudios del Territorio Nacional y, posteriormente, para el INEGI en 1980.

Con base en esta clasificación, los climas se dividen en seis grandes grupos basados en los niveles de temperatura y aridez. Para la clasificación se utilizan cuatro grupos o unidades: clima cálido, clima frío, clima seco y clima templado. Los subgrupos de humedad pueden ser clasificados en forma general en húmedo, subhúmedo, semiseco y seco.

De acuerdo con el INEGI, el **Proyecto** y el Área de afectación se identifican dos tipos de clima según la clasificación climática de Köppen modificada por E. García (1988) para México. El clima es BS_1(h´) hx que indica un clima semiseco cálido, le sigue el clima BS_0(h´) hx´ que corresponde a un clima seco cálido, ambos con una temperatura media anual mayor a 22°C y un porcentaje de lluvias del 18% respecto al total anual.

Figura. 8. Tipo de clima en el Área del Proyecto

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



Con el propósito de hacer un análisis más detallado de las condiciones meteorológicas en el **AP** y del área de afectación, se llevó a cabo una evaluación de la información generada por la estación meteorológica más cercana al área de estudio[2], que actualmente se encuentra en operación y que contará con la información recopilada de registros de los últimos 50 años. Dicha estación es **S.J. 2-33 Reynosa**, ubicada a aproximadamente 1.77 kilómetros al este del **AP.**

Tabla 21. Datos de la estación meteorológica Ejido islitas (msnm = metros sobre el nivel del mar).

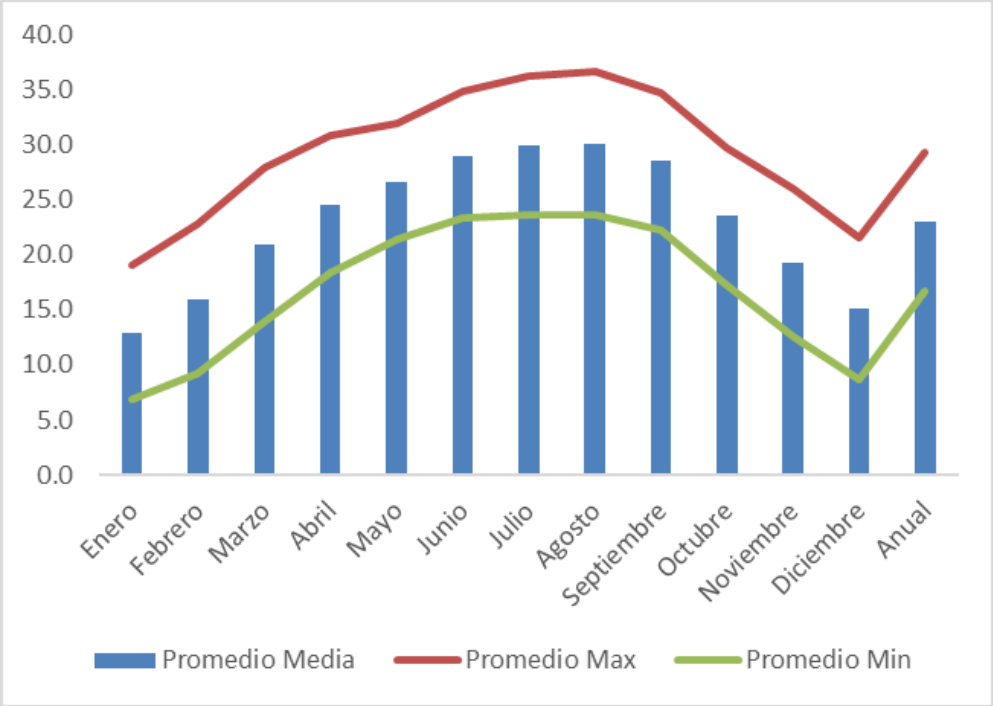
Estación	Número	Municipio y estado	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
S.J. 2-33Reynosa	28101	Reynosa, Tamaulipas	26°02'00"	98°13'00"	32

III.1.2. Temperatura.

De acuerdo con la estación meteorológica Reynosa, la temperatura media anual oscila entre los 12.9°C y los 30.1 °C (media anual de 23 °C). Los meses más cálidos son, junio, julio, agosto y septiembre con una media de 26.6°C, 29.0 °, 30.0 °C, 30.1 °C y 28.5°C, respectivamente. Los meses más fríos son enero, febrero y diciembre con 12.9 °C, 16.0 °C y 15.1°C respectivamente, tal cómo se puede observar en la siguiente tabla y figura.

Figura. 9. Comportamiento de la temperatura media mensual registrada en las normales climatológicas en el periodo 2012 al 2022 en Reynosa.

[2] Red de estaciones climatológicas. CONAGUA.



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA

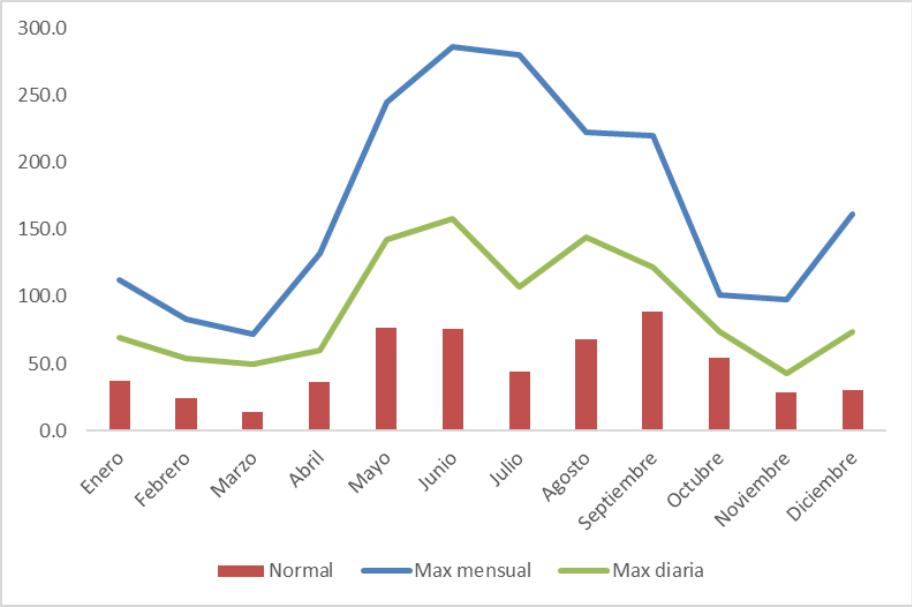
Tabla 22. Temperatura media mensual registrada en las estaciones climáticas

Mes	S.J. 2-33 Reynosa		
	Max	Media	Min
Enero	19.1	12.9	6.8
Febrero	22.8	16	9.2
Marzo	27.9	20.9	13.9
Abril	30.8	24.6	18.4
Mayo	31.9	26.6	21.4
Junio	34.8	29	23.3
Julio	36.3	30	23.6
Agosto	36.6	30.1	23.6
Septiembre	34.7	28.5	22.3
Octubre	29.8	23.5	17.2
Noviembre	26	19.3	12.6
Diciembre	21.5	15.1	8.7
Promedio	**29.4**	**23**	**16.8**

III.1.3. Precipitación.

De acuerdo con las estaciones identificadas, a lo largo del proyecto la precipitación oscila entre los 14.0 mm a 88.3 mm (media anual de 578.1 mm). Los meses más lluviosos son mayo, junio, y septiembre con una media de 76.5 mm, 180.7 mm, 75.9 mm y 88.3 mm respectivamente. Los meses más secos son febrero y marzo con una media de 24.2 mm y 14.0 mm.

Figura. 10. Probabilidad diaria de precipitación en Reynosa.



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA

Tabla 23. Precipitación normal, máxima mensual y máxima diaria registrada en las estaciones climáticas del Proyecto

Mes	Reynosa		
	Máxima mensual	Normal	Máxima diaria
Enero	112	36.8	69
Febrero	83.2	24.2	54
Marzo	72	14	49.5
Abril	132	36.6	60
Mayo	245	76.5	142
Junio	285.5	75.9	158
Julio	279.5	44	107
Agosto	222.5	68.1	144
Septiembre	219.7	88.3	121.5
Octubre	101	54.7	73.7
Noviembre	98.1	28.9	43
Diciembre	161.3	30.1	73.4
Anual		578.1	

III.1.4. Vientos dominantes.

El viento es un elemento climatológico definido como el “aire en movimiento” y se describe por las características de velocidad y dirección. Debido a esto, se le considera como un vector de magnitud. La rosa de los vientos nos permite representar simultáneamente la relación que existe entre las características que componen el viento. La información de cada rosa de viento muestra la frecuencia de ocurrencia de los vientos en 16 sectores de dirección (E, ENE, NE, NNE, W, WNW, NW, NNW, ESE, SE, SSE, S, SSW, N, WSW, SW) y las clases de velocidad de viento para una localidad y periodo de tiempo dado.

Los datos de velocidad y dirección del viento provienen de las Estaciones Meteorológicas Automatizadas (EMA) más cercana al proyecto, siempre y cuando contarán con registros de este tipo.

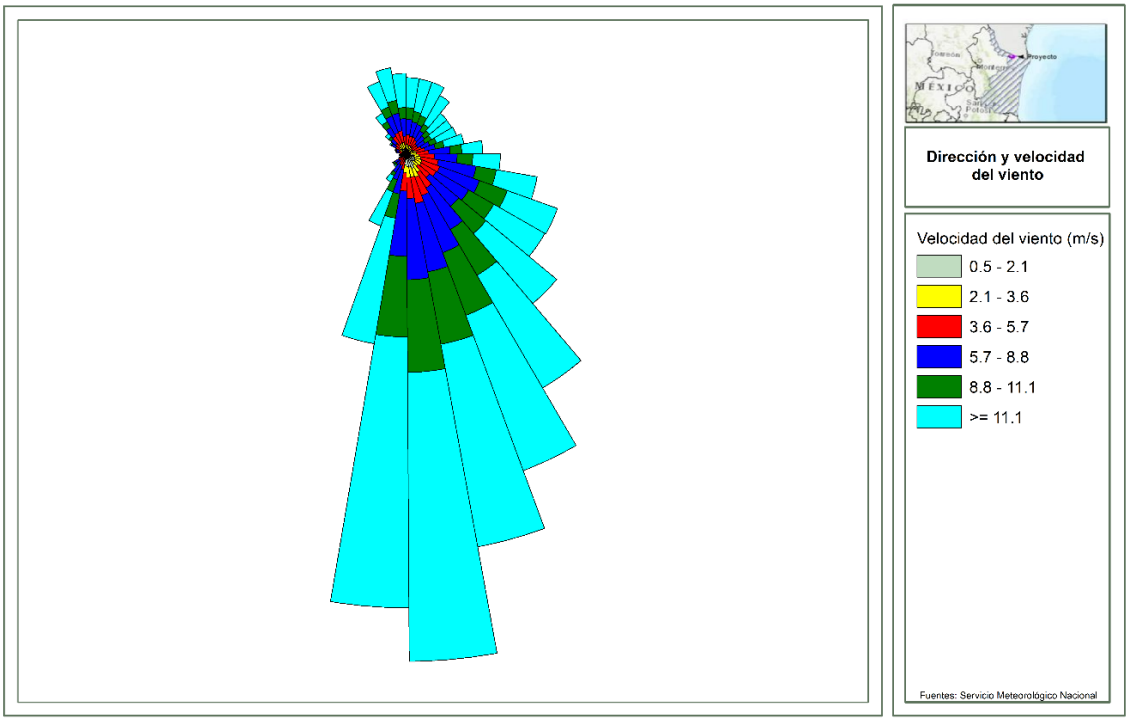
En la estación automatizada EMA de Matamoros se identificó un promedio de velocidad del viento de 2.67 m/s y dirección del viento de 143.84°. Las velocidades registradas en esta EMA, son muy bajas, puesto que su máxima fue de 10.52 m/s y mínima registrada en los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre de 0.0 m/s.

Tabla 24. Velocidades medias y máximas de los vientos mensuales (m/s) en la estación Reynosa

EMA S.J. 2-33 Reynosa		
Mes	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	147.85	7.33
Febrero	146.28	9.00
Marzo	130.79	10.52
Abril	125.64	3.89
Mayo	139.51	0.98
Junio	144.58	0.30

EMA S.J. 2-33 Reynosa		
Mes	**Dirección del viento (°)**	**Velocidad del viento (m/s)**
Julio	163.27	0.00
Agosto	159.79	0.00
Septiembre	159.79	0.00
Octubre	131.55	0.00
Noviembre	118.08	0.00
Diciembre	158.94	0.01
Promedio	143.84	2.67

Figura. 11. Dirección de los vientos dominantes



III.1.5. Fenómenos climatológicos.

En la estación meteorológica reportada 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 siguiente.

Tabla 25. Fenómenos climatológicos

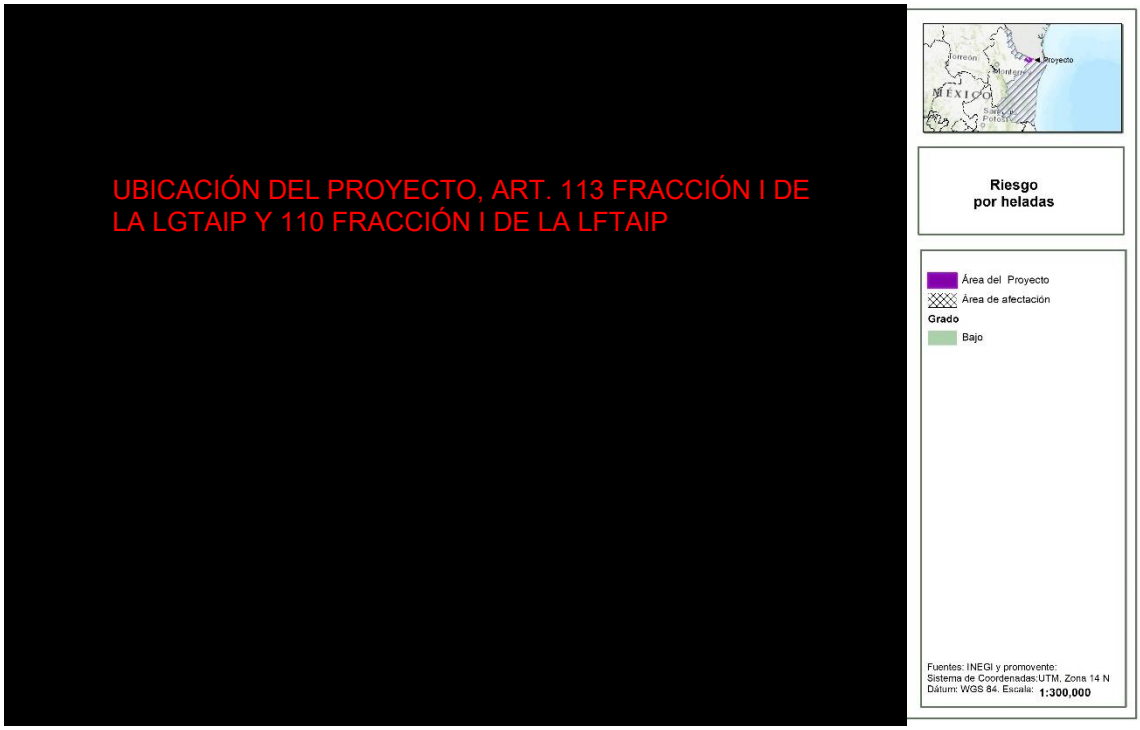
Estación	Eventos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
S.J. 2-33 Reynosa	Lluvia	5.9	3.5	1.9	2.5	3.7	4.1	2.5	3.6	5.2	3.8	3.1	3.9	43.7
	Niebla	0.4	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	Granizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tormenta Eléctrica	0.4	0.6	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0.5	0.8	0.8	3.6

III.1.6. Heladas.

Según el **CENAPRED** (2001), ocurre una helada cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0ºC o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas, al ocurrir una helada no se registra precipitación, mientras que en una nevada si existe registro de precipitación, lo cual ocurre cuando el vapor de agua contenido en aire asciende hasta alcanzar temperaturas cercanas a al punto de congelación, formando conglomerados de cristales de hielo.

Conforme al Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (**CENAPRED**), el **AP** se encuentran en una zona de peligro bajo por ocurrencia de heladas.

Figura. 12. Nivel del peligro por heladas en el área del Proyecto



III.1.7. Ciclones (huracanes).

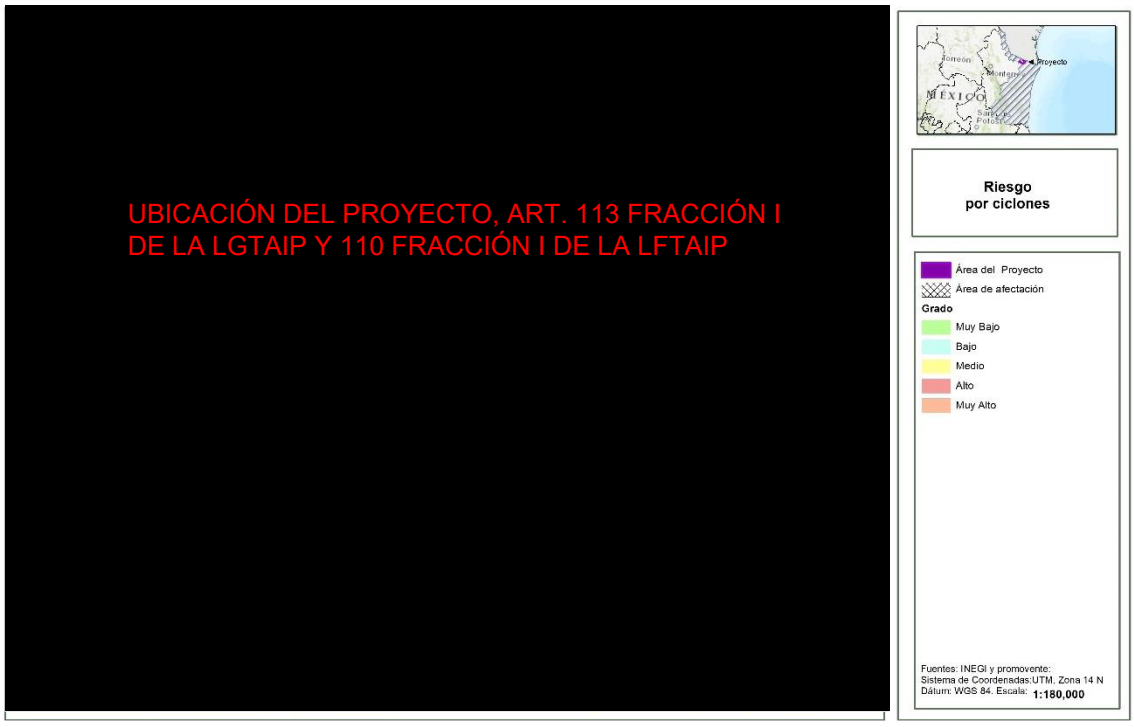
El sector norte del Estado de Tamaulipas es una de las zonas donde con mayor frecuencia se presentan estos eventos hidrometeorológicos. En particular, los Municipios de Reynosa y Río Bravo han sido afectadas viviendas, infraestructura vial e hidráulica; debido al impacto directo y/o porque

la trayectoria de este meteoro pasa a las inmediaciones del territorio Municipal. Los remanentes de este fenómeno se registran en forma de precipitaciones intensas, y son las de mayor impacto hacia la población, ya que se generarían inundaciones a las zonas aledañas a ríos y zonas bajas del lugar (Atlas de Riesgos de la ciudad de Nuevo Laredo, 2005).

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.

Conforme al Atlas de Riesgo de **CENAPRED**, el riesgo por ciclones en el **AP** y área de afectación el riesgo se considera *medio*, como se muestra en la siguiente imagen.

Figura. 13. Nivel de peligro por ciclones tropicales en el área del Proyecto.



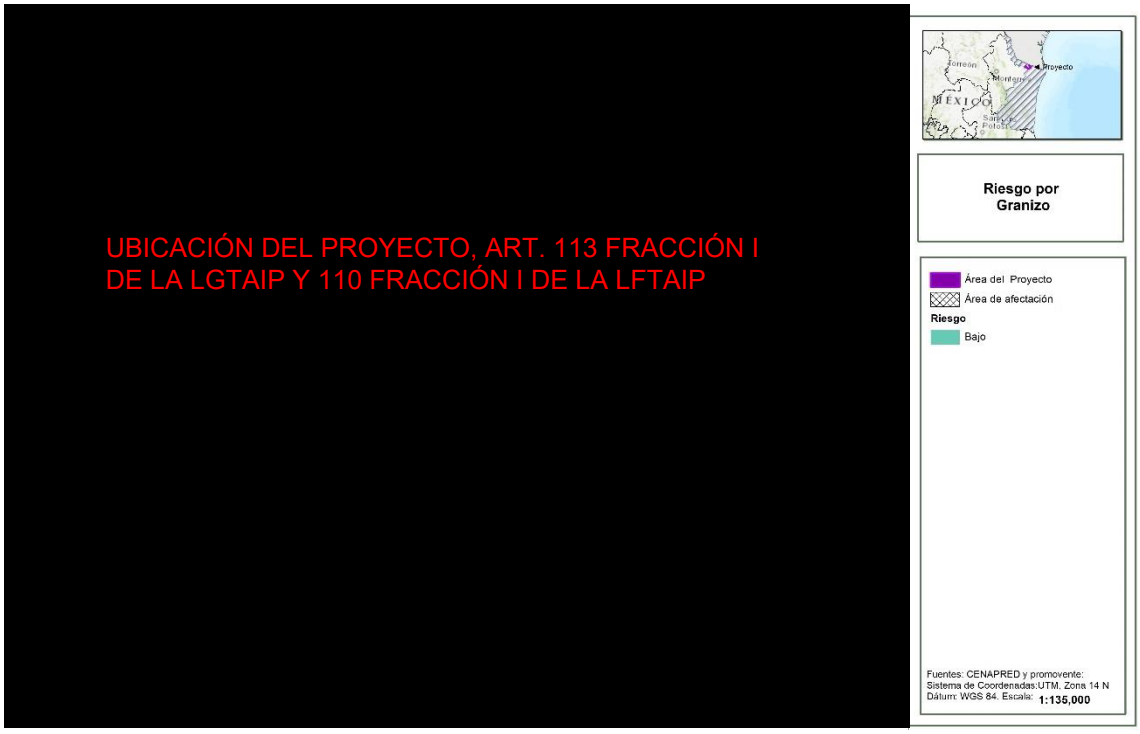
III.1.8. Granizo.

El granizo es un tipo de precipitación que se forma cuando las gotas de agua al interior de las nubes de tormenta (cumulonimbus) son impulsadas hacia zonas frías, en donde se congelan. Al chocar con otras gotas congeladas se aglutinan y crecen formando rocas de hielo que se precipitan debido a su peso.

En el Municipio de Reynosa, este evento se presenta con poca recurrencia ya que, en el período de años analizados, la máxima anual es un día con granizo. Este último valor se presenta casi en toda el área comprendida por el municipio. Cabe mencionar que para el área de estudio no se tienen registros de granizadas.

De acuerdo con los datos del **CENAPRED**, el **AP** se encuentran en una zona donde el nivel de peligro por granizo es bajo.

Figura. 14. Nivel de peligro por granizo en el área del Proyecto.



III.1.9. Inundaciones

Otras afectaciones importantes han sido afectaciones por el fenómeno de inundación como producto de las lluvias que causa la presencia de ciclones tropicales y por otros eventos extraordinarios (choque de frentes fríos y corrientes tropicales).

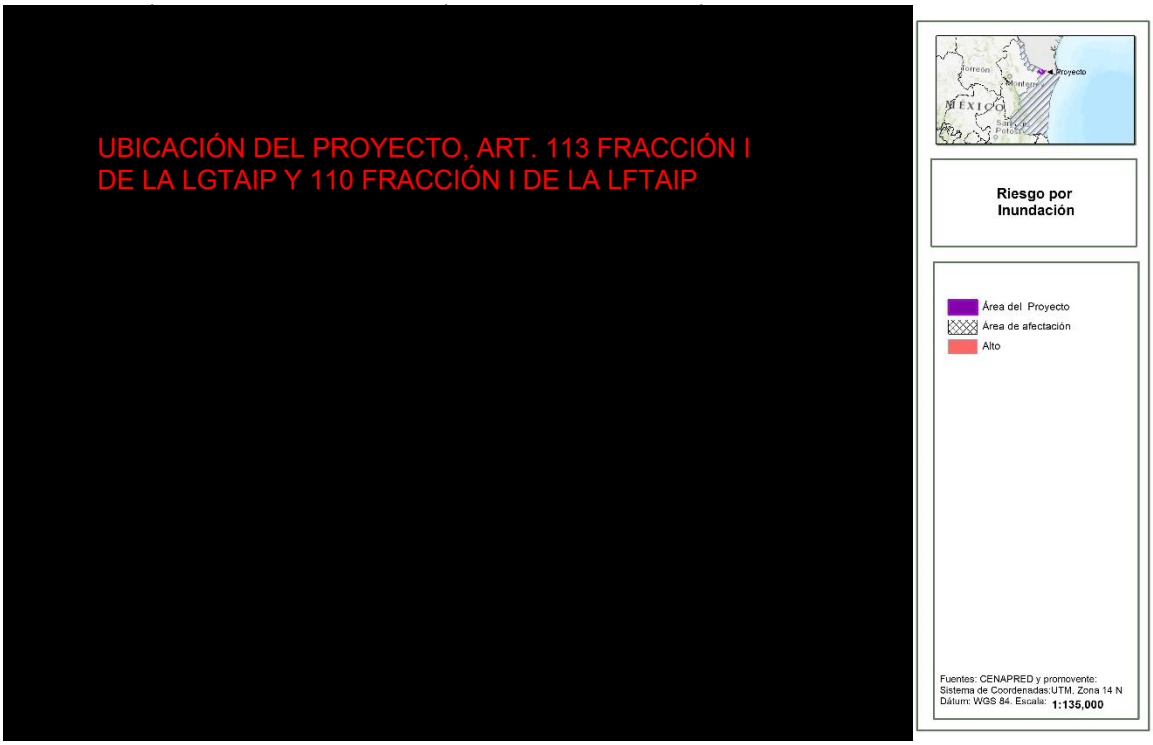
Las inundaciones se generan cuando la precipitación provoca que el flujo de agua sea superior al área del cauce o cuerpo de captación, estas ocasionan catástrofes siniestras, ya que en temporada de lluvias cobran un número importante de víctimas a nivel mundial. Las principales causas asociadas a las inundaciones son generalmente:

- La precipitación intensa, sobre todo cuando el terreno presenta pendientes considerables o zonas planas donde se anegan grandes cantidades de agua.
- La falta de filtración del agua en el terreno, asociado con el tipo de roca o suelo la cual no permite su almacenamiento subterráneo, lo que provoca un volumen mayor de escurrimiento superficial y en consecuencia un aumento en el nivel de los ríos.
- La insuficiente capacidad y taponamiento en las redes de drenaje pluvial, superficies asfaltadas, urbanización en los cauces naturales de ríos y arroyos (Asociado principalmente a zonas urbanas).

- El aprovechamiento de recursos maderables es otro factor que contribuye a que se presenten inundaciones, ya que con dicha actividad se debilita el suelo, el área de la superficie vegetal reduce la cantidad infiltrada, lo que se traduce en un incremento de la escorrentía que facilita las inundaciones y provoca desgajamientos y arrastre de sólidos que azolvan los cuerpos superficiales de agua (Hernández y Carrasco, 2001) (Oropeza y Reyes, 2001).

Aunque la zona está alejada de la franja costera, la distancia es suficiente para que el impacto no sea por oleaje ni por vientos, pero si por las grandes precipitaciones, por lo que, en la zona de estudio, principalmente las áreas cercanas a los cauces de corrientes superficiales y canales se han presentado problemas de inundación, aunado a la topografía muy plana que se registra en la zona de estudio, que no permite el escurrimiento continuo. Conforme al Atlas de Riesgo de CENAPRED, el riesgo por inundaciones es alto.

Figura. 15. Nivel de peligro por inundaciones en el área del Proyecto.



III.1.10. 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.

De acuerdo con los datos del Atlas de Riesgos del CENAPRED, el **AP** se encuentran en una zona con un peligro alto por sequía.

Figura. 16. Nivel de peligro por sequía en el área del Proyecto.

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



Tabla 26. Clasificación de la Sequía de Acuerdo al Monitor de Sequía, CONAGUA

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2012	D2	D0	D0	D0	D0	D0	D2	D3	D3	D3	D2	D2
2013	D2	D3	D4	D4	D3	D3	D3	D3	D0	D0	D2	D0
2014	D0			D0	D0	D0	D0	D1	D0			
2015												
2016		D0	D1				D0	D1	D1	D1	D0	D0
2017	D0	D1	D0		D1	D0	D1	D1	D1		D0	D1
2018	D1	D0	D0	D1	D0	D0		D0				D0
2019	D0	D0	D0	D0				D1	D0	D1	D0	D0
2020	D1	D2	D3	D2	D2					D0	D1	D2
2021	D2	D2	D3	D3	D1	D0				D0		
2022			D1	D2	D1		D0	D1	D1	D1	D1	D0

Clasificación de la Sequía de Acuerdo al Monitor de Sequía	
Anormalmente Seco	D0
Sequía Moderada	D1
Sequía Severa	D2
Sequía Extrema	D3
Sequía Excepcional	D4
Sin Sequía	

III.1.11. Geología.

La geología presente en Tamaulipas está constituida por rocas sedimentarias, cuyas edades cubren un rango geocronológico del Paleozoico al Cuaternario; son de origen marino o continental con predominancia de las primeras. Sin embargo, también se encuentran, aunque en áreas mucho menores, rocas ígneas cenozoicas, rocas metamórficas, precámbricas y paleozoicas, así como depósitos no consolidados del Cuaternario.

El Estado de Tamaulipas se caracteriza por la presencia de una litología variada, ésta cubre edades que varían del Precámbrico al Reciente. A continuación, se hace una breve descripción de las principales características de cada unidad litológica que aflora en el **AP** y el Área de afectación

Areniscas: constituidas por fragmentos de plagioclasa, cuarzo, calcita y yeso, con presencia de fósiles. La unidad generalmente está cubierta por arenas que constituyen el depósito litoral, presenta estratificación cruzada y bioturbaciones. El ambiente de depósito corresponde a un medio sedimentario de litoral.

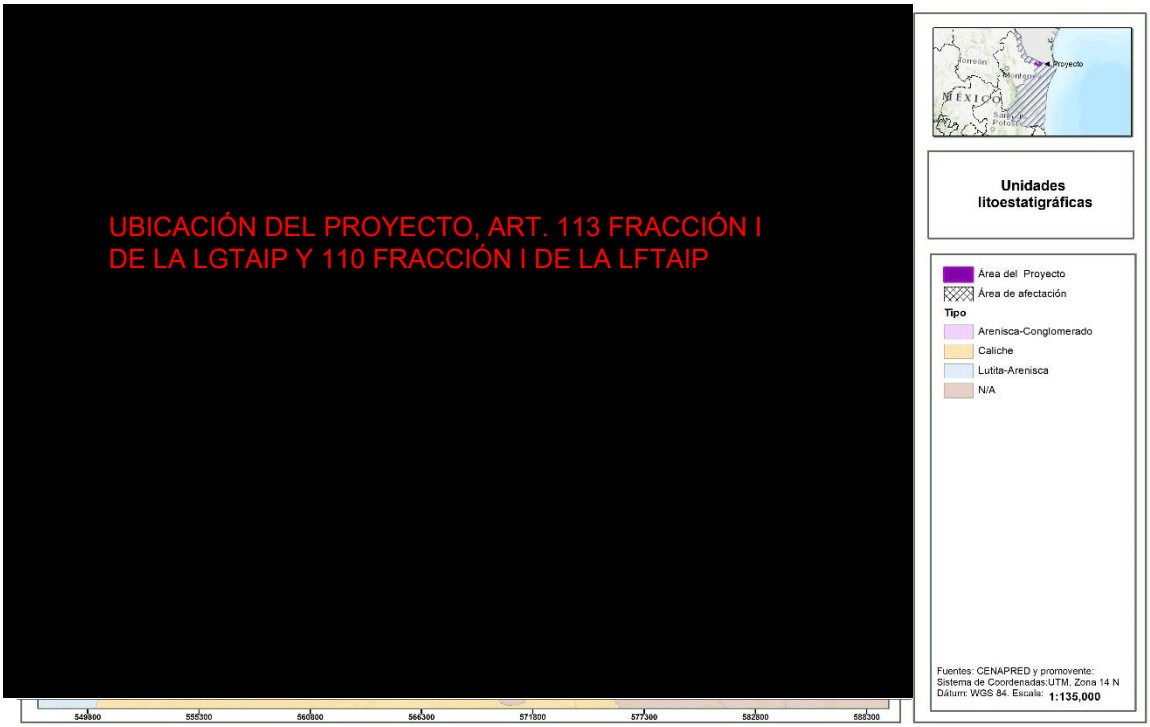
Conglomerado: Se encuentra constituida por sedimentos continentales con granulometrías que varían de gravas a arcillas, son fragmentos de calizas, areniscas, pedernal, rocas ígneas, etc., englobados en una matriz arcillosa y cementados por carbonatos, sus espesores varían de 10 a 30 m. Se distribuye en una franja intermitente con rumbo noroeste-sureste a lo largo de todo el Estado, haciéndose más abundantes entre Reynosa y Ciudad Victoria. Su depósito se efectuó en un medio continental donde ríos y arroyos acarrearon los sedimentos hacia las partes bajas dando origen a grandes abanicos deltaicos. Tiende a formar mesetas aisladas sobre yaciendo en forma discordante a las Formaciones Méndez, Agua Nueva y San Felipe**.**

Caliche: El caliche es una roca que se forma por la cementación de partículas que se encuentran en las capas del suelo, por tal razón, suele ser similar a una capa en el suelo, pero bien compacta. Visualmente es muy parecido al conglomerado, brecha y areniscas, pero hay que recordar que esta roca se ha formado en el mismo sitio por que el cemento, que es generalmente carbonato de calcio ha unido a las partículas en el suelo.

Esta roca suele ser un material bastante duro, denso, resistente y pesado, sobre todo cuando los espacios entre las partículas están completamente llenos de material cementante, no obstante, puede ser una roca débil si las partículas no están bien cementadas. Esta roca se genera muy fácilmente o es común de zonas áridas o semiáridas, debido a que es necesario, poco porcentaje de agua en el suelo y un mal drenaje, además, de que no exista vegetación en abundancia.

El cemento que generalmente es calcita se encuentra entre los espacios vacíos entre las partículas, si ocurre una buena cementación, esta roca suele ser bien resistente y pesada.

Figura. 17. Unidades litoestratigráficas en el área del Proyecto.



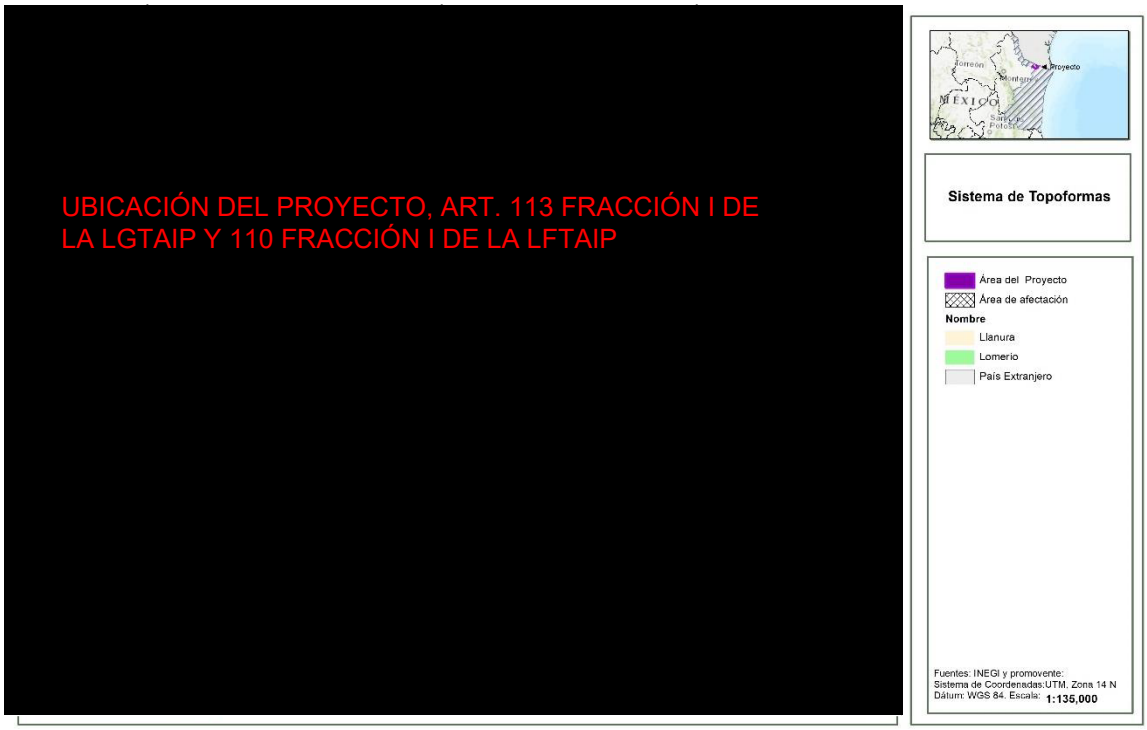
III.1.12. Geomorfología.

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 campo de llanura y lomerío

Figura. 18. Sistemas de topoformas en el área del Proyecto.

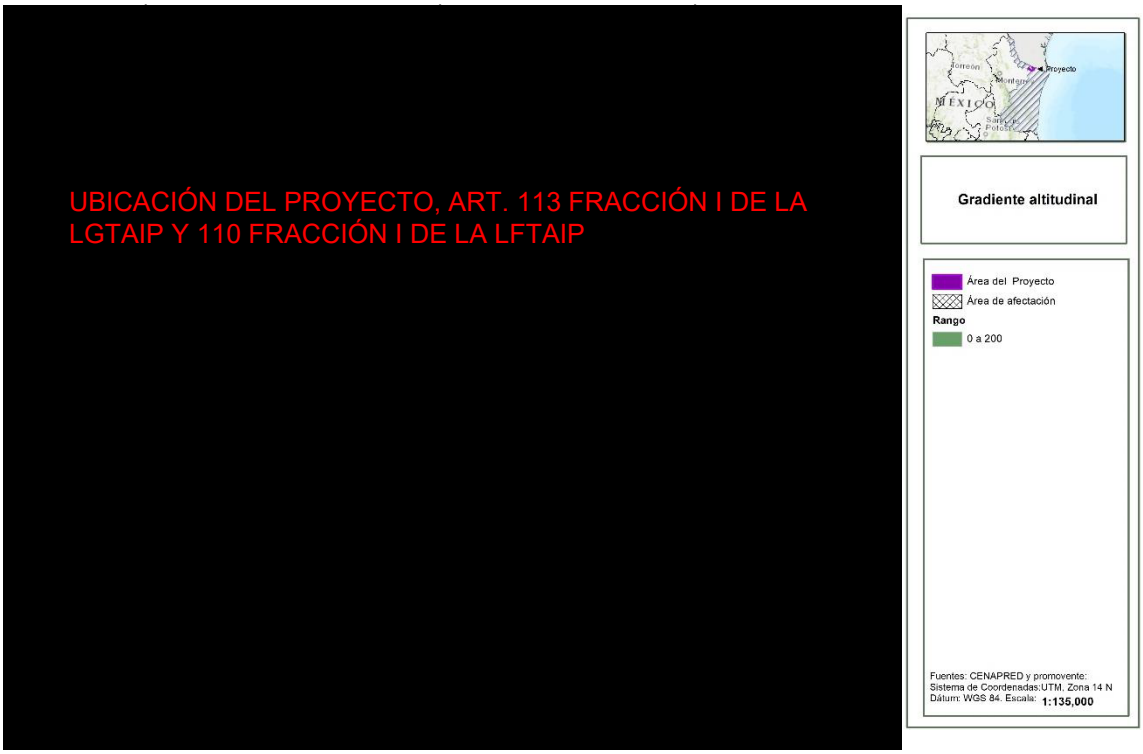


III.1.13. Altitud.

Elevaciones y 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.

Como se observa en la siguiente figura, el **AP** y el área de afectación se ubican en una zona cuya altitud se encuentra en un rango de los 0 a 200, presenta un gradiente altitudinal homogéneo, esta condición no se verá afectada por el desarrollo del **proyecto**.

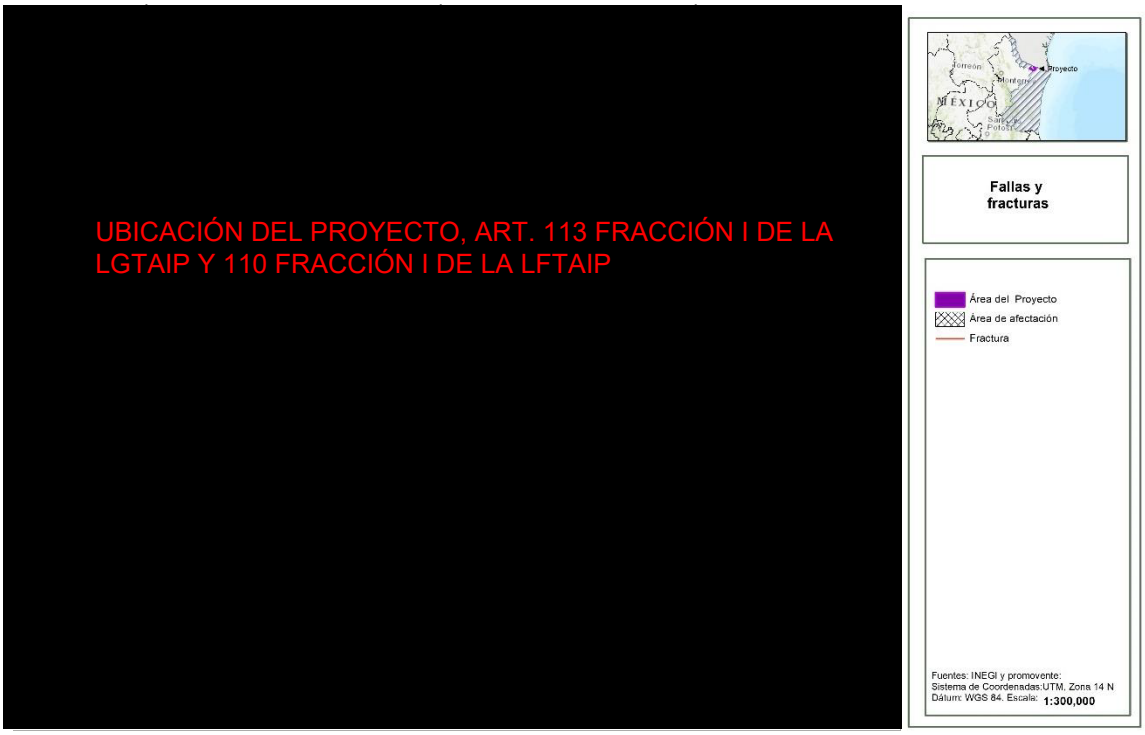
Figura. 19. Gradiente altitudinal presente en el área del Proyecto.



III.1.14. 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 al **INEGI,** en el **AP** no se observa ningún tipo de estructura geológica que pudiera comprometer el desarrollo del **Proyecto.**

Figura. 20. Fallas y fracturas presentes en el área del Proyecto.



III.1.15. Susceptibilidad de la zona de derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos.

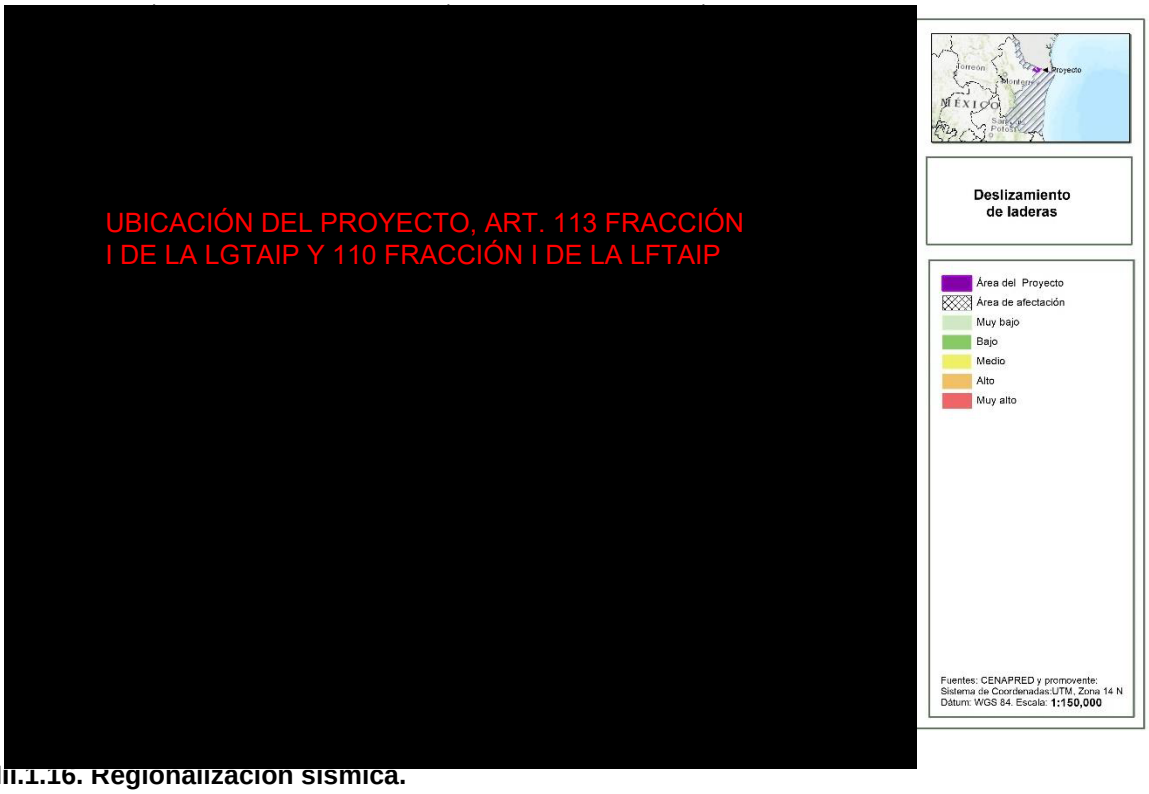
Deslizamientos, derrumbes o movimientos de la tierra: La superficie terrestre tiene una dinámica constante e intrínseca, consecuencia de la interacción endógena y exógena que modifica sus formas y sus condiciones. La evolución de las laderas ha sido afectada por procesos de remoción en masa y es evidencia de dicha dinámica (Alcántara y Murillo, 2007).

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.

Existe una gran variedad de factores que afectan la estabilidad de una ladera, en términos generales se dividen en internos y externos, los primeros están directamente relacionados con el origen y las propiedades del material que forma la ladera; mientras que los segundos son aquellos que perturban su estabilidad, ya sean fenómenos naturales: lluvias intensas, sismos, actividad volcánica, o actividades antropogénicas. Un factor importante para la generación de movimientos en masa es la pendiente, generalmente las zonas con pendientes más pronunciadas tienen mayor probabilidad de que ocurran procesos de remoción; mientras que en zonas con pendientes suaves tienen una menor probabilidad de ocurrencia; sin embargo, esta variable no es una condicionante, pues deben incluirse otros factores como son: altura de las estructuras, tipo de roca, características estructurales de la ladera y vegetación.

Según la información del CENAPRED, en el mapa de riesgos por deslizamiento de laderas en México, el **AP** pertenecen a una región cuyo peligro por deslizamiento es muy bajo.

Figura. 21. Ubicación del proyecto con relación deslizamientos de laderas.



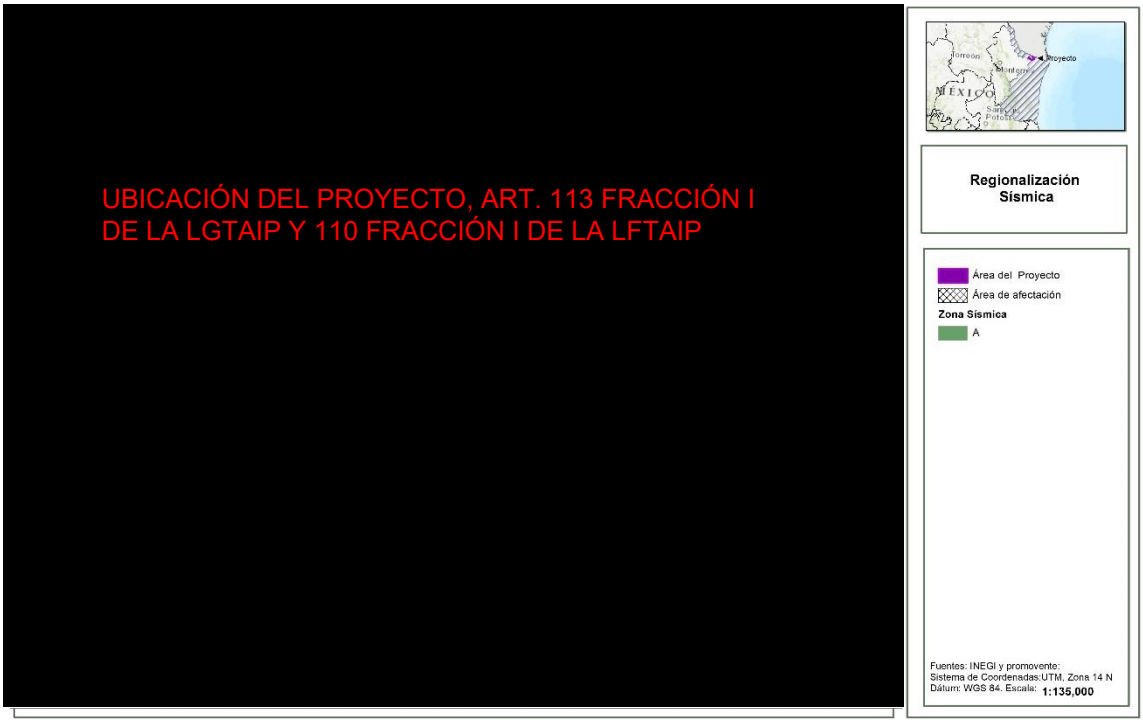
III.1.16. Regionalización sísmica.

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** y el Área de afectación se localizan dentro de la zona A, lo cual implica una baja intensidad sísmica, con una aceleración del suelo menor al 10%.

Figura. 22. Regionalización sísmica en el área del proyecto.



III.1.17. Intensidad sísmica.

La intensidad sísmica se refiere al grado de afectación de la ocurrencia de un sismo sobre la infraestructura y las actividades humanas. Se mide a través de la escala modificada de Mercalli (Servicio Sismológico Nacional, s.f.) que se explica en la siguiente tabla.

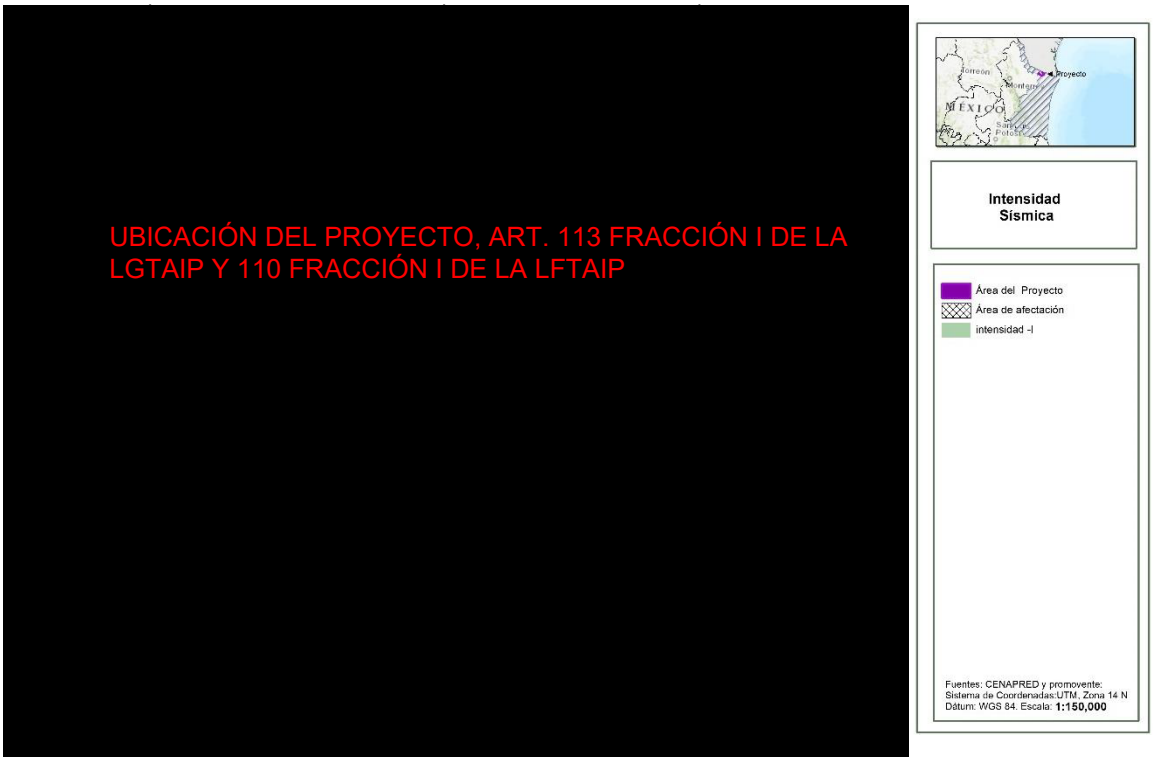
Tabla 27. Escala de Mercalli

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

Intensidad	Efectos
	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
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.

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, la totalidad **AP** se encuentran en una intensidad sísmica I, en un área considerada como a sísmica, es decir que, se encuentra fuera de las áreas identificadas con intensidad sísmica.

Figura. 23. Intensidad sísmica con respecto a la ubicación del área del Proyecto.

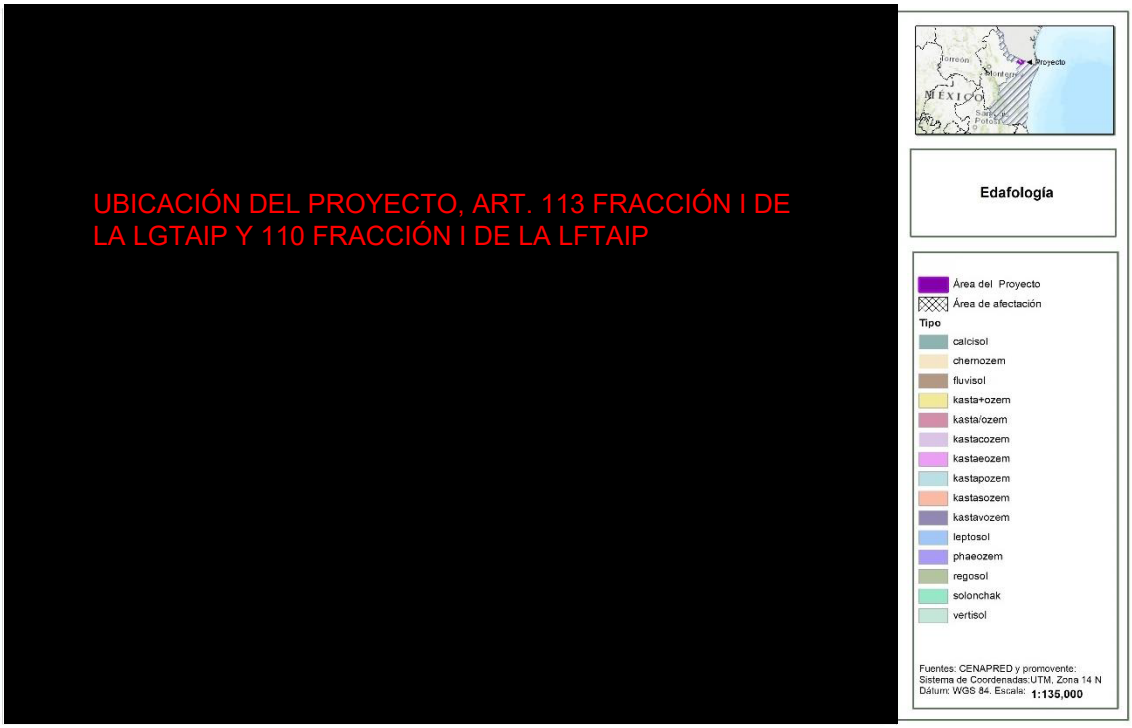


III.1.18. Edafología.

La edafología (de *edafos*, “suelos”) es la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea. El suelo se origina a partir de la materia madre producida por los procesos químicos y mecánicos de transformación de las rocas de la superficie terrestre. A esta materia madre se agregan el agua, los gases, sobre todo dióxido de carbono, el tiempo transcurrido, los animales y las plantas que descomponen y transforman el humus, dando por resultado una compleja mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, el suelo alcanza su estado de madurez cuando presenta una profundidad y una secuencia de capas llamadas horizontes.

Existen diferentes sistemas de clasificación de suelo, sin embargo, para este caso se utilizó la cartografía de INEGI, escala 1: 2,400,000, a partir de la cual se obtuvieron distintos tipos de suelo en las diferentes áreas: el AP y afectación, como se observa en la siguiente figura.

Figura. 24. Unidades edafológicas presentes en el área del Proyecto.



Ahora bien, se puede observar que el suelo que ocupa el **AP** y área de afectación es el suelo Vertisol, Chernozem, kastacozem, kasta/ozem y calsisol, la carta temática del **INEGI** no identifica un tipo de suelo para la categoría de asentamientos humanos por lo que se observa vacíos en el mapa.

Así mismo, en la siguiente tabla se presenta una breve descripción de las principales características de los tipos de suelos encontrados en el AP. Estos datos corresponden a estudios realizados por el **INEGI** y por la Food Agriculture Organization (**FAO**).

Tabla 28. Características generales de los suelos.

Tipo de suelo	Clave	Características generales	Textura
Calcisol	CL	integran suelos con una sustancial acumulación de carbonatos secundarios. Los Calcisols están muy extendidos en ambientes áridos y semiáridos, con frecuencia asociados con materiales parentales altamente calcáreos. Muchos Calcisols anteriormente han sido llamados Suelos de Desierto.	Media
Chernozem	CH	El término chernozem deriva de los vocablos rusos "chern" que significa negro y "zemlja" que significa tierra, haciendo alusión al color negro de su horizonte superficial, debido al alto contenido en materia orgánica. El material original lo constituyen depósitos eólicos de tipo loess. Se asocian a regiones con un clima continental con inviernos fríos y veranos cálidos. El relieve es llano o suavemente	Media y Fina

Tipo de suelo	Clave	Características generales	Textura
		ondulado y la vegetación herbácea de tipo estepa, si bien en los márgenes norte pueden aparecer bosques. Su elevada fertilidad natural y su favorable topografía los hacen unos excelentes suelos de cultivo, que en veranos muy secos pueden necesitar de riego; también pueden utilizarse para pastos (FAO, 2023).	
Kastanozem	KS	Los kastanozems son suelos ricos en humus que originalmente estaban cubiertos con vegetación nativa de pastizales de maduración temprana, que produce una capa superficial marrón característica. Se encuentran en zonas climáticas relativamente secas (200 a 400 mm de lluvia por año.	Media y Fina
Solonchak	SC	Se presentan en zonas donde acumula el salitre, tales como lagunas costeas y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las regiones secas del país. Tienen alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo. La vegetación típica para este tipo de suelo es el pastizal u otras plantas que toleran el exceso de sal (halófila). Su empleo agrícola se halla limitado a cultivos resistentes a sales o donde se ha disminuido la concentración de salitre por medio del lavado de suelo. Su uso pecuario depende del tipo de pastizal, pero con rendimientos bajos.	Fina
Vertisol	VR	Los vertisoles son suelos que presentan 30% o más de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad de 50 cm, caras de deslizamiento, agregados en forma de cuña y grietas que se abren y se cierran periódicamente (Sotelo, et al., 2008)	Fina

III.1.19. Erosión

La degradación de los recursos naturales, especialmente el suelo en México es un problema que exige una atención prioritaria. Los procesos más importantes de degradación del suelo son: (1) Química (principalmente por la pérdida de fertilidad), (2) erosión hídrica y (3) erosión eólica. Estos tres procesos son responsables del 87% de los suelos degradados en el país. Entre las principales causas de degradación causada por el hombre, SEMARNAT (2013) reporta que el 44.9% del territorio nacional presentaba evidencias de degradación en 2002, mientras que en el 55.1% restante no mostraba indicios de degradación aparente. Con respecto a la superficie afectada por los diferentes procesos de degradación, la degradación química ocupaba el primer lugar (34.04 millones de hectáreas, 17.8% del país), seguida por la erosión hídrica (22.72 millones, 11.9%), eólica (18.12 millones, 9.5%) y la degradación física (10.84 millones, 5.7%).

Ahora bien, se debe mencionar que, de acuerdo con CONAFOR (2017), la tasa permisible de pérdida de suelo es de 12 ton/ha/año, cuando el volumen es mayor, significa que hay degradación.

La erosión del suelo varía mucho con respecto a los factores naturales, pero también con respecto al uso y manejo de la tierra. La variación de las precipitaciones y el manejo de la tierra, especialmente la densidad de ganado, producen cambios en la cobertura del suelo. Con densidades de ganado bajas a moderadas y durante periodos prolongados con escasas precipitaciones, la cobertura vegetal

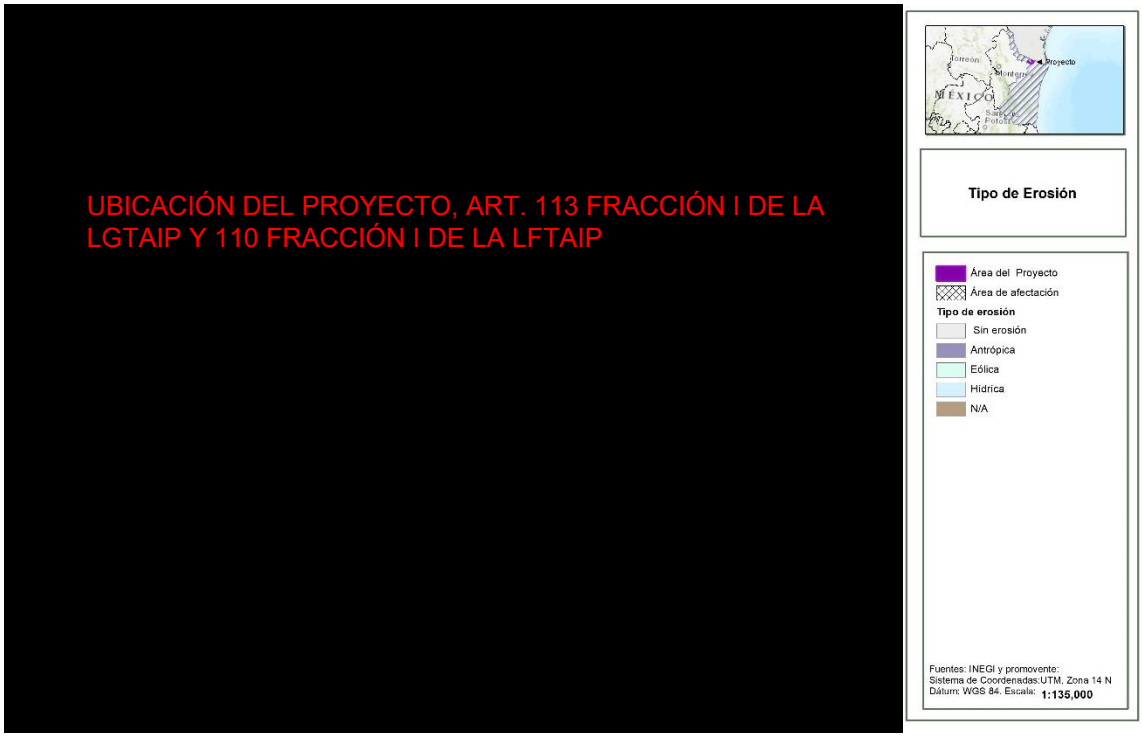
puede verse fuertemente reducida, provocando grandes pérdidas de suelo, mientras que durante periodos normales o húmedos la erosión entre surcos es baja (Schnabel, et al., 2009).

Es importante mencionar que, las tierras agrícolas se vuelven gradualmente menos productivas por cuatro razones principales: 1. degradación de la estructura del suelo; 2. Disminución de la materia orgánica; 3. Pérdida de suelo; y 4. Pérdida de nutrientes (Bertoni & Lombardi Neto, 1985). Estas razones son efectos producidos básicamente por el uso y manejo inadecuado del suelo y por la acción de la erosión acelerada.

Tipos, formas y grados de erosión.

De acuerdo con el Conjunto de Datos de Erosión del Suelo, Escala 1: 250 000 Serie I (INEGI, 2013), la mayoría del AP no presenta erosión, sin embargo, presenta erosión primaria de tipo Hídrica, de forma Laminar en grado leve, en algunos casos acompañada de erosión en surcos y carvacas como tipo de erosión secundaria, como se observa en la siguiente figura.

Figura. 25. Tipo de erosión presentes en el AP.



III.1.20. Hidrología superficial.

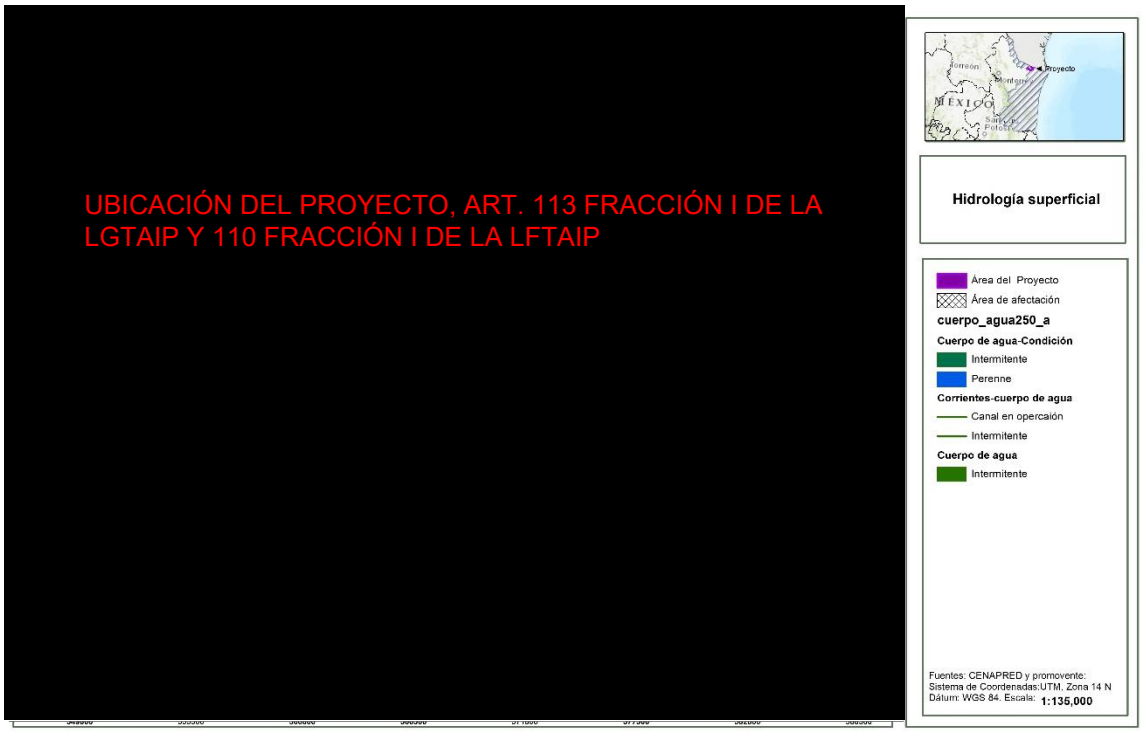
El **Proyecto** y el área de afectación se localizan en la Región Hidrológica 24-Bravo-Conchos, en la Cuenca Río Bravo-Matamoros-Reynosa, subcuencas El Zapateco - Santa Isabel, Los Cavazos - El No Que No, María Virginia - Galeana Dos y Omar Sainz - El Chapote, Peñasco, microcuencas denominadas Ojo de Agua, 24-092-03-001, 24-092-04-001, 24-092-05-001y 24-092-05-002.

Con el objetivo de saber la interacción con el AP y Área de afectación con la hidrografía del área, se realizó un compendio de datos de escurrimientos y cuerpos de agua de las cartas topográficas 1:

50,000 del **INEGI**, así como el análisis de datos registrados por el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (**SIATL**), complementándose con observaciones realizadas en el área del

De acuerdo con esta revisión, se observó que, dentro del AP y área de afectación, se presenta un cuerpo de agua perenne y corrientes de agua de tipo intermitentes, eso quiere decir que tiene agua sólo durante alguna parte del año

Figura. 26. Hidrología superficial en el área del Proyecto.



III.1.21. Hidrología subterránea.

Según el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de Agua Subterránea (**SIGMAS**) de la **CONAGUA**, la totalidad del AP y área de afectación se encuentran en el acuífero denominado como Bajo Rio Bravo, el cual se considera con disponibilidad media anual de volumen disponible de 93,788,280 m^3 conforme a los datos obtenidos de El Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican, publicado en el DOF con fecha 17 de septiembre de 2020

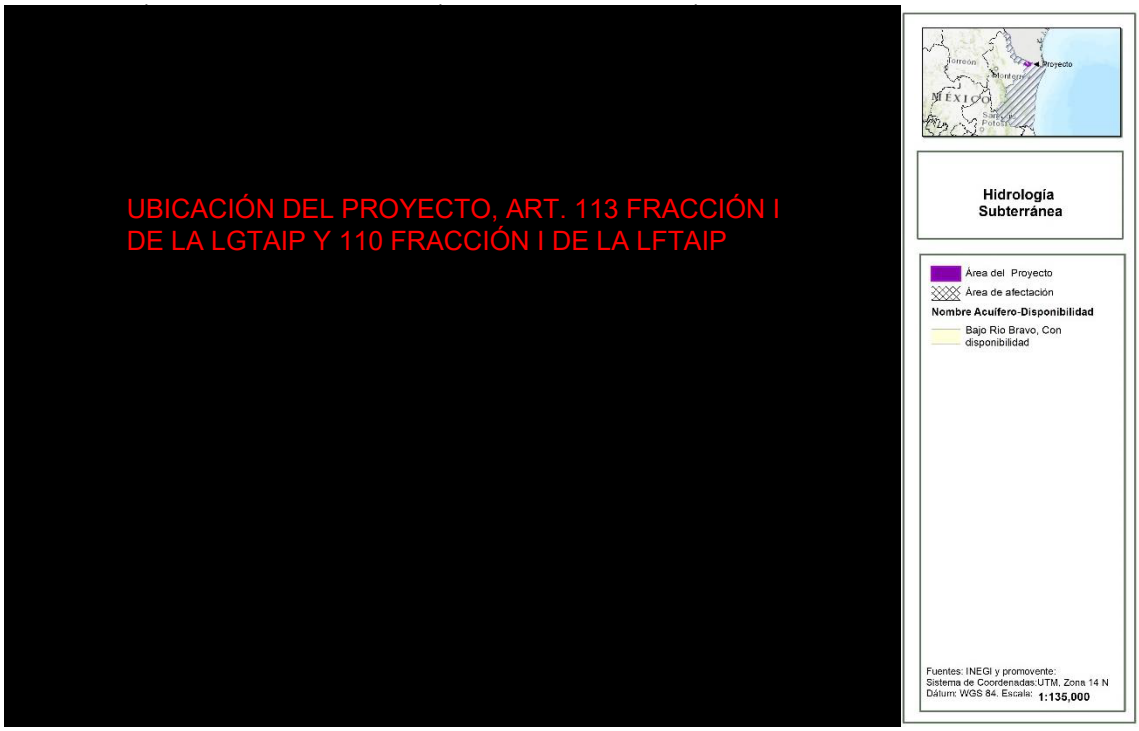
De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2020, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3.

Tabla 29. Disponibilidad de agua subterránea en el acuífero Bajo Río Bravo.

Clave	Acuífero	Dirección	Usos Principales	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DFICIT	Problemática

2801	Bajo Rio Bravo	noroeste	usos domésticos	198.5	9.7	59.098202	25.8	129.701798	0	Problemas de salinidad debido principalmente a las condiciones geológicas de la zona

Figura. 27. Hidrología subterránea en el área del Proyecto.



III.2.1. Vegetación.

De acuerdo con la carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI serie VII, en el AP y el área de afectación interactúan 8 tipos de usos de suelo y vegetación, entre los que destacan la agricultura de riego anual, agricultura de temporal anual, pastizal cultivado, matorral espinoso tamaulipeco, asentamientos humanos, vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo, pastizal inducido y cuerpo de agua.

En el **AP** y el área de afectación los usos de suelo dominantes corresponden, en primer lugar, a las actividades de Agricultura de riego anual con el 35.049% y el 39.651% respectivamente, seguido de la Agricultura de temporal anual con el 29.611% y el 28.524% respectivamente.

En la siguiente Tabla se muestra la superficie que ocupa cada una de los usos de suelo y vegetación que inciden en el **AP** y el área de afectación.

Figura. 28. Usos de suelo y vegetación presentes en el AP y área de afectación.

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



Tabla 30. Usos de suelo y vegetación

Clave	Descripción	Superficie en ha			
		Área afectación	%	AP	%
PC	Pastizal cultivado	1,280.75	13.75	20.228	11.35
RA	Agricultura de riego anual	3,265.76	**35.05**	70.659	**39.65**
MET	Matorral espinoso tamaulipeco	772.972	8.30	17.088	9.59
AH	Asentamientos humanos	660.846	7.09	9.727	5.46
TA	Agricultura de temporal anual	2,759.08	**29.61**	50.831	**28.52**
VSa/MKX	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	450.289	4.83	7.185	4.03
PI	Pastizal inducido	105.16	1.13	2.162	1.21
H2O	Cuerpo de agua	22.882	0.25	0.325	0.18
Total general		**9,317.74**	**100.00**	**178.205**	**100.00**

A. Fauna

De las 72 especies reportadas para las áreas del proyecto y área de afectación, únicamente 4 se encuentran bajo alguna categoría de protección, de acuerdo con la **NOM-059-SEMARNAT 2010** y la Modificación al Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019 de esta misma norma.

De las especies bajo protección, 2 pertenecen a la clase o grupo de las Aves, que son Geranoaetus albicaudatus y Passerina ciris, mientras que las otras 2 corresponden al grupo de los Reptiles, estos

son Crotalus atrox y Gopherus berlandieri. Es importante mencionar que, en el caso de las especies de Aves, estas se observaron de manera indirecta en los puntos de conteo para las dos zonas del proyecto, mientras que los individuos de reptiles, se registraron de manera directa, dentro de los transectos establecidos, de igual manera en las tres zonas que conforman las áreas del proyecto.

Las normas internacionales como la **UICN** clasifican a estas especies como Fuera de Peligro. En la siguiente tabla se muestran las especies bajo estatus de protección y su categoría de acuerdo a la Norma mexicana.

Tabla 31. Lista de especies de fauna registradas en campo

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre Común
Aves	*Accipitriformes*	*Accipitridae*	*Geranoaetus*	*Geranoaetus albicaudatus*	Aguililla cola blanca
			Buteo	*Buteo plagiatus*	Aguililla Gris
	Anseriformes	*Anatidae*	*Dendrocygna*	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas
	Caprimulgiformes	*Caprimulgidae*	*Nyctidromus*	*Nyctidromus albicollis*	Chotacabras Pauraque
	Cathartiformes	*Cathartidae*	*Cathartes*	*Cathartes aura*	Zopilote aura
			Coragyps	*Coragyps atratus*	Zopilote Negro
	Columbiformes	*Columbidae*	*Zenaida*	*Zenaida macroura*	Paloma huilota
			Columbina	*Columbina passerina*	Tortolita azul
	Cuculiformes	*Cuculidae*	*Geococcyx*	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño
			Crotophaga	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy
	Falconiformes	*Falconidae*	*Caracara*	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos
	Galliformes	*Cracidae*	*Ortalis*	*Ortalis vetula*	Chachalaca oriental
		Odontophoridae	*Colinus*	*Colinus virginianus*	Codorniz cotui
			Callipepla	*Callipepla squamata*	Codorniz escamosa
	Passeriformes	*Cardinalidae*	*Passerina*	*Passerina ciris*	Colorín sietecolores
			Cardinalis	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal Norteño
				Cardinalis sinuatus	Cardenal desertico
			Passerina	*Passerina versicolor*	Colorín morado
				Passerina caerulea	Picogordo Azul
		Corvidae	*Corvus*	*Corvus cryptoleucus*	Cuervo llanero
			Cyanocorax	*Cyanocorax yncas*	Chara Verde
		Fringillidae	*Spinus*	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico
		Hirundinidae	*Hirundo*	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta
			Petrochelidon	*Petrochelidon pyrrhonota*	Golondrina risquera
		Icteridae	*Agelaius*	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento
			Icterus	*Icterus gularis*	Calandria Dorso Negro Mayor
				Icterus cucullatus	Calandria Dorso Negro Menor
			Molothrus	*Molothrus aeneus*	Tordo ojos rojos
				Molothrus ater	Tordo cabeza café
			Quiscalus	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano
			Sturnella	*Sturnella magna*	Pradero tortillaconchile
		Mimidae	*Mimus*	*Mimus polyglottos*	Cenzontle común
			Toxostoma	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche piquicurvo
				Toxostoma longirostre	Cuicacoche piquilargo
		Paridae	*Baeolophus*	*Baeolophus atricristatus*	Carbonero cresta negra
		Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo
		Passerellidae	*Amphispiza*	*Amphispiza bilineata*	Gorrion garganta negra
			Arremonops	*Arremonops rufivirgatus*	Rascador Olivaceo
			Chondestes	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequín
			Passerculus	*Passerculus sandwichensis*	Gorrion Sabanero

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre Común
			Peucaea	*Peucaea cassinii*	Zacatonero de Cassin
		Polioptilidae	*Polioptila*	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris
		Remizidae	*Auriparus*	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo
		Troglodytidae	*Thryomanes*	*Thryomanes bewickii*	Chivirin cola oscura
		Tyrannidae	*Myiarchus*	*Myiarchus tyrannulus*	Papamoscas gritón
			Pitangus	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo
			Pyrocephalus	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas Cardenalito
			Tyrannus	*Tyrannus forficatus*	Tirano tijereta
				Tyrannus tyrannus	Tirano Dorso Negro
		Vireonidae	*Vireo*	*Vireo griseus*	Vireo Ojos Blancos
	Piciformes	*Picidae*	*Melanerpes*	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje
			Dryobates	*Dryobates scalaris*	Carpintero Mexicano
	Strigiformes	*Strigidae*	*Bubo*	*Bubo virginianus*	Búho cornudo
Total	**11**	**26**		**53**	
Mammalia	*Artiodactyla*	*Tayassuidae*	*Pecari*	*Pecari tajacu*	Pecari de collar
		Cervidae	*Odocoieus*	*Odocoileus viriginianus*	Venado cola blanca
	Carnivora	*Canidae*	*Canis*	*Canis latrans*	Coyote
		Felidae	*Lynx*	*Lynx rufus*	Lince
		Mephitidae	*Mephitis*	*Mephitis mephitis*	Zorrillo listado
		Procyonidae	*Procyon*	*Procyon lotor*	Mapache
	Lagomoroha	*Leporidae*	*Sylvilagus*	*Sylvilagus florindanus*	Conejo serrano
	Rodentia	*Cricetidae*	*Neotoma*	*Neotoma micropus*	Rata cambalachera
Total	**4**	**8**		**8**	
Reptilia	*Squamata*	*Colubridae*	*Pituophis*	*Pituophis catenifer*	Alicante
			Drymarchon	*Drymarchon melanurus*	Culebra arroyera de cola negra
		Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*Sceloporus olivaceus*	Lagartija espinosa del noreste
			Sceloporus	*Sceloporus variabilis*	Lagartija espinosa pansa rosada
			Phrynosoma	*Phrynosoma cornutum*	Camaleón cornudo
			Holbrookia	*Holbrookia propinqua*	Lagartija sorda
			Sceloporus	*Sceloporus cyanogenys*	Lagartija espinosa azul
		Teiidae	*Aspidoscelis*	*Aspidoscelis gularis*	Huico pinto del noreste
		Viperidae	*Crotalus*	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes
	Testudines	*Testudinidae*	*Gopherus*	*Gopherus berlandieri*	Tortuga del Desierto
		Emydidae	*Trachemys*	*Trachemys venusta*	Tortuga de Guadalupe
Total	**2**	**6**		**11**	
Total general	**17**	**40**		**72**	

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Ahora bien, en cuanto al grupo de las aves, se infiere que estas presentan un rápido desplazamiento que se verían menos afectadas por el desarrollo del **Proyecto**, ya que se verían ahuyentadas por la presencia humana y el uso de maquinaría al iniciar las actividades de preparación del sitio y la construcción. Mientras que, las especies más sensibles serían los organismos de la clase reptilia por su reducida capacidad de movilidad y desplazamiento, sin embargo, se ha previsto aplicar actividades cuidadosas de rescate y reubicación mediante la ejecución de técnicas especiales para la captura, rescate y reubicación de estos organismos, o bien, de alguna otra especie que en su momento este presente en el sitio al momento de iniciar con las actividades.

B. Flora

Resultados del trabajo de campo para la caracterización de flora.

Como resultado del método de muestreo, se establecieron 49 puntos de muestreo para las tres áreas del proyecto. Los puntos de muestreo quedaron divididos de la siguiente manera: en el límite norte, se hicieron, 11 en el área de afectación y 10 en el **AP**, mientras que en el límite sur se establecieron, 15 en el área de afectación y 13 en el **AP**.

En ambos límites, se buscó en todo momento, los manchones de vegetación o formación de corredores de la misma, con la finalidad de obtener mejores resultados en cuanto a la diversidad florística de la zona, dado que dentro del área del proyecto predominan los asentamientos humanos y las actividades agrícolas.

Derivado del trabajo de campo y el análisis de datos, se obtuvo que la composición florística de la vegetación presente en las áreas que conforman en **AP** y área de fase está compuesta por 76 especies registradas se encuentran distribuidas casi de manera homogénea, determinando para el área de afectación se reportaron 80 y para el **AP** se observaron 69 especies, distribuidas en 38 familias y 27 órdenes. La mayoría de las especies se encuentran en los dos tipos de vegetación. Los detalles sintetizados en cuanto a la lista de especies, se muestra en el siguiente listado, en donde también se indica la categoría de riesgo según la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, así como el estrato y tipo de vegetación en el que fue registrada la especie.

Tabla 32. Listado de especies de flora registradas en el AP y Área afectación durante el trabajo de campo

Estrato	Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Tipo de vegetación		Área del proyecto	
								AA	AP
Arbóreo	*Asparagales*	*Asparagaceae*	*Yucca treculiana*	Chocha	SC	MET		X	X
	Boraginales	*Boraginaceae*	*Ehretia anacua*	Anacua	SC		MKX	X	X
			Cordia boissieri	Anacahuita	SC	MET	MKX	X	X
	Ericales	*Ebenaceae*	*Diospyros texana*	Chapote Negro	SC		MKX	X	X
	Fabales	*Fabaceae*	*Parkinsonia aculeata*	Retama	SC		MKX	X	X
			Prosopis glandulosa	Mezquite	SC	MET	MKX	X	X
			Ebenopsis ebano	Hébano	SC	MET	MKX	X	X
			Vachellia farnesiana	Huizache	SC	MET	MKX	X	X
			Leucaena leucocephala	Tepeguaje	SC		MKX	X	X
			Havardia pallens	Tenaza	SC	MET	MKX	X	
			Parkinsonia texana	Palo Verde	SC	MET	MKX	X	X
	Rosales	*Cannabaceae*	*Celtis laevigata*	Palo Blanco	SC		MKX	X	X
	Sapindales	*Meliaceae*	*Melia azedarach*	Árbol del paraíso	SC		MKX		X
Arbustivo	*Asterales*	*Asteraceae*	*Baccharis neglecta*	Jara Dulce	SC		MKX	X	X
			Sidneya tenuifolia	Aceitilla	SC	MET	MKX	X	X
			Borrichia frutescens	Saladillo	SC		MKX	X	
	Brassicales	*Koeberliniaceae*	*Koeberlinia spinosa*	Corona de Espinas	SC	MET		X	X
	Caryophyllales	*Cactaceae*	*Ancistrocactus scheeri*	Biznaga Ganchuda	SC	MET	MKX	X	X
			Echinocereus poselgeri	Sacasil	Pr	MET		X	
			Echinocereus pentalophus	Alicoche	SC	MET	MKX	X	
			Homalocephala texensis	Tonel Mancacaballo	SC	MET		X	X
			Cylindropuntia leptocaulis	Tasajillo	SC	MET	MKX	X	X
			Opuntia engelmannii	Nopal	SC	MET	MKX	X	X
			Mammillaria heyderi	Biznaga China	SC	MET	MKX	X	
		Achatocarpaceae	*Phaulothamnus spinescens*	Bachata	SC	MET	MKX	X	X
	Celastrales	*Celastraceae*	*Schaefferia cuneifolia*	Sarampión	SC	MET	MKX	X	X
			Mortonia greggii	Afinador	SC	MET		X	X
	Ericales	*Sapotaceae*	*Sideroxylon celastrinum*	Coma	SC		MKX	X	X
			Coursetia axillaris	Palo Dulce	SC	MET	MKX	X	X
			Eysenhardtia texana	Palo Dulce	SC	MET	MKX	X	X
			Senegalia wrightii	Uña de gato	SC	MET	MKX	X	X
			Vachellia rigidula	Chaparro Prieto	SC	MET	MKX	X	X
			Erythrostemon mexicanus	Comalillo	SC		MKX	X	X
			Senegalia berlandieri	Espino	SC	MET	MKX	X	X

Estrato	Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Tipo de vegetación		Área del proyecto	
								AA	AP
			Calliandra conferta	Charrasquillo	SC	MET		X	X
	Gentianales	*Rubiaceae*	*Randia obcordata*	Cruceto	SC	MET	MKX	X	X
	Lamiales	*Oleaceae*	*Forestiera angustifolia*	Panalero	SC	MET	MKX	X	X
		Scrophulariaceae	*Leucophyllum frutescens*	Cenizo	SC	MET	MKX	X	X
		Lamiaceae	*Salvia ballotiflora*	Mejorana	SC	MET	MKX	X	X
		Verbenaceae	*Aloysia gratissima*	Vara Dulce	SC	MET	MKX	X	X
			Lippia graveolens	Orégano de monte	SC	MET		X	X
	Malpighiales	*Euphorbiaceae*	*Ricinus communis*	Higuerilla	SC		MKX	X	X
			Bernardia myricifolia	Oreja de ratón	SC	MET	MKX	X	X
			Croton cortesianus	Palillo	SC	MET	MKX	X	X
			Croton humilis	Palillo	SC		MKX	X	X
			Jatropha dioica	Sangre de Drago	SC	MET		X	X
	Myrtales	*Myrtaceae*	*Eugenia uniflora*	Pitanga	SC	MET		X	X
	Rosales	*Cannabaceae*	*Celtis pallida*	Granjeno	SC	MET	MKX	X	X
		Rhamnaceae	*Karwinskia humboldtiana*	Tullidora	SC	MET	MKX	X	X
			Sarcomphalus obtusifolius	Garrapatilla	SC	MET	MKX	X	X
			Condalia hookeri	Capulín	SC	MET		X	X
	Sapindales	*Simaroubaceae*	*Castela erecta*	Chaparro Amargo	SC	MET	MKX	X	X
		Rutaceae	*Zanthoxylum fagara*	Limoncillo	SC	MET	MKX	X	X
	Solanales	*Solanaceae*	*Capsicum annuum*	Chile	SC		MKX	X	
			Lycium berlandieri	Cilindrillo	SC	MET	MKX	X	X
	Zygophyllales	*Zygophyllaceae*	*Guaiacum angustifolium*	Guayacán	SC	MET	MKX	X	X
		Krameriaceae	*Krameria ramosissima*	Calderona	SC	MET		X	X
Herbáceo	*Asterales*	*Asteraceae*	*Tithonia tubaeformis*	Gigantón	SC		MKX	X	X
			Parthenium hysterophorus	Hierba del Golpe	SC		MKX	X	
			Ambrosia confertiflora	Estafiate	SC		MKX	X	
			Sanvitalia ocymoides	Zinia trepadora	SC		MKX	X	
			Thymophylla pentachaeta	Limoncillo	SC	MET		X	X
			Melampodium cinereum	Arnica gris	SC	MET		X	X
	Boraginales	*Boraginaceae*	*Tiquilia canescens*	Hierba de la Virgen	SC	MET	MKX	X	X
			Euploca confertifolia	Romero Cimarrón	SC	MET		X	X
			Heliotropium angiospermum	Alacrancillo	SC		MKX	X	X
	Lamiales	*Lamiaceae*	*Teucrium cubense*	Agrimonia	SC		MKX	X	
		Acanthaceae	*Ruellia nudiflora*	Hierba de la Calentura	SC		MKX	X	X
		Verbenaceae	*Lantana achyranthifolia*	Hierba Mariposa	SC	MET		X	
			Phyla nodiflora	Bella Alfombra	SC		MKX	X	X

Estrato	Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Tipo de vegetación		Área del proyecto	
								AA	AP
	Malpighiales	*Passifloraceae*	*Turnera diffusa*	Damiana	SC	MET		X	X
		Euphorbiaceae	*Euphorbia hypericifolia*	Golondrina	SC	MET		X	
	Malvales	*Malvaceae*	*Abutilon trisulcatum*	Pelotazo	SC		MKX		X
			Sphaeralcea angustifolia	Hierba del Negro	SC	MET	MKX	X	X
			Malvastrum coromandelianum	Escobillo	SC		MKX	X	X
			Sida abutifolia	Hierba de la Viejita	SC		MKX		X
			Malvastrum americanum	Taparrabo	SC		MKX	X	X
	Poales	*Poaceae*	*Cenchrus ciliaris*	Pasto Buffel	SC	MET	MKX	X	X
			Bouteloua repens	Navajita Rastrera	SC	MET	MKX	X	X
			Megathyrsus maximus	Camalote	SC		MKX	X	X
			Setaria leucopila	Zacate Tempranero	SC	MET	MKX	X	X
			Eragrostis barrelieri		SC		MKX	X	
		Cyperaceae	*Cyperus oxylepis*	Navajuela	SC		MKX	X	
	27	**38**	**85**					**80**	**69**
Sujeta a protección especial (Pr), Sin clasificación (SC)									

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Del total de especies registradas para la flora, solo una especie se registró con estatus de Protección especial de acuerdo con la **NOM-059-SEMARNAT-2010**. No obstante, la **UICN** la reporta como especie fuera de peligro. Esta especie se reportó en el AI y pertenece a la vegetación de Mezquital espinoso Tamaulipeco (**MET**) en el estrato arbustivo, con un numero de registro de 3 individuos.

Tabla 33. Especies de flora con estatus de protección

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estatus de protección	
				NOM-059-SEMARNAT-2010	UICN
Caryophyllales	*Cactaceae*	*Echinocereus poselgeri*	Sacasil	Pr	LC

Pr (Protección especial), LC (Fuera de peligro).

III.3 Historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área del proyecto.

En cuanto al historial epidémico en la zona de estudio, en este siglo se han presentado epidemias; como la fiebre amarrilla, Influenza AH1N1 con brote en Tamaulipas en 2009, y el reciente Covid-19.

Según el Archivo General de la Nación una de las enfermedades más mortíferas que llegó a América fue la viruela. El impacto que tuvo esta enfermedad epidémica se pudo apreciar mucho antes de la conquista de México-Tenochtitlan, al ser la región de Las Antillas uno de los primeros lugares en verse afectado por los brotes epidémicos de la viruela.

Entre las epidemias más fuertes que ha habido en la ciudad se encuentra la fiebre amarilla, también conocida como vómito negro o tifo americano. La fiebre amarilla es una enfermedad endémica de

las zonas tropicales de África, América Central y Sudamérica, que puede propagarse a otras regiones a través de los diferentes medios de transporte. Recibe el término “amarilla” debido a la ictericia que presentan algunos pacientes (OMS, 2019).

La pandemia de COVID-19 que inicio en China a finales de 2019, en México se suscitó el 27 de febrero de 2020 y el primer fallecimiento por esta enfermedad en el país ocurrió el 18 de marzo de 2020. El Gobierno de México reporta para el estado de Tamaulipas tiene un acumulado de confirmados de 187,320, negativos 234,466 y sospechoso 12,086 con una total de fallecidos acumulados de 8362.

Figura. 29. Tasas de incidencia de casos confirmados por COVID-19 acumulados en México por entidad federativa

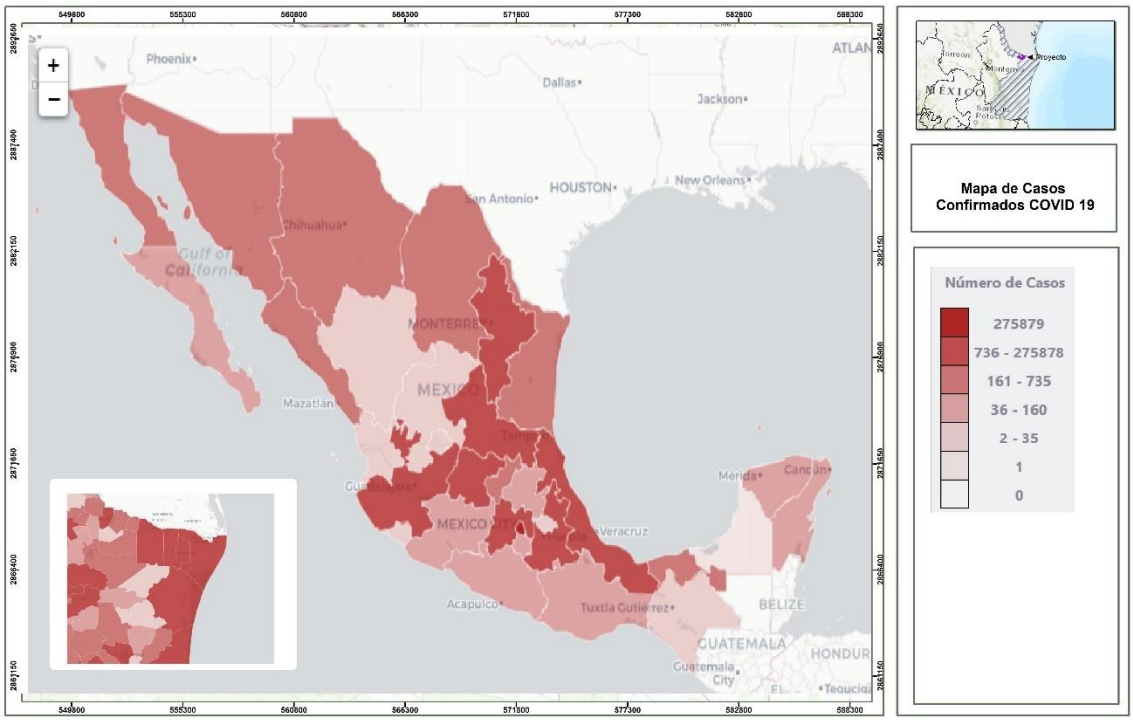
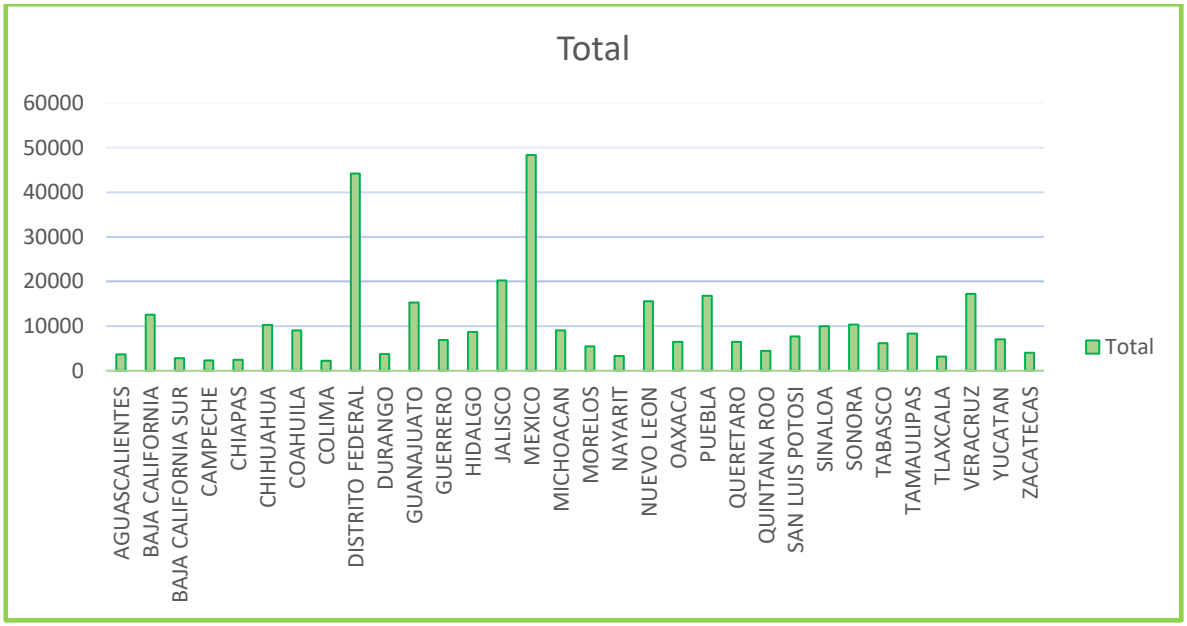


Figura. 30. Defunciones acumuladas en las entidades federativas



https://datos.covid-19.conacyt.mx/

Aunque los casos de COVID-19 han disminuido durante los últimos días y la transmisión de la enfermedad es baja, es fundamental no bajar la guardia y seguir atendiendo las medidas de seguridad sanitaria para cortar la cadena de transmisión del virus.

Tamaulipas continúa en semáforo de riesgo epidemiológico color verde, sin reporte de fallecimientos.

Figura. 31. Semáforo de riesgo epidémico



Fuente:https://coronavirus.gob.mx/semaforo/

III.4 Zonas vulnerables.

Se utilizo el Sistema del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) versión 2022 (SCINCE) y en la información obtenida en los recorridos en el sitio del proyecto. Se señalan los tipos de zonas vulnerables para la población como las colonias, comercio, escuelas, oficinas de Gobierno y hospitales, en concordancia con la Guía tomando en cuenta las proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables de población en el entorno de una franja de 800 m a ambos lados de la infraestructura del proyecto y considerando la concentración masiva de población

La información de las proximidades de las zonas vulnerables dentro de los 800 metros, más detalle en el **Anexo_ER_18_Entorno ambiental_zonas vulnerables_18.1**

Figura. 32. Zonas vulnerables de servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas

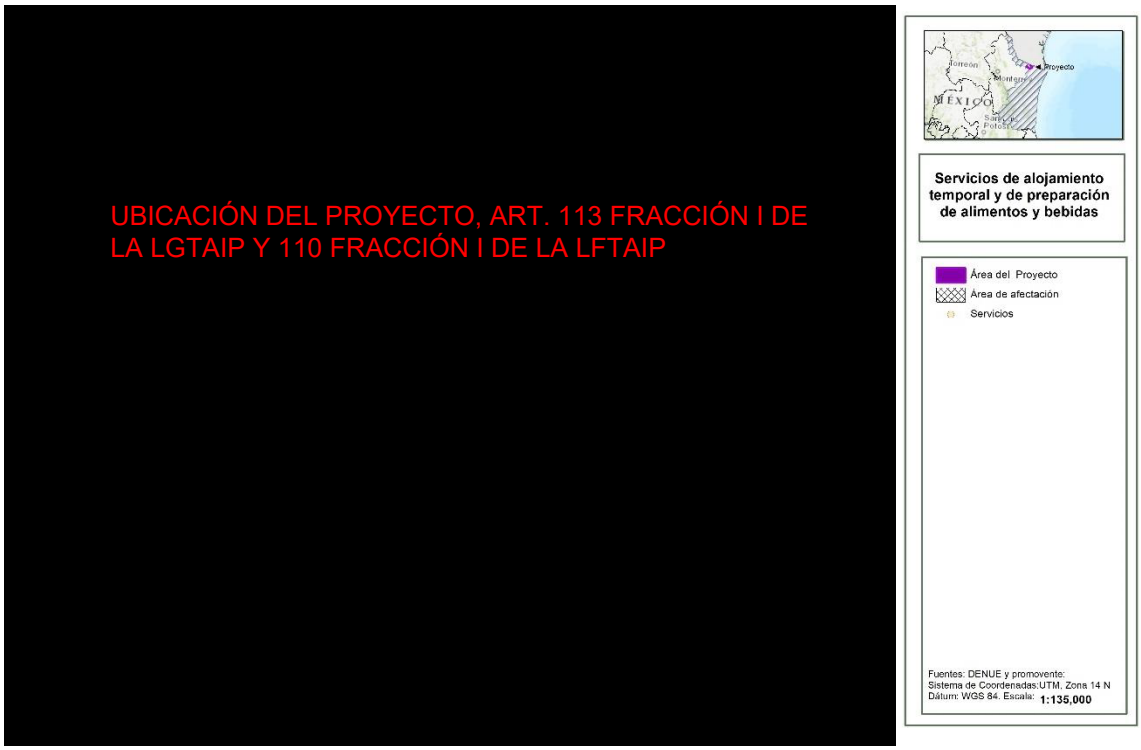


Figura. 33. Zonas vulnerables de comercio por menor

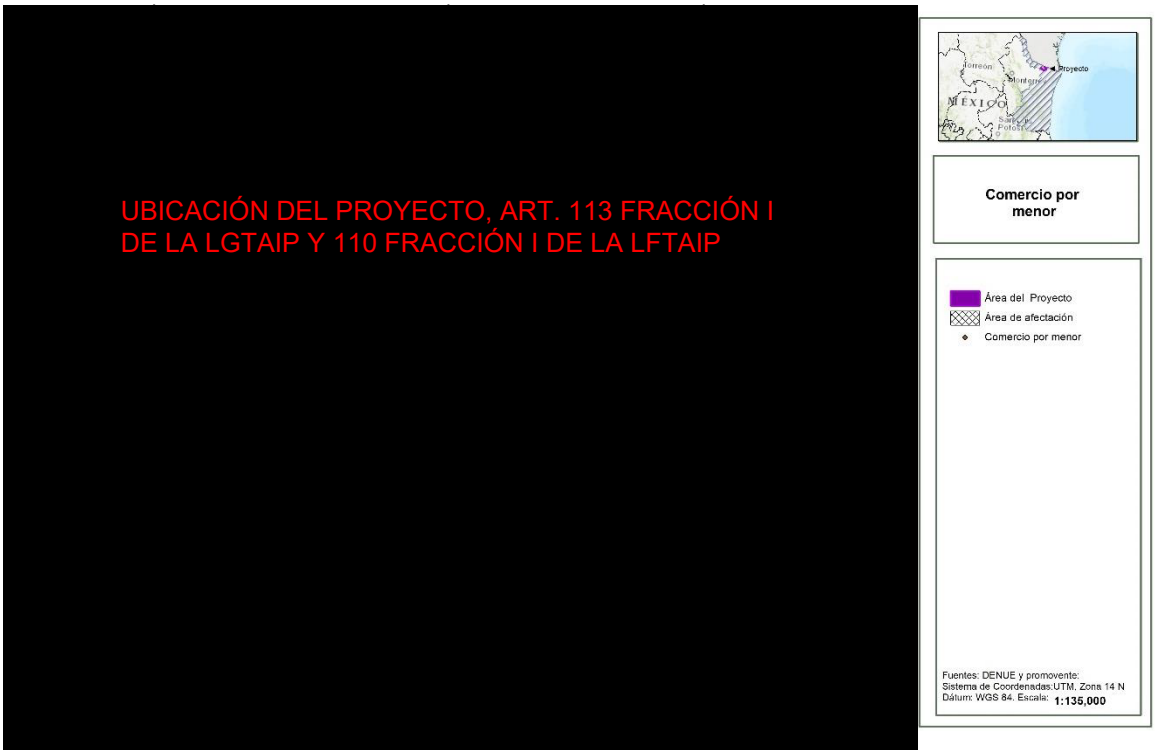


Figura. 34. Zonas vulnerables de comercio por mayor

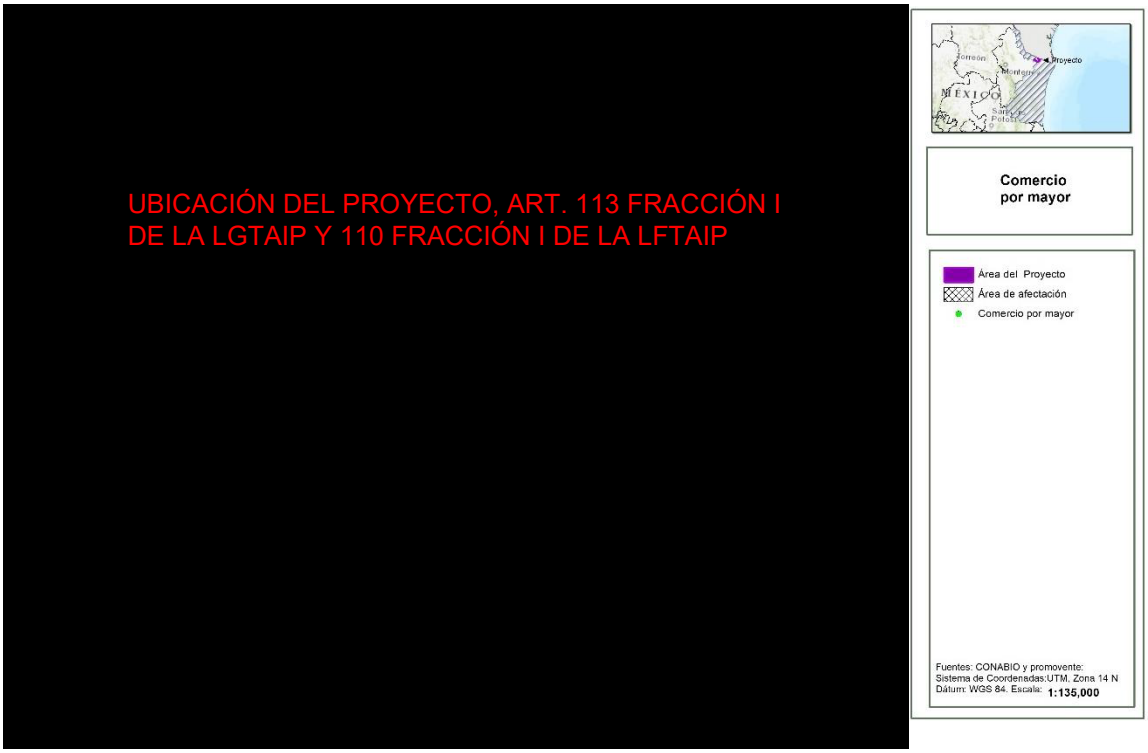


Figura. 35. Zonas vulnerables de servicios de salud

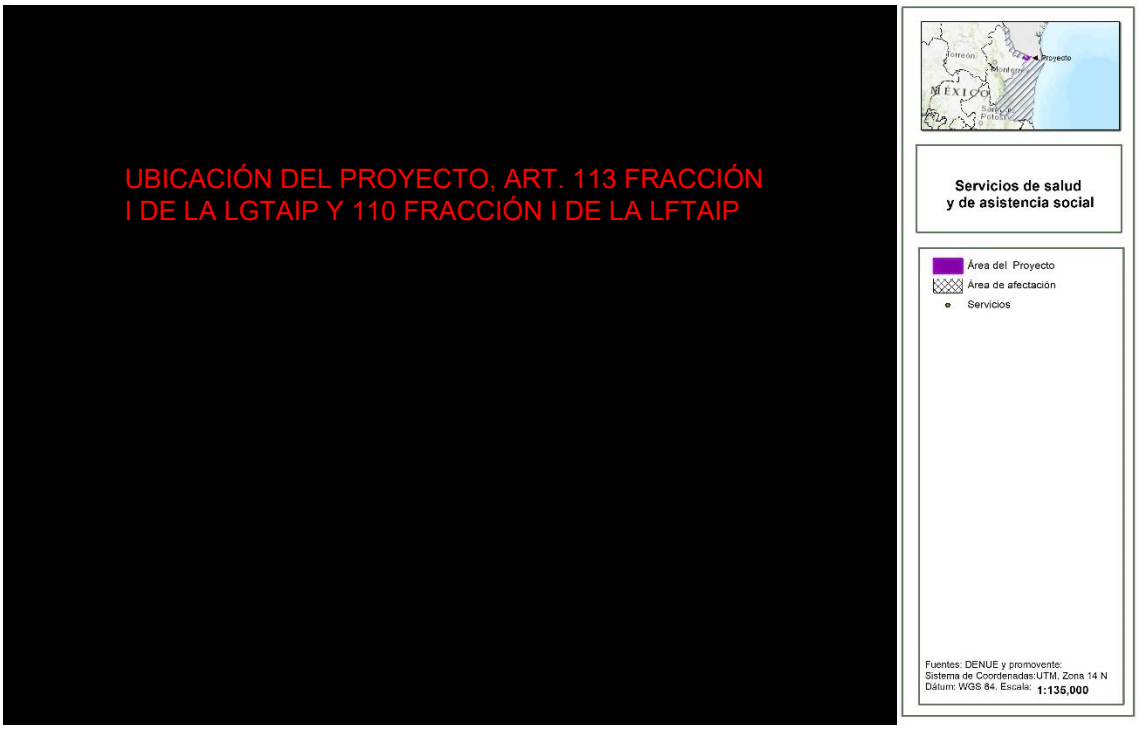


Figura. 36. Zonas vulnerables de servicios educativos

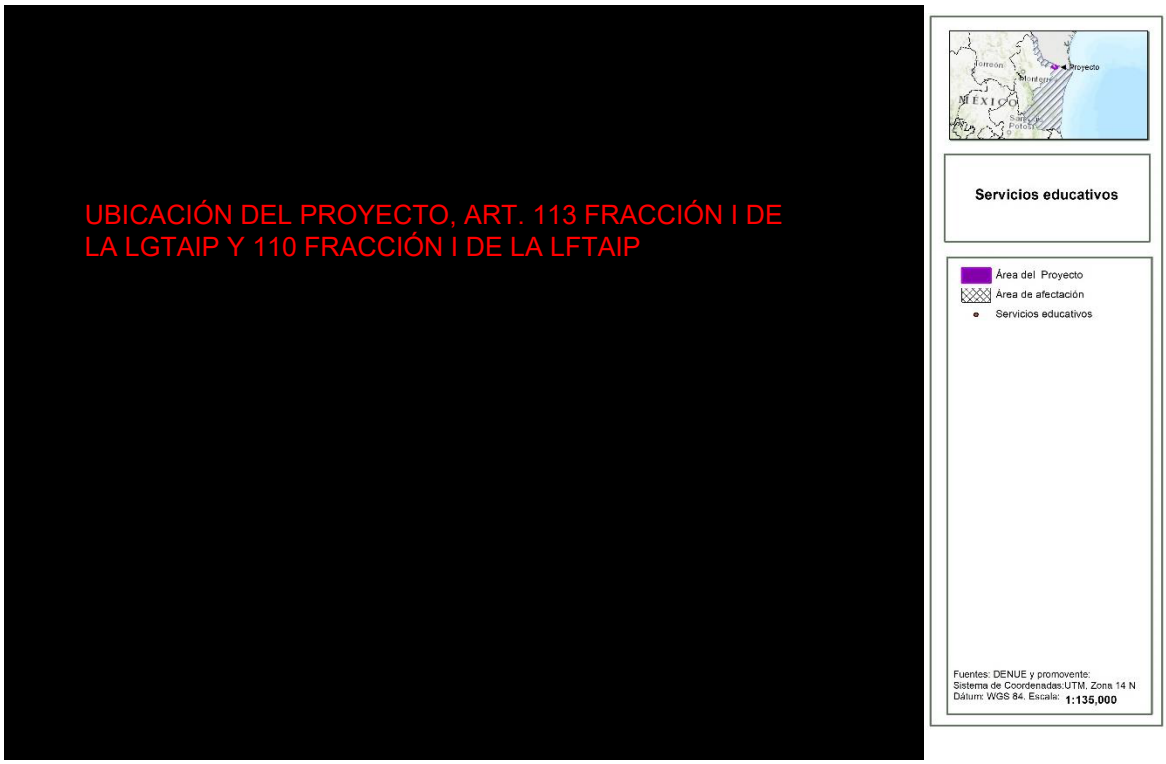


Figura. 37. Zonas vulnerables de servicios financieros y de seguros

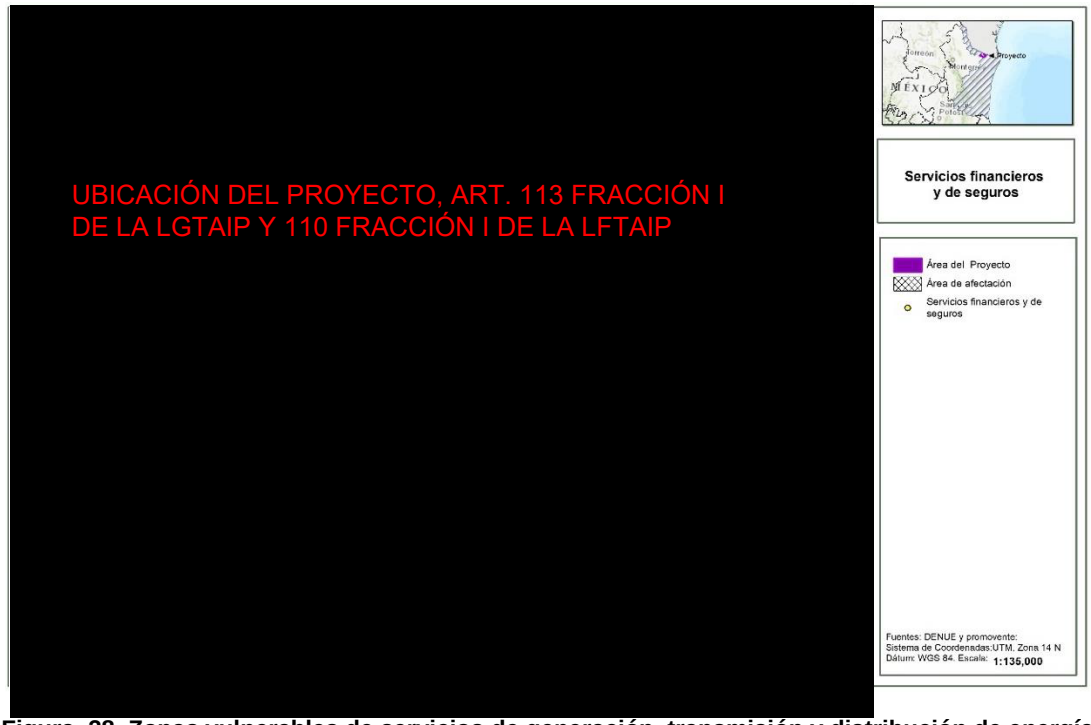


Figura. 38. Zonas vulnerables de servicios de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final

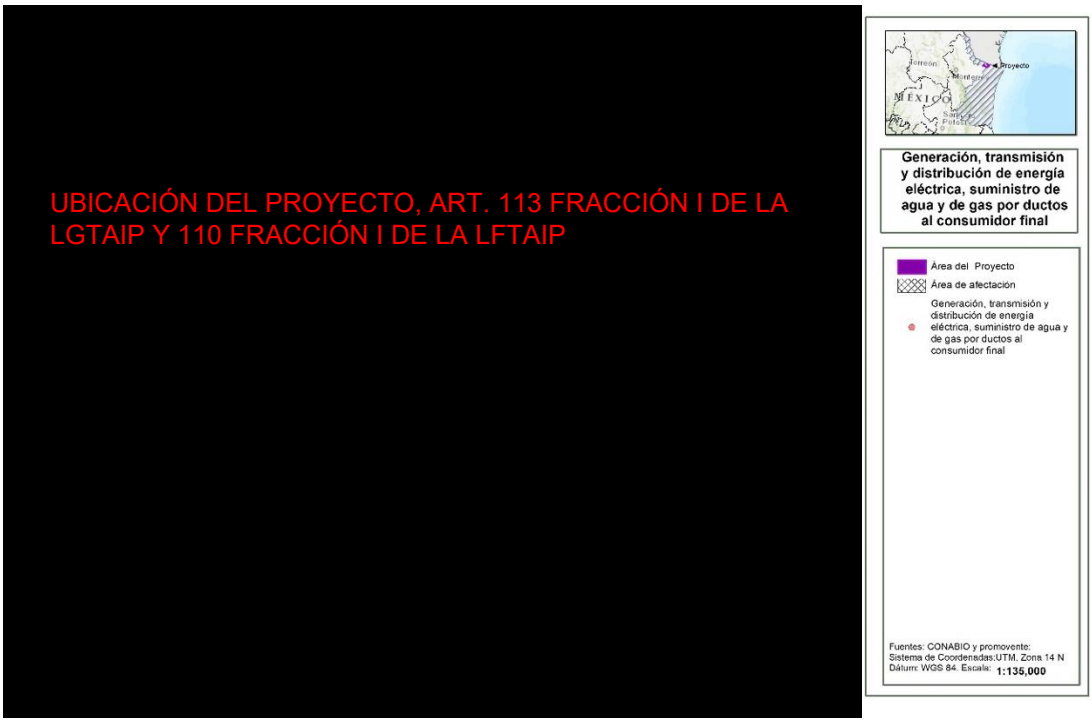


Figura. 39. Zonas vulnerables de servicios de Industrias manufactureras

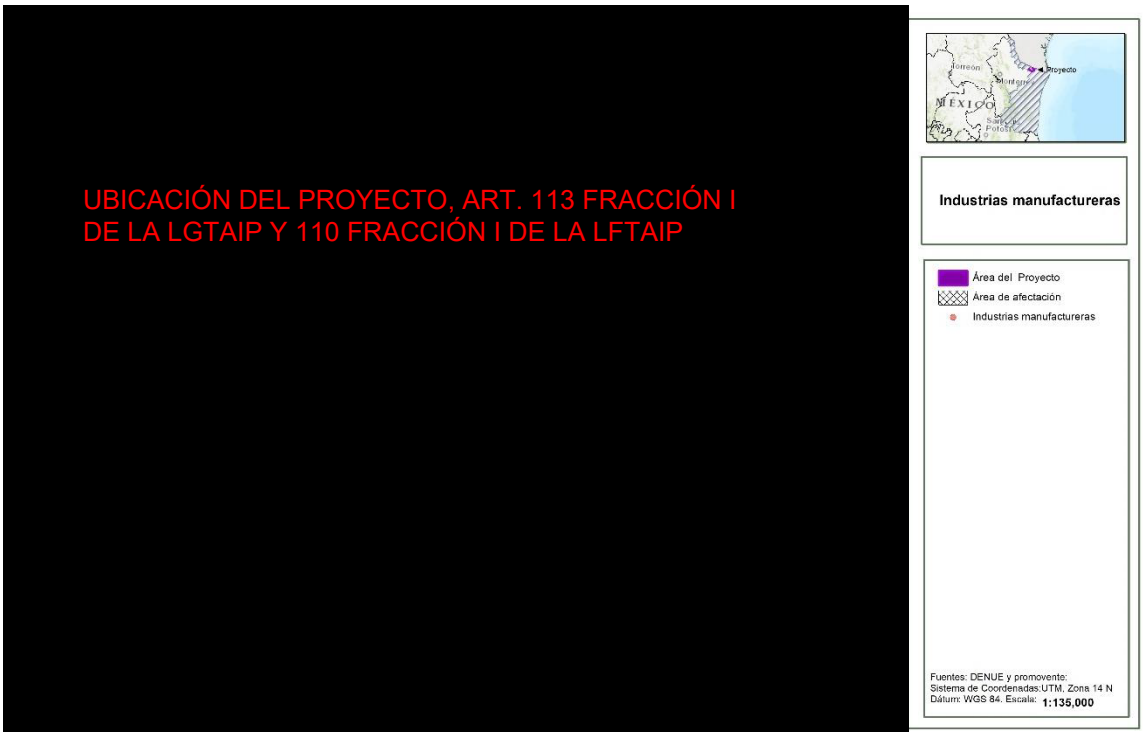
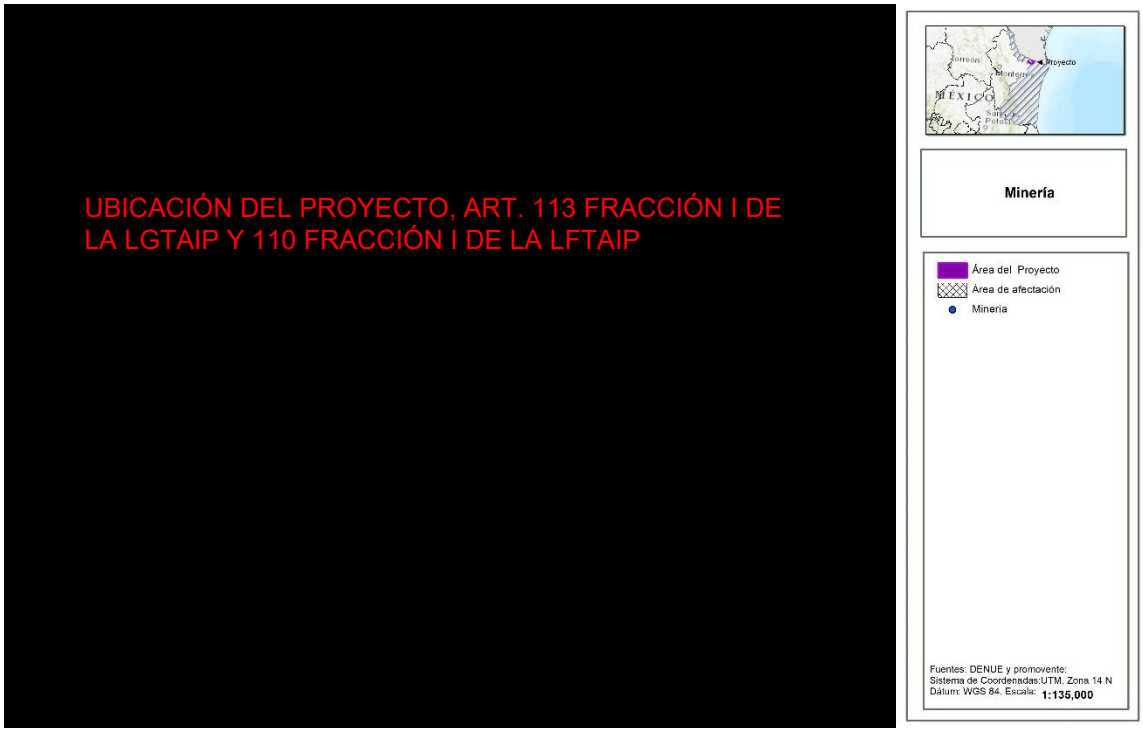


Figura. 40. Zonas vulnerables de servicios de Minería



III.4.2. Densidad poblacional.

La densidad de población es la cantidad de personas que en promedio habitan por unidad de superficie, usualmente en kilómetros cuadrados. Para obtener el presente mapa, se recabó la información del marco geoestadístico nacional 2022 del Estado de Tamaulipas y los datos de población registrados en el **CENSO** de Población y Viviendo 2020 del **INEGI**.

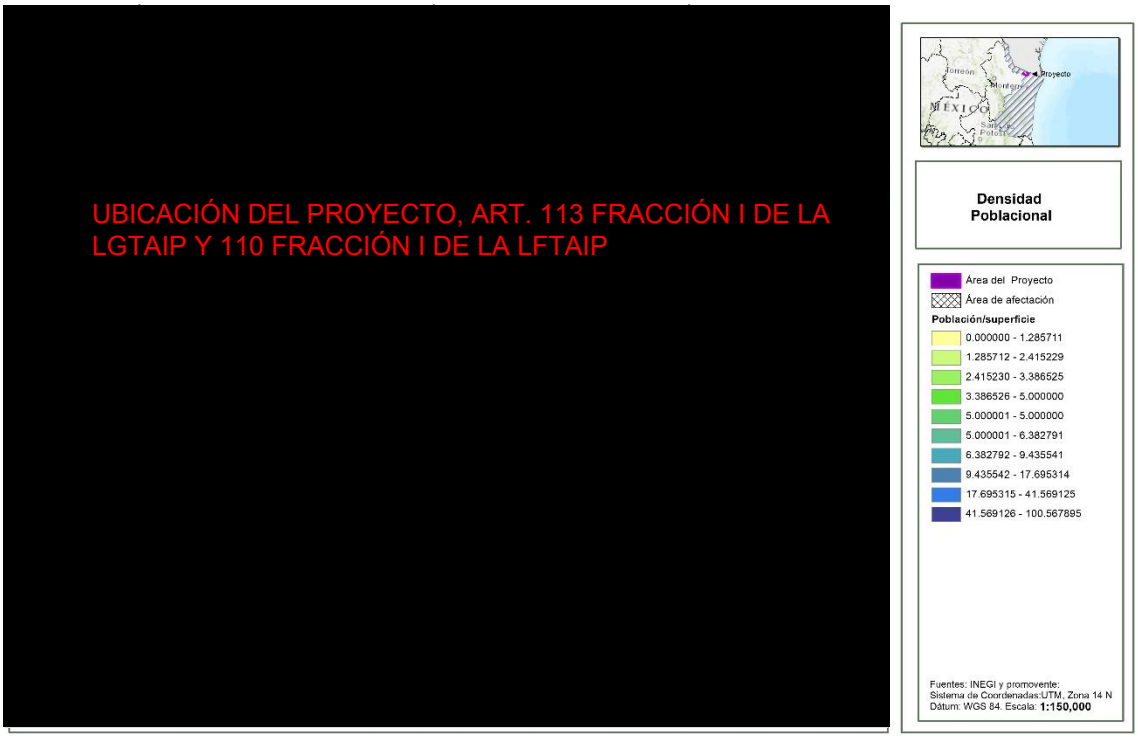
Una vez obtenidos los datos mencionados, se dividió el número de habitantes entre la superficie (has), que dio como resultado la cantidad de población por hectárea, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 34. Densidad poblacional

Clave	Nombre	Población	Superficie (has)	Densidad
143	El Guerreño (Brecha 100 y 102 con Kilómetro 23 y 26 Norte)	2	4.28	0.47
145	El Guerreño	244	194.89	1.25
177	Santa Ana [Ejido]	233	70.39	3.31
184	Palo Blanco	154	75.70	2.03
1280	Reforma Agraria	23	11.39	2.02
693	Nueva Libertad Campesina Dos	25	12.73	1.96
1253	Manuel Cavazos Lerma	29	14.43	2.01
1	Reynosa	691557	16636.31	41.57

- La localidad con mayor población es Reynosa la cual arrojo una densidad de 41.57 de población entre superficie.
- En el radio se identificaron siete las localidades con un rango de densidad de poblacional de 0.47 a 3.31 personas/has concentrada en la parte norte del radio de afectación de 800 metros.
- En la mayoría del radio de afectación no se identificaron localidades con mayor rango de densidad.

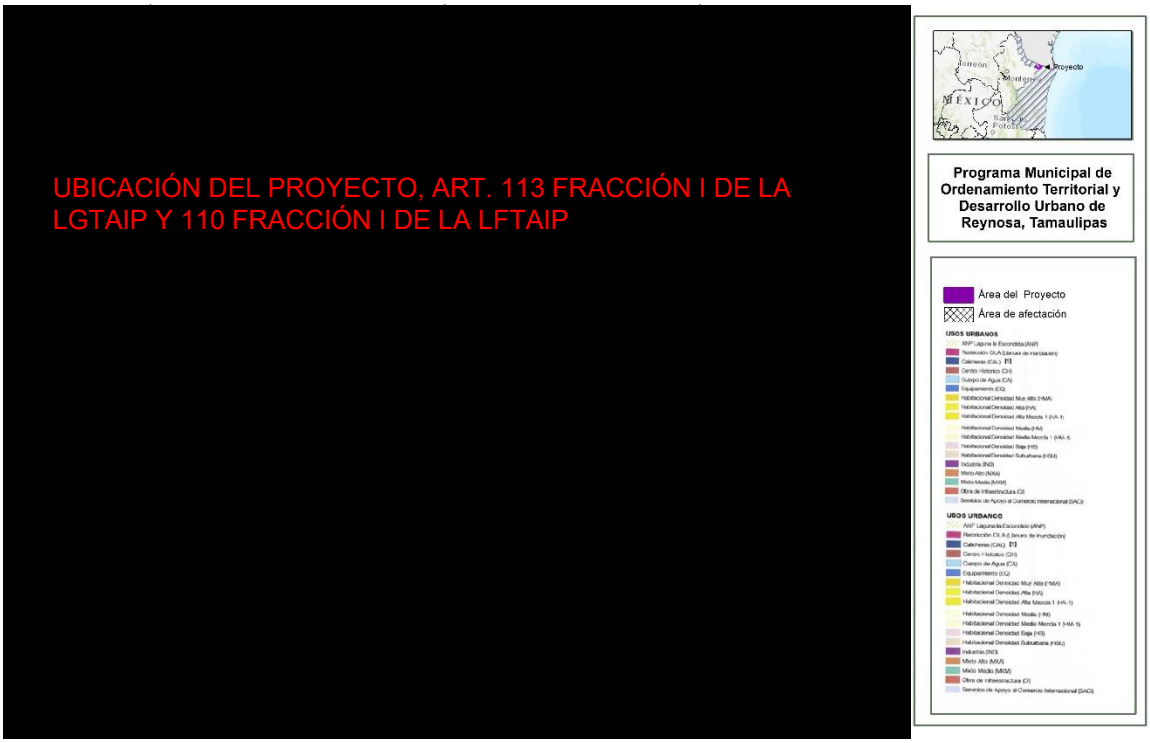
Figura. 41. Densidad Poblacional



III.5. Integración del proyecto a las políticas marcadas en el programa de desarrollo urbano local.

Derivado de una revisión realizada a la base de datos estatal se identificó el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Reynosa, Tamaulipas (**PMOTYURT**) que incide con el Proyecto con el plano de zonificación secundaría, verificando que inciden en los usos de suelo de Llanura de Inundación (**CILA**), Agrícola de Alta Productividad (**AGAP**), Matorral (**MT**), Agrícola de Baja Productividad (**AGBP**), Pastizal (**PZ**), Industrial (**IND**) y Corredor Industrial.

Figura. 42. Localización del AP respecto de los usos de suelo del PMOTYURT.

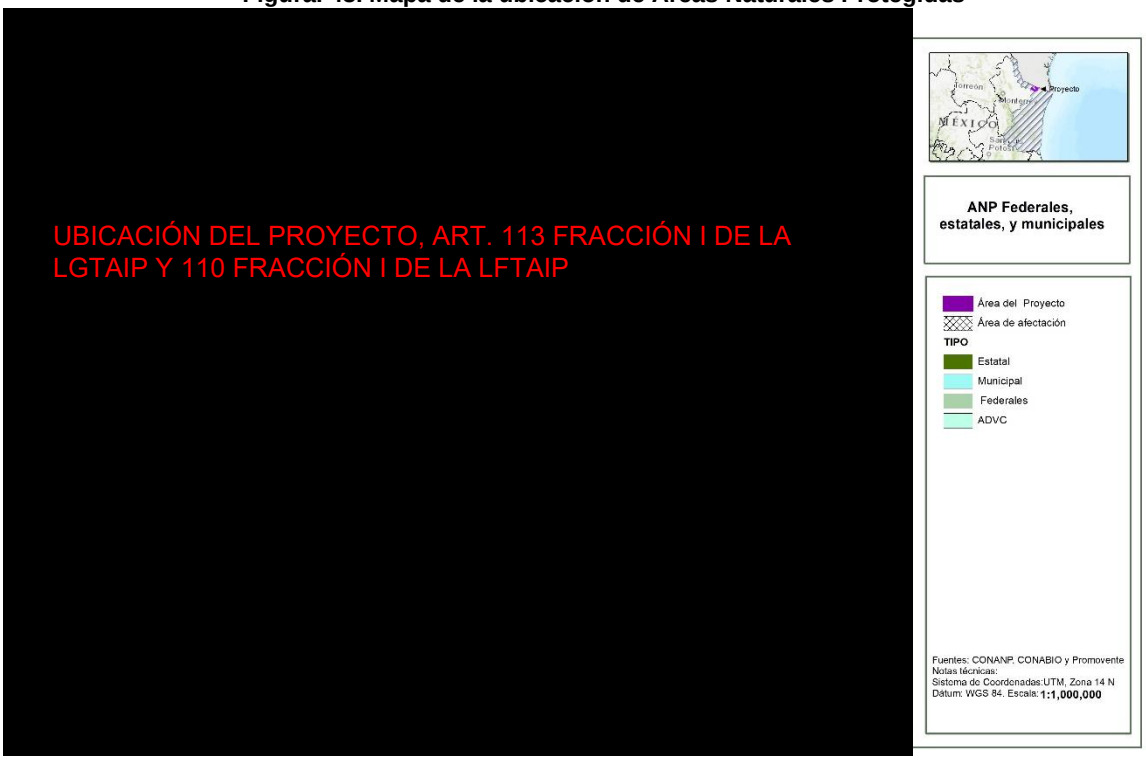


III.6. Componentes ambientales

III.6.1. Áreas naturales protegidas de carácter federal, estatal o municipal.

De acuerdo con la información de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (**CONANP**) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidades establece que gasoducto y el área de afectación no sé ubica ninguna ANP de carácter federal, estatal y municipal.

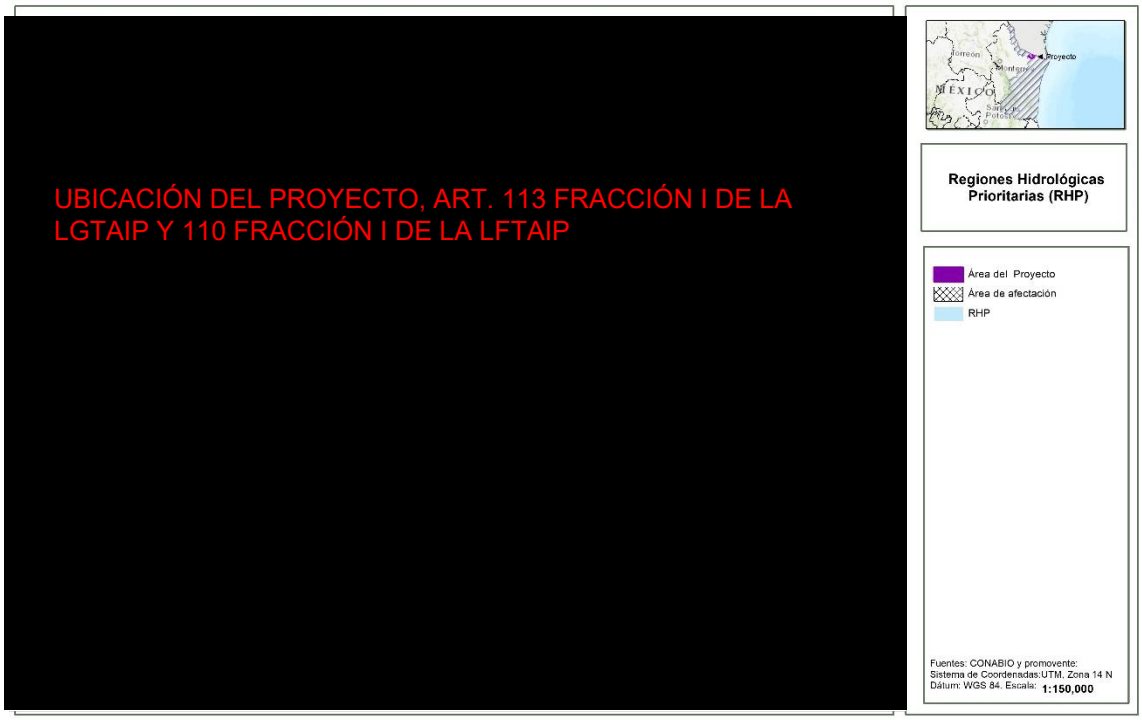
Figura. 43. Mapa de la ubicación de Áreas Naturales Protegidas



III.6.2. Regiones Hidrológicas Prioritarias.

En el país se identifican 110 Regiones Hidrológicas Prioritarias, (**RHP)** por su biodiversidad, de las cuales 82 corresponden a áreas de uso y 75 a áreas de alta riqueza biológica con potencial para su conservación. En el caso concreto, tenemos que el Proyecto incide con la **RHP-42 "Río Bravo Internacional"**, tal y como se puede observar en la siguiente figura.

Figura. 44. Ubicación del Proyecto con respecto de Regiones Hidrológicas Prioritarias.

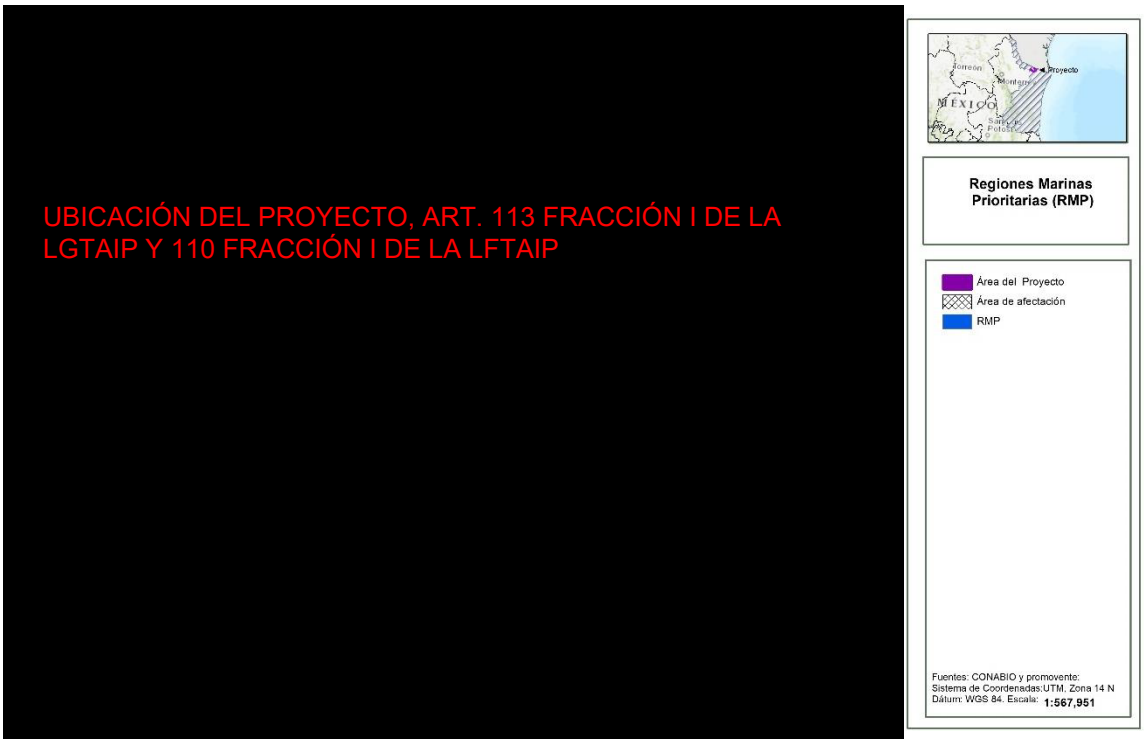


III.6.3. Regiones Marinas Prioritarias.

La **CONABIO** instrumentó el programa de **RMP** mediante el cual se identificaron, delimitaron y caracterizaron 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad.

De acuerdo con la información disponible, **se desprende que el trazo del Proyecto no incide con algún RMP.** Resultando que las más cercanas al área de influencia del Proyecto es: “Laguna Madre”, a una distancia aproximada de 64,92km de distancia aproximadamente y como se muestra a continuación:

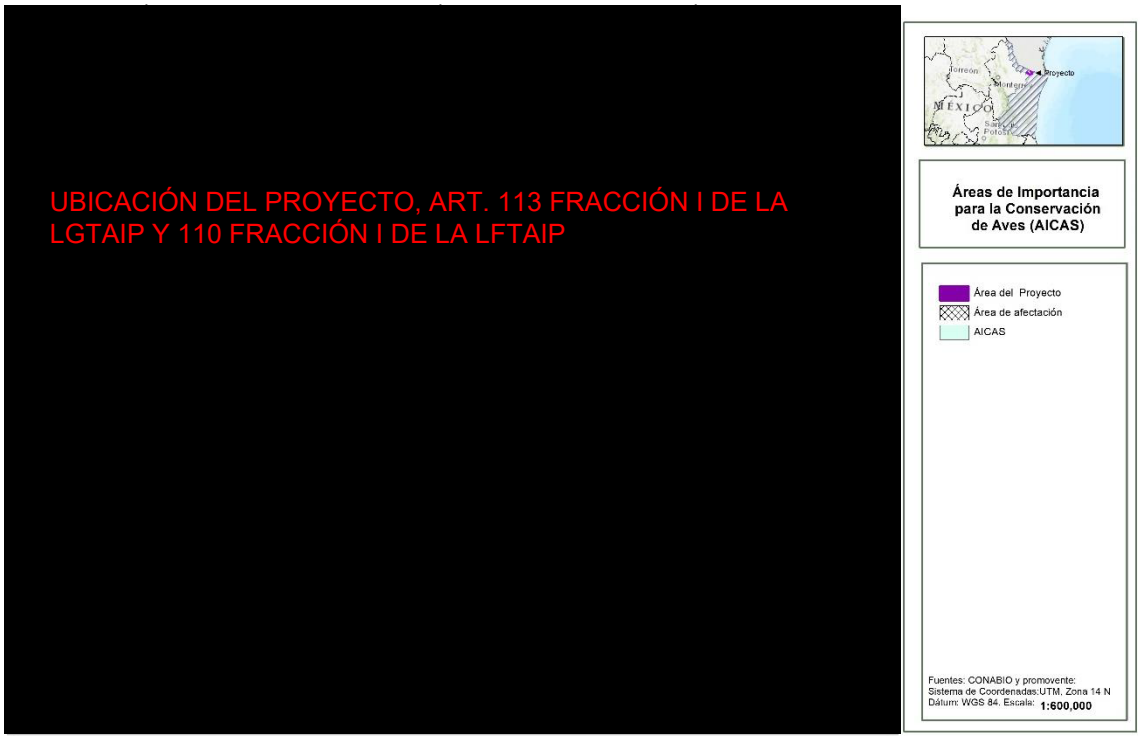
Figura. 45. Ubicación del Proyecto en relación con las Regiones Marinas Prioritarias.



III.6.4. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, AICA

En la actualidad, la **CONABIO** tiene registradas 272 AICAS, las cuales se clasifican en 20 categorías definidas con base en criterios de la importancia de las áreas en la conservación de las aves. Tal y como se pude apreciar en la siguiente figura, el Proyecto no incide con ninguna AICA:

Figura. 46. Ubicación del Proyecto con respecto de Áreas de Importancia para la Conservación de Aves.



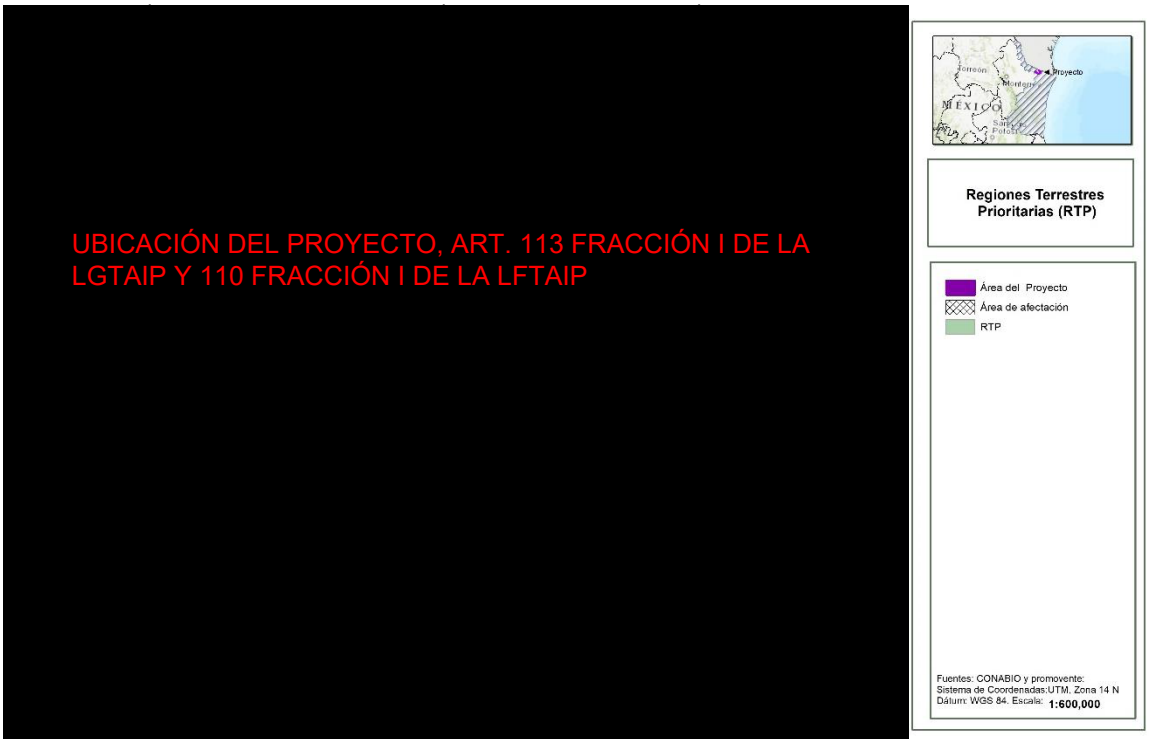
III.6.5. Regiones Terrestres Prioritarias

El proyecto de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) se circunscribe al Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la CONABIO, que se orienta a la detección de áreas cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad en diferentes ámbitos ecológicos.

En el país se identifican 152 RTP para la conservación de la biodiversidad en México que cubren una superficie de 515,558 km2 y que están delimitadas espacialmente en función de su correspondencia con rasgos topográficos, ecorregiones, cuencas hidrológicas, áreas naturales protegidas, tipos de sustrato y de vegetación y del área de distribución de algunas especies clave. Más del 95% de la superficie de las ANP decretadas está correlacionada espacialmente con las RTP.

En el caso concreto, en la zona bajo análisis, encontramos que el Proyecto y el área de afectación no incide en ninguna RTP, la más cercana está a 70,63 km y es la RTP-83 “Laguna Madre”. Lo anterior, se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura. 47. Ubicación del Proyecto en relación con las Regiones Terrestres Prioritarias.



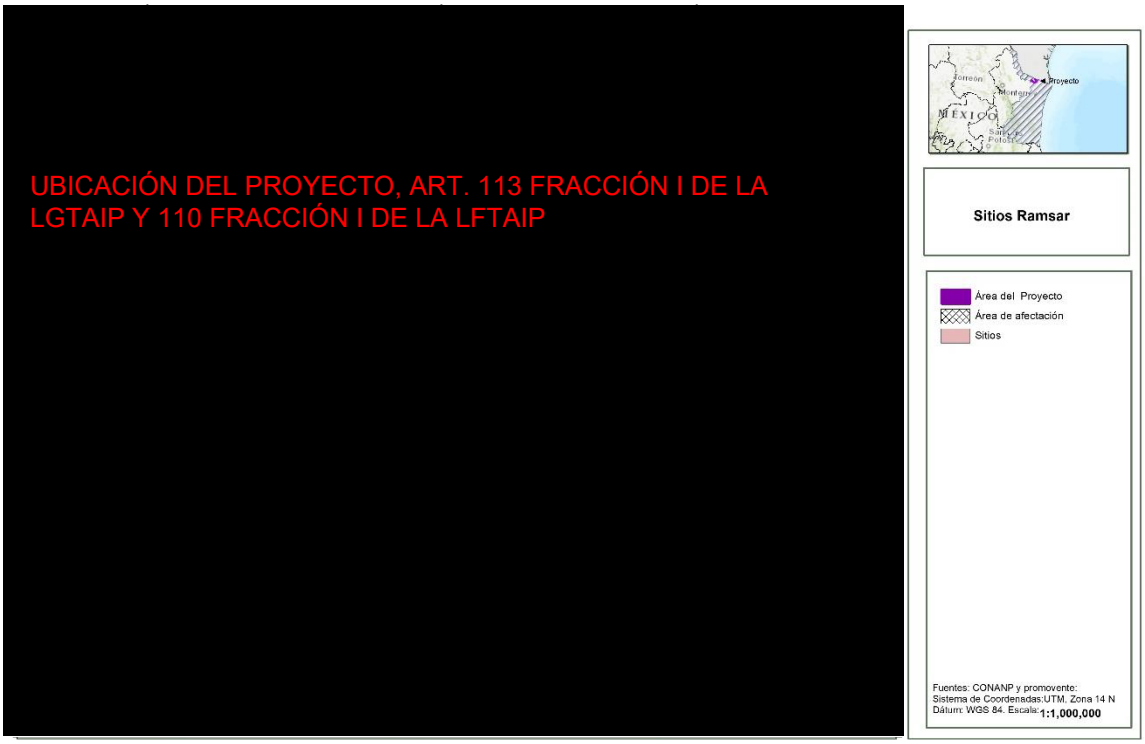
III.6.6. Sitios Ramsar

La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Ramsar), se adoptó en Ramsar, Irán en 1971 y fue ratificada por el Estado Mexicano en el año de 1986 y tiene como uno de sus objetivos principales el impedir ahora y en el futuro las progresivas intrusiones en y pérdida de humedales, en virtud del gran valor económico, cultural, científico y recreativo que representan. Entendiendo por humedal en términos de su artículo 1:

> [...] las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

En nuestro país existen 142 sitios que cumplen los requisitos que señala la Convención, sumando un total de 8,657,057 hectáreas. En este sentido, de la revisión que se hizo integralmente del **Proyecto** se pudo determinar que no incide en algún sitio Ramsar, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura. 48. Ubicación del Proyecto en relación con los sitios Ramsar.



III.7. Infraestructura vial

Las proximidades con infraestructura para un radio de 800 metros, se utilizó las cartas topográficas de INEGI escala 1:50 000 y los archivos vectoriales Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, la información a detalle se encuentra en el **Anexo_ER_18_Entorno ambiental_Infraestructura_18.2.**

Figura. 49. Cruces de infraestructura con líneas de transmisión del proyecto en un radio de 800 m (1 de 4).

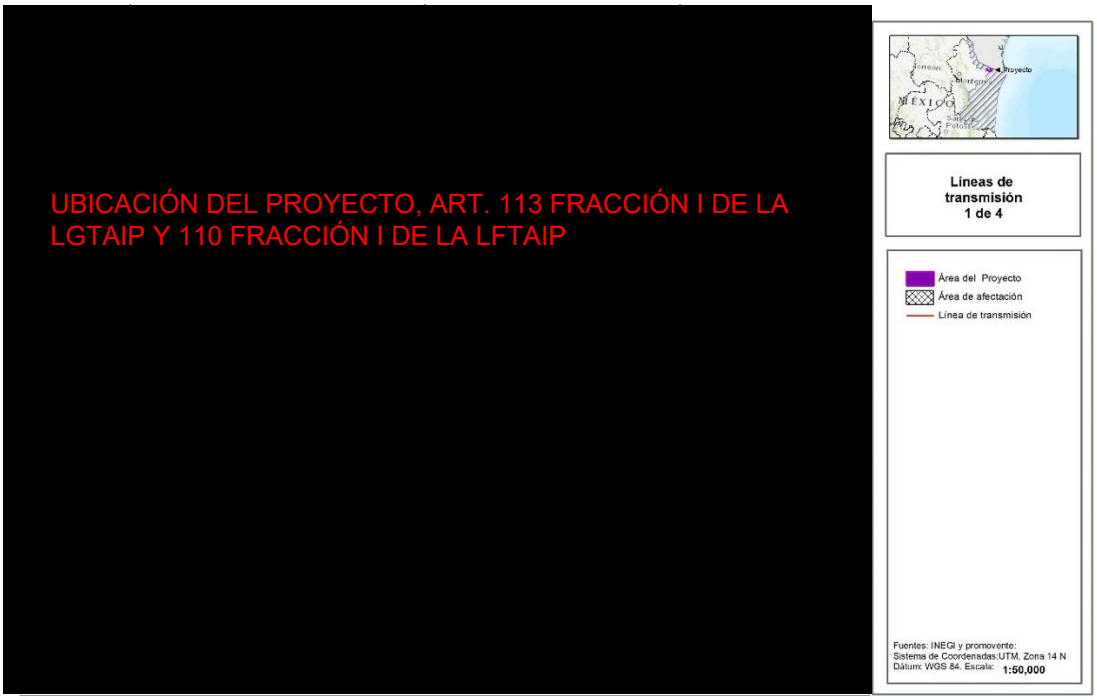


Figura. 50. Cruces de infraestructura con líneas de transmisión del proyecto en un radio de 800 m (2 de 4).

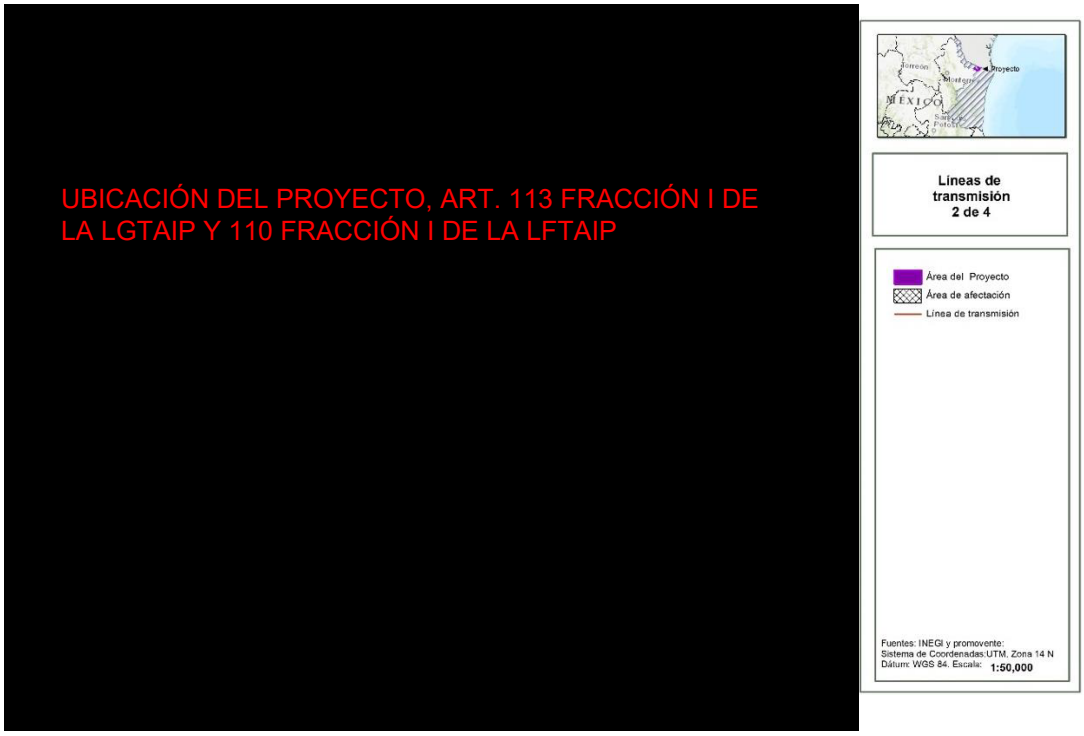


Figura. 51. Cruces de infraestructura con líneas de transmisión del proyecto en un radio de 800 m (3 de 4).

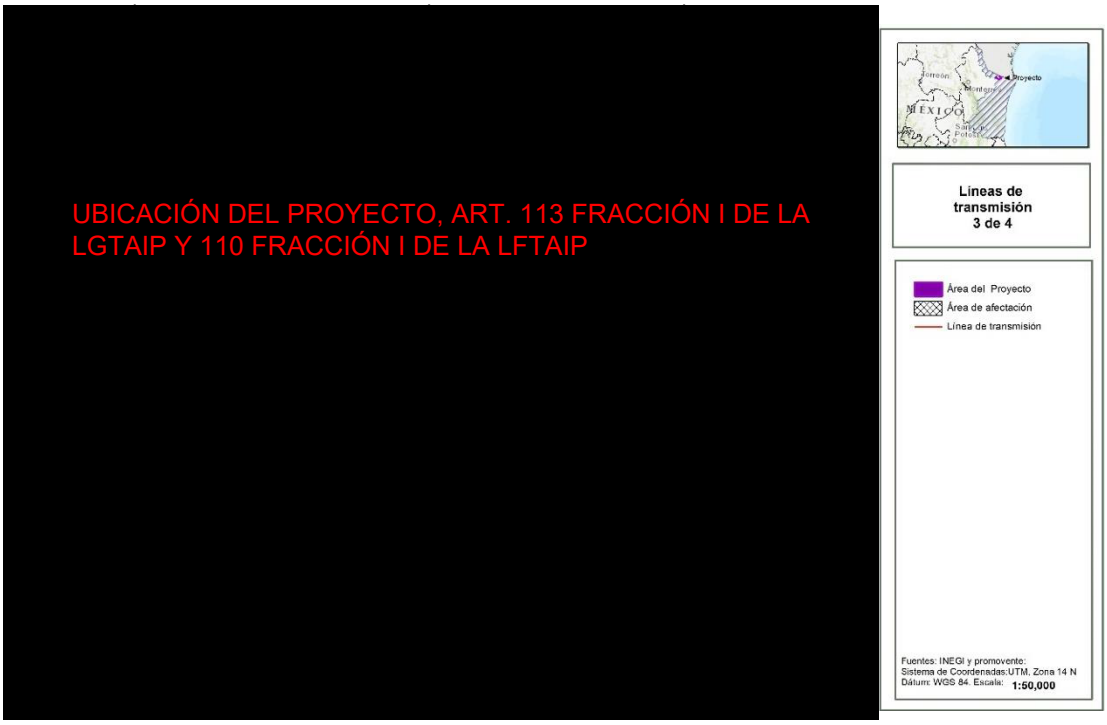


Figura. 52. Cruces de infraestructura con líneas de transmisión del proyecto en un radio de 800 m (4 de 4).

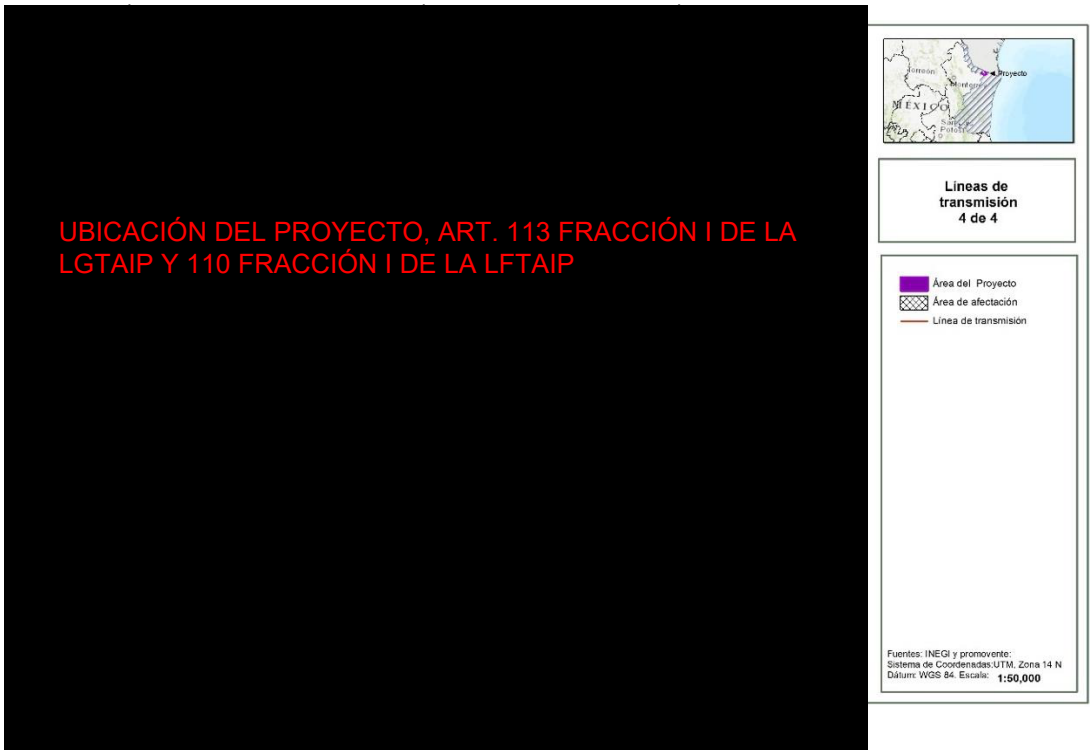


Figura. 53. Cruces con carreteras dentro del radio de 800 m (1 de 4).

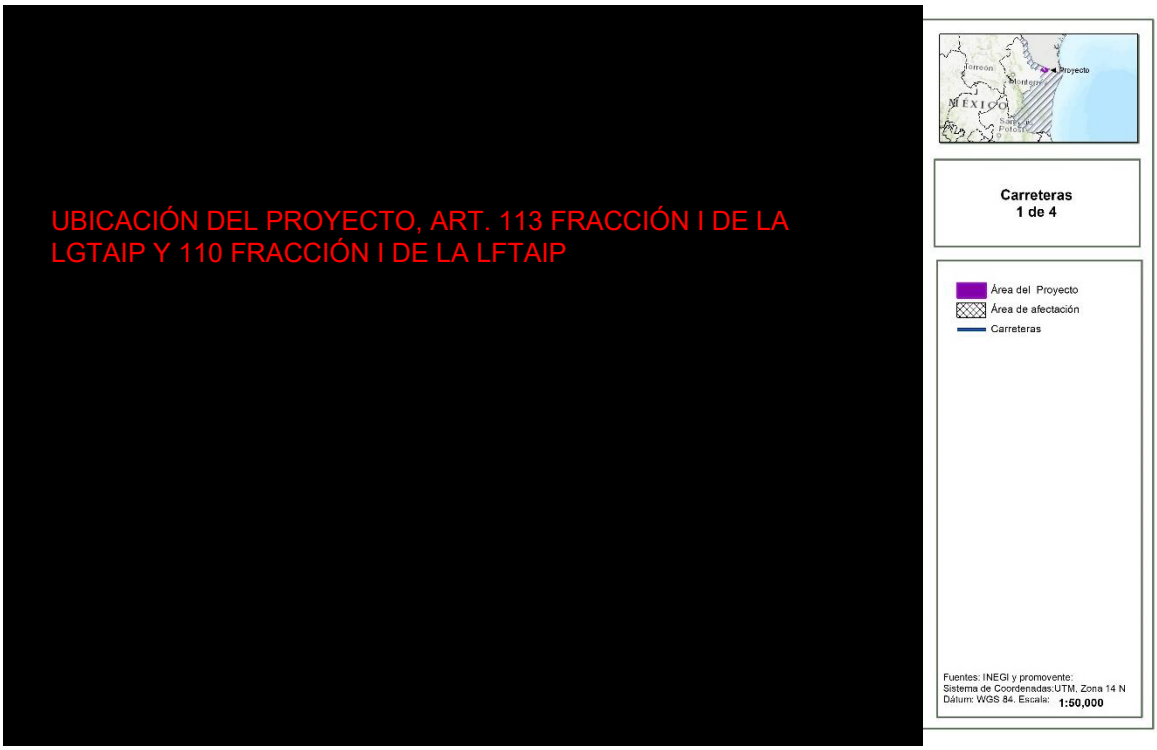


Figura. 54. Cruces con carreteras dentro del radio de 800 m (1 de 4).

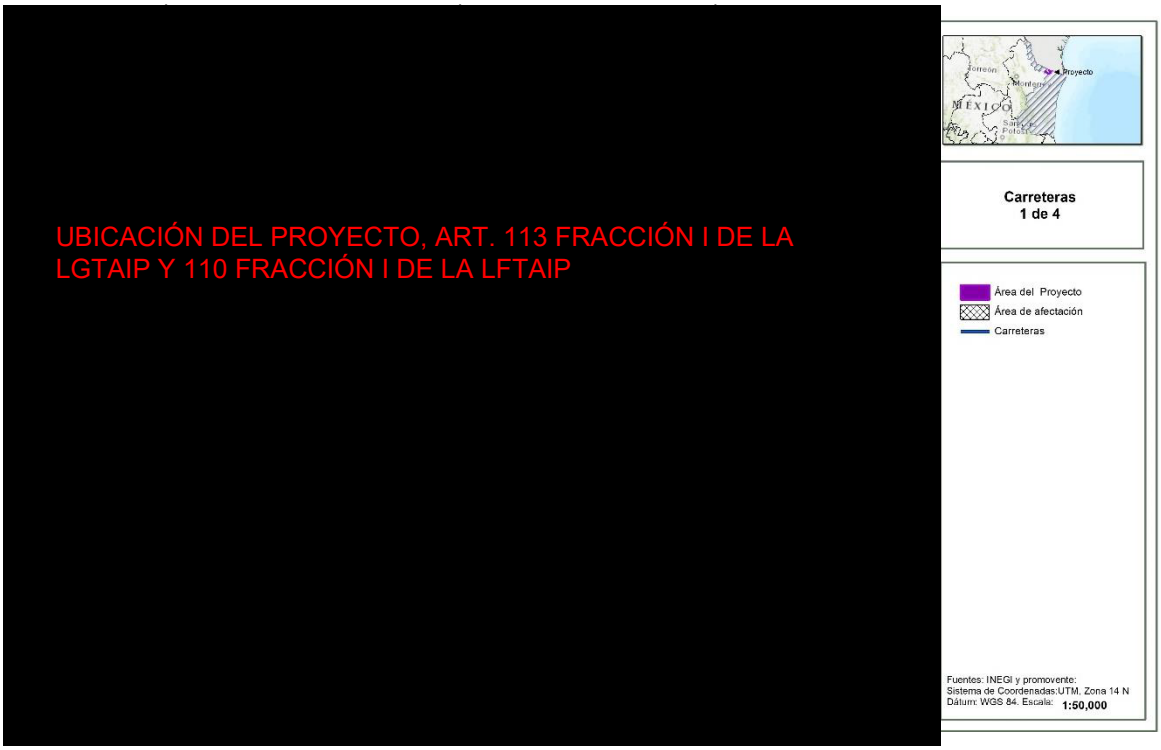


Figura. 55. Cruces con carreteras dentro del radio de 800 m (3 de 4).

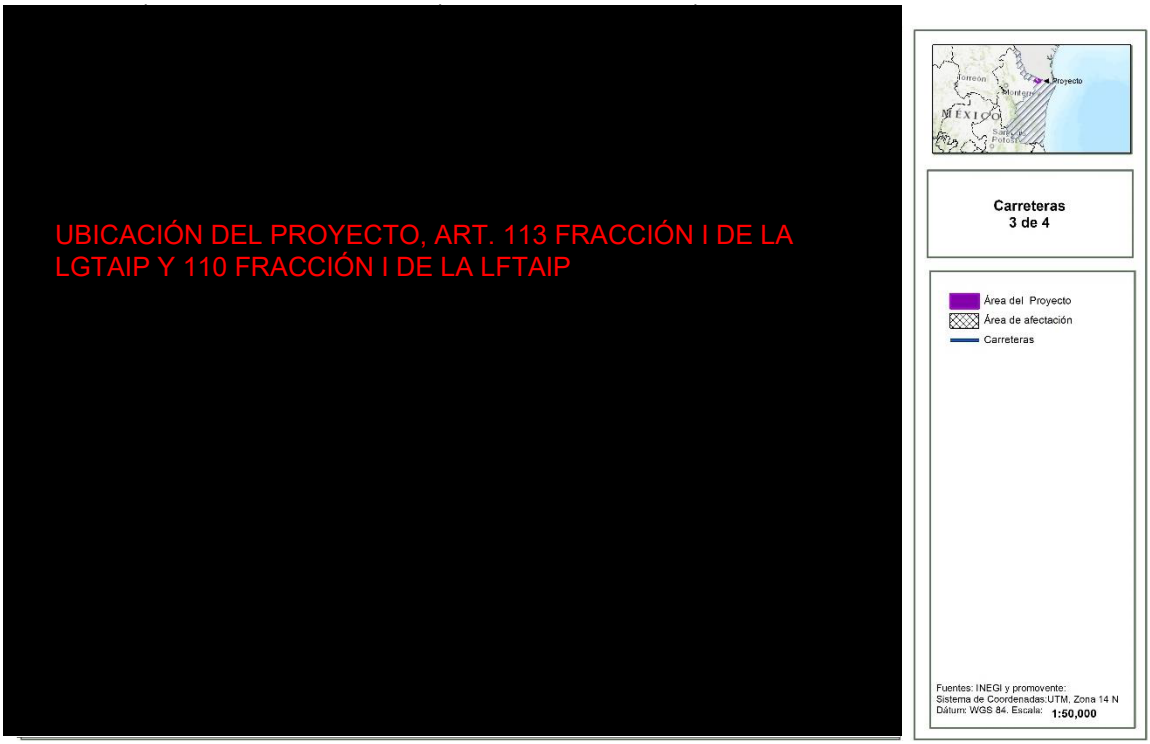


Figura. 56. Cruces con carreteras dentro del radio de 800 m (4 de 4).

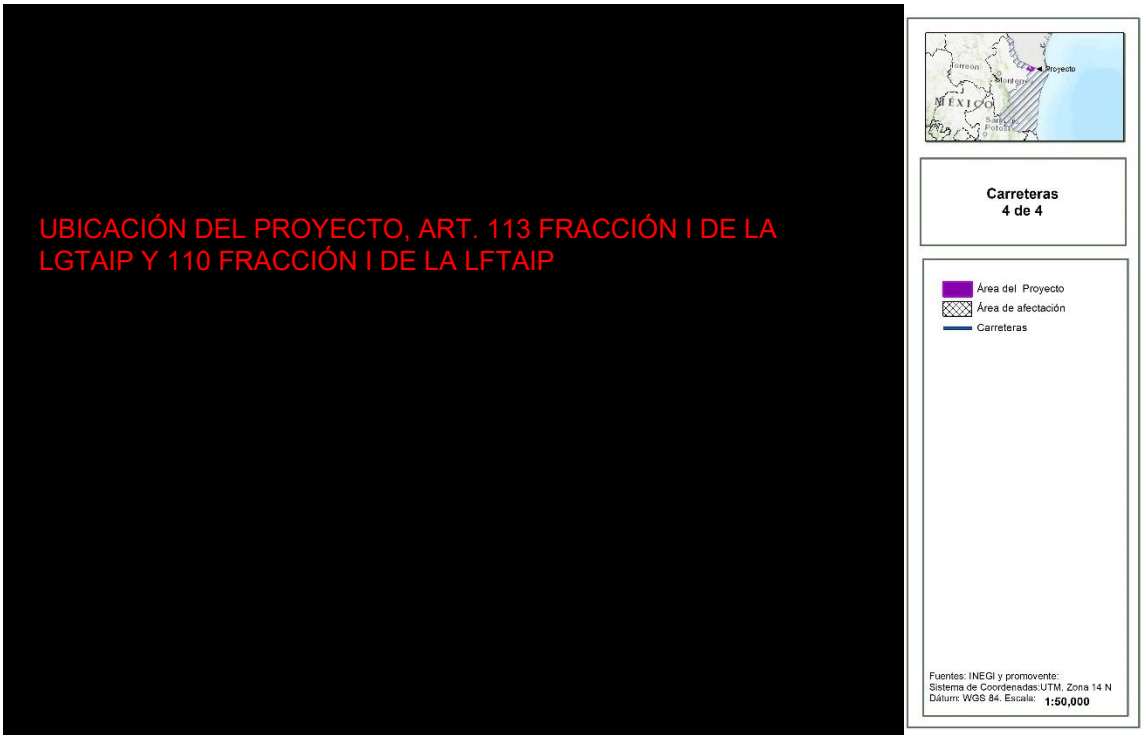


Figura. 57. Cruces con calles (1 de 4)

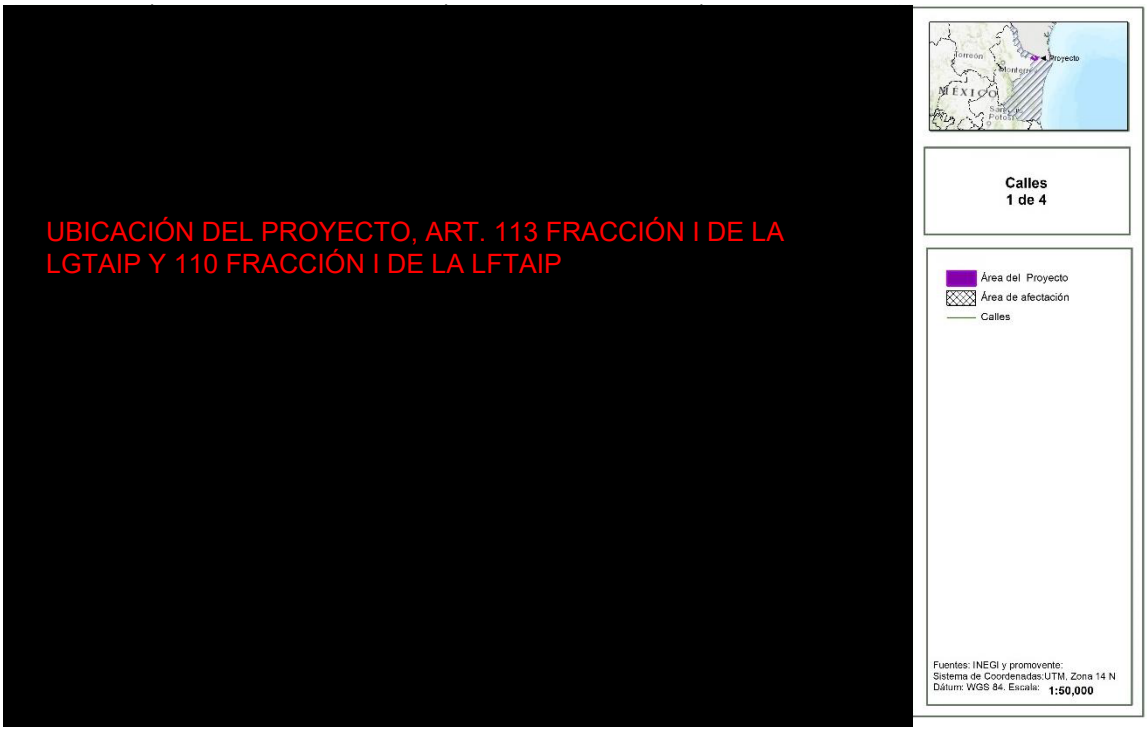


Figura. 58. Cruces con calles (2 de 4)

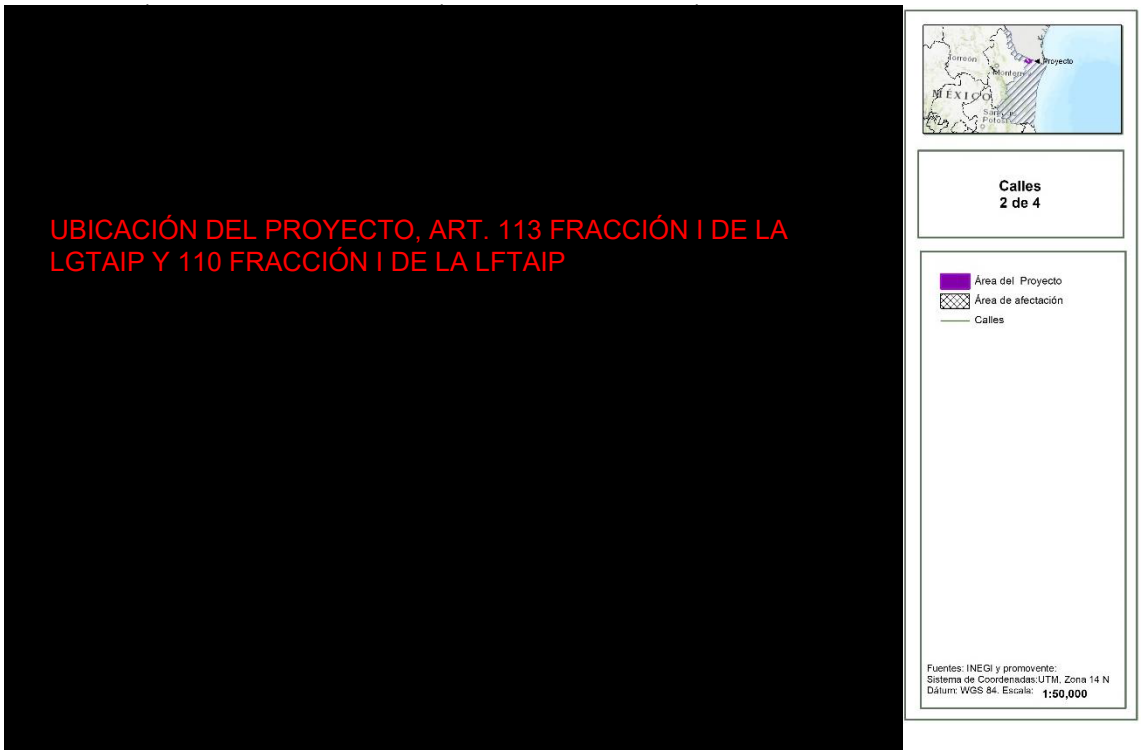


Figura. 59. Cruces con calles (3 de 4)

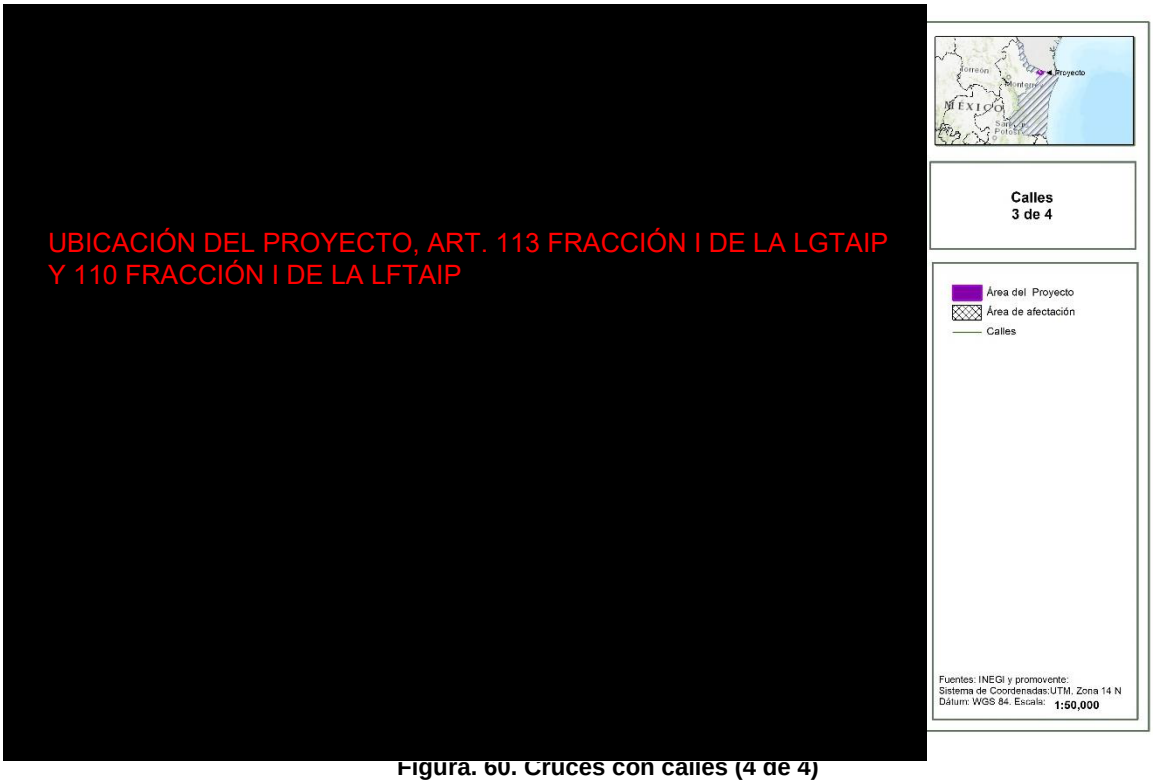


Figura. 60. Cruces con calles (4 de 4)

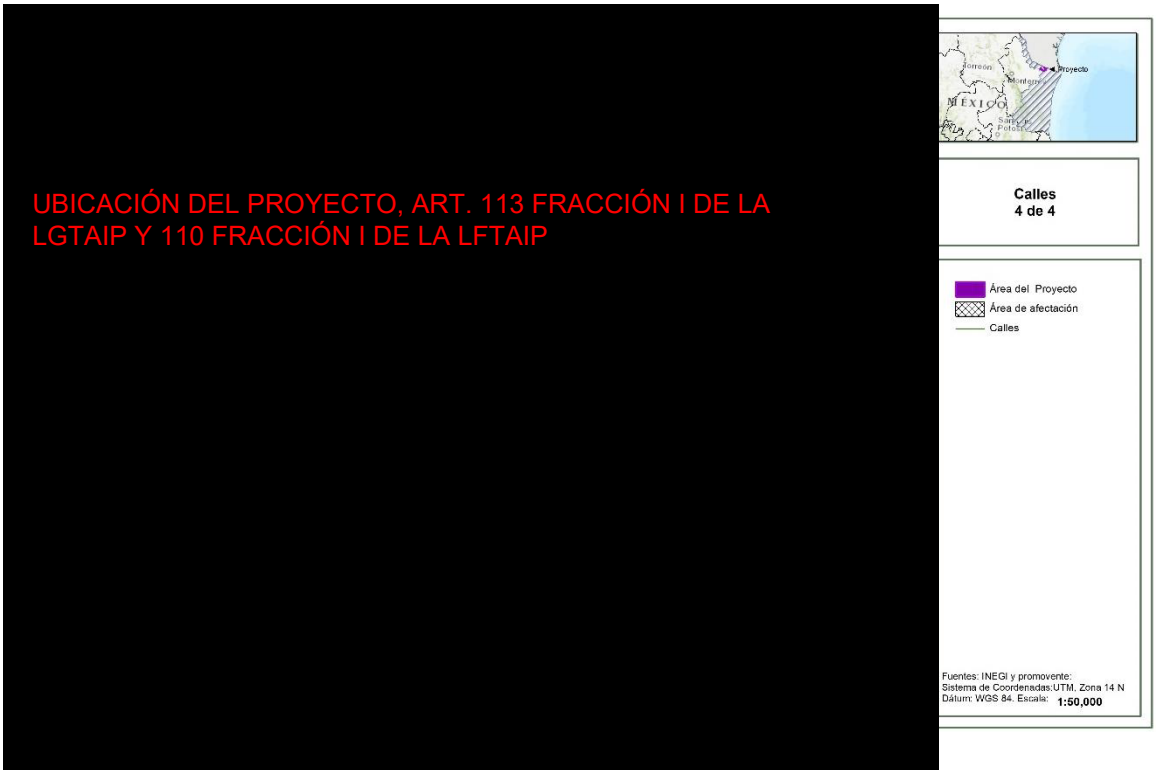


Figura. 61. Cruces con caminos (1 de 4)

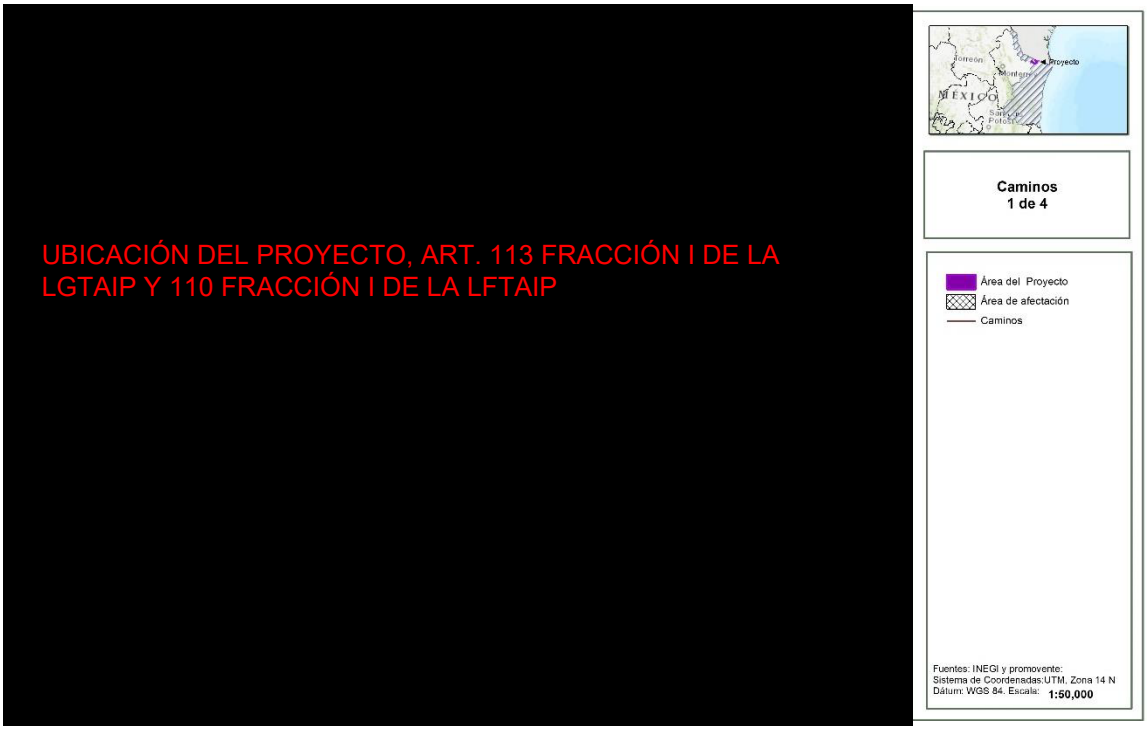


Figura. 62. Cruces con caminos (2 de 4)



Figura. 63. Cruces con caminos (3 de 4)

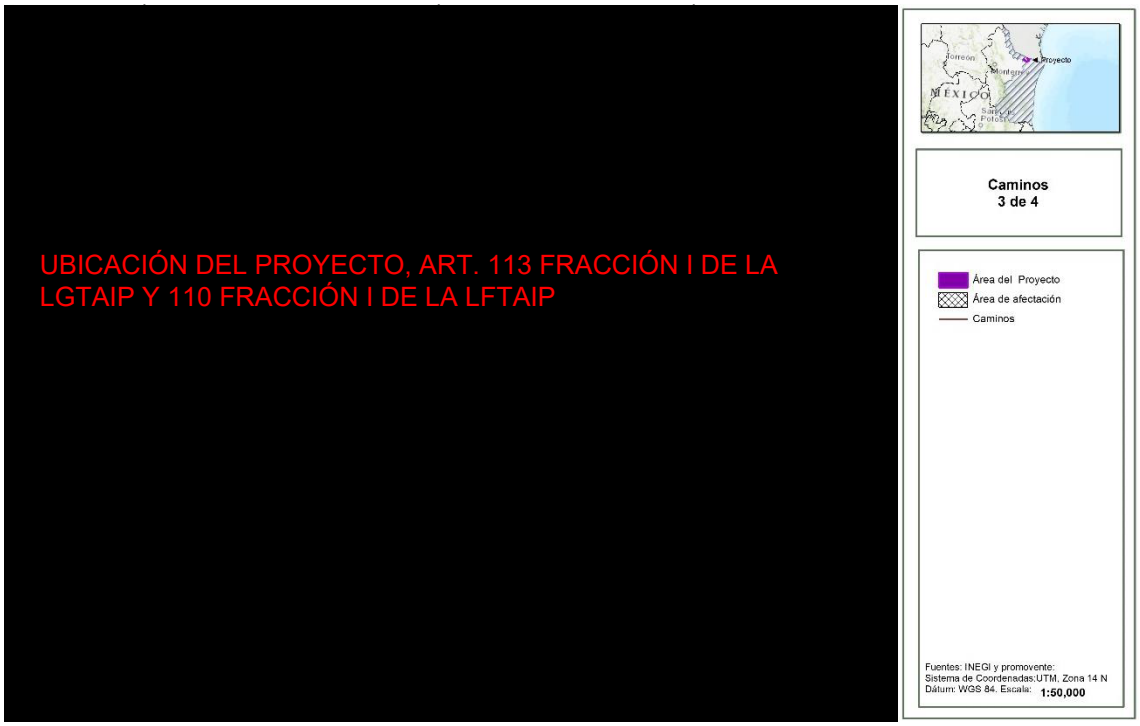


Figura. 64. Cruces con caminos (3 de 4)

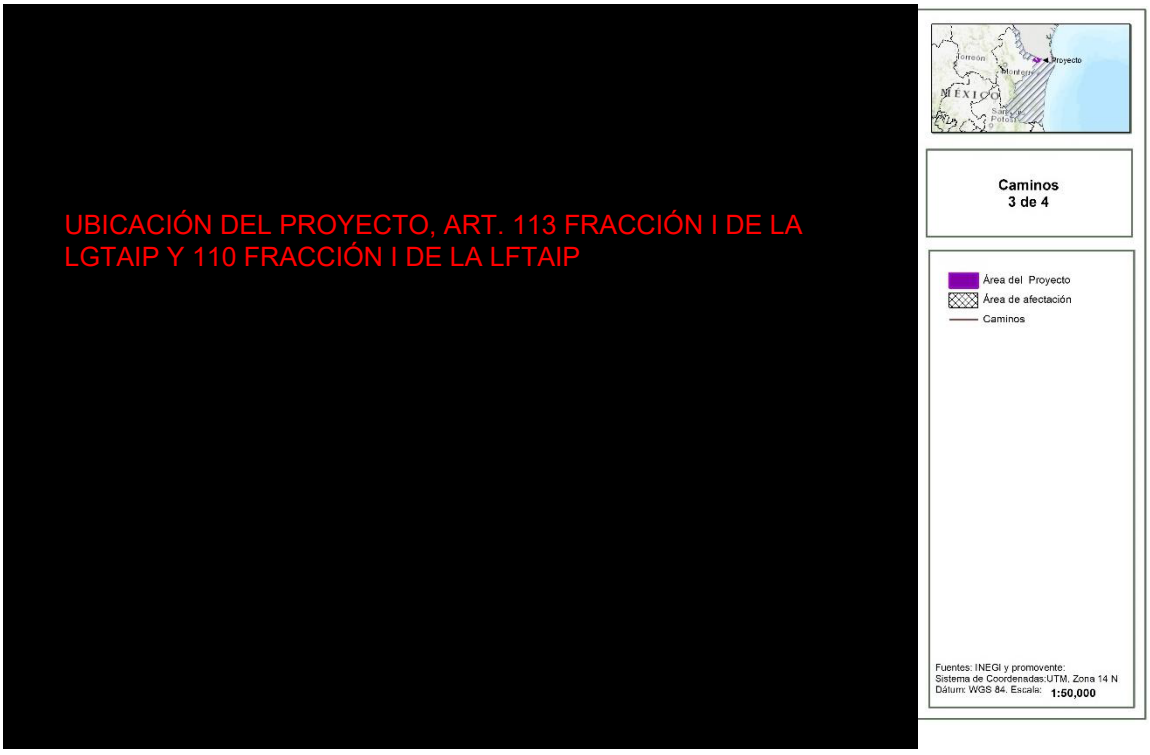
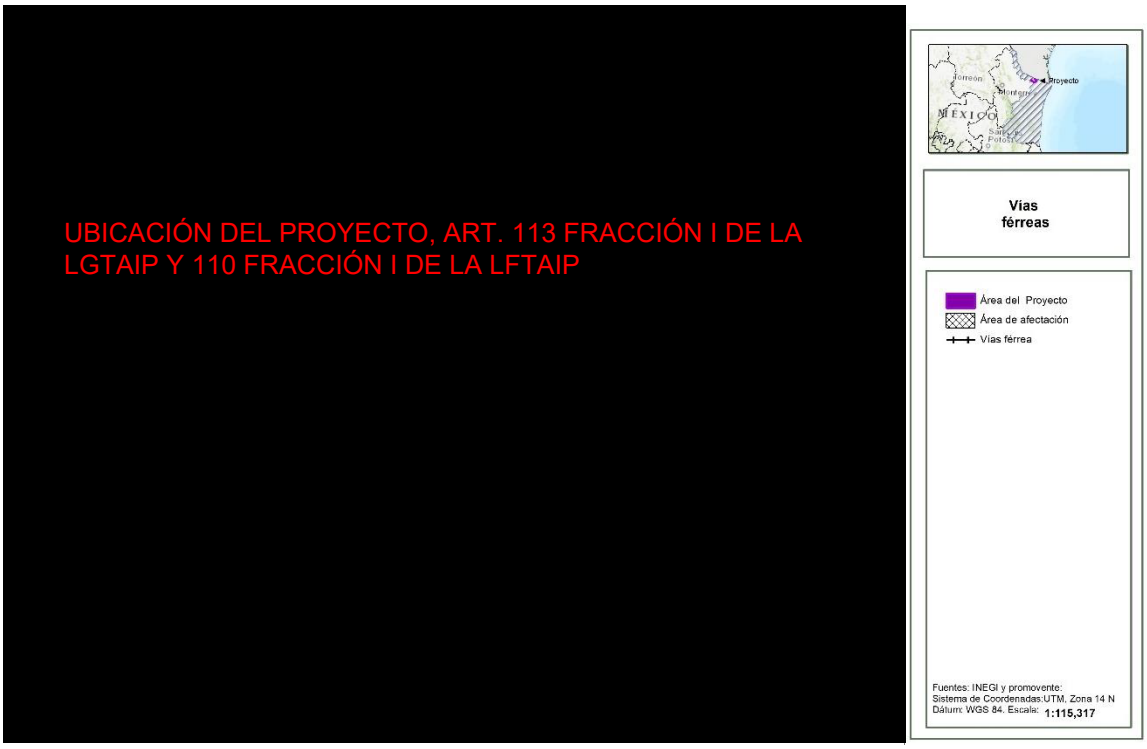


Figura. 65. Vías Férreas



IV. ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS

Para la realización de esta sección en el análisis preliminar de peligros y del análisis mediante la metodología **HAZID** y la identificación de peligros de riesgo operacional **HAZOP** se conformó un Grupo Multidisciplinario para el Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos (**GMARSH**) integrado por personal de **B+F Ambiental** y personal de ingeniería de **CENAGAS** a través del acta correspondiente se presenta en el **Anexo _ER_10_Acta de conformación del GMARSH**.

IV.1. Análisis preliminar de peligros

El análisis preliminar de peligros (PHA) es un análisis semi cuantitativo que se realiza para:

- Identificar todos los peligros potenciales y eventos accidentales que pueden conducir a un accidente.
- Clasificar los eventos accidentales identificados según su gravedad.
- Identificar los controles de peligro requeridos y las acciones de seguimiento.

Se utilizan varias variantes de PHA y, a veces, con diferentes nombres, tales como:

- Clasificación rápida de riesgos
- Identificación de peligros (**HAZID**)

El PHA considera:

- Componentes peligrosos

IV.1.1. Metodología Hazid (Hazard Identification)

El **HAZID** 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 transporte de gas natural 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 nos serán de gran aporte para ver las limitaciones del proyecto y con esto los recursos que se contarán 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 emergencia que será de ayuda para poder tener orientación y conocimiento de las rutas de evacuación en caso de emergencia, así mismo los cronogramas deberán ser estudiados para garantizar la seguridad del área y el personal involucrado en este. 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 compresión y distribución, el equipo de especialistas en conjunto, realizo 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.

El método del estudio es una combinación de la identificación y análisis de los riesgos contemplados en las conclusiones arribadas luego de un torbellino de ideas. El "**HAZID**" se divide en cuatro secciones principales:

- Sección 1: Riesgos Externos y Ambientales
- Sección 2: Riesgos de la Instalación
- Sección 3: Riesgos a la Salud
- Sección 4: Problemas de Implementación del Proyecto

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** recomendará al equipo de trabajo mejorar las problemáticas encontradas principalmente en los rubros de:

- Inadecuada protección de seguridad,
- 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.

IV.1.2. Determinación de niveles de riesgo

El proceso para determinar Niveles de Riesgos es el siguiente:

- Si sale mal, cuán serio será? (consecuencia).
- Cuál es la probabilidad de que salga mal? (probabilidad).

El Nivel de Riesgo es una combinación de estos dos criterios.

Riesgo = Frecuencia X Consecuencia

IV.1.2.1. Consecuencias

Al analizar las consecuencias, deben entrar en consideración los siguientes factores, establecidos en la tabla siguiente.

Tabla 35. 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 permanente o una fatalidad.	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 acciones en hasta 24 horas.	>5’000,000 a 50’000,000	>5’000,000 a 50’000,000
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	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

Categoría	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a las instalaciones (USD)
		posibilidad de lesiones o daños físicos.			
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

IV.1.2.2. Frecuencia

Al juzgar la frecuencia, (posibilidad de que algo salga mal) se deben considerar los factores en la tabla siguiente de rangos de frecuencias/año que debe ser considerada en función al daño hipotético.

Tabla 36. 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)
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

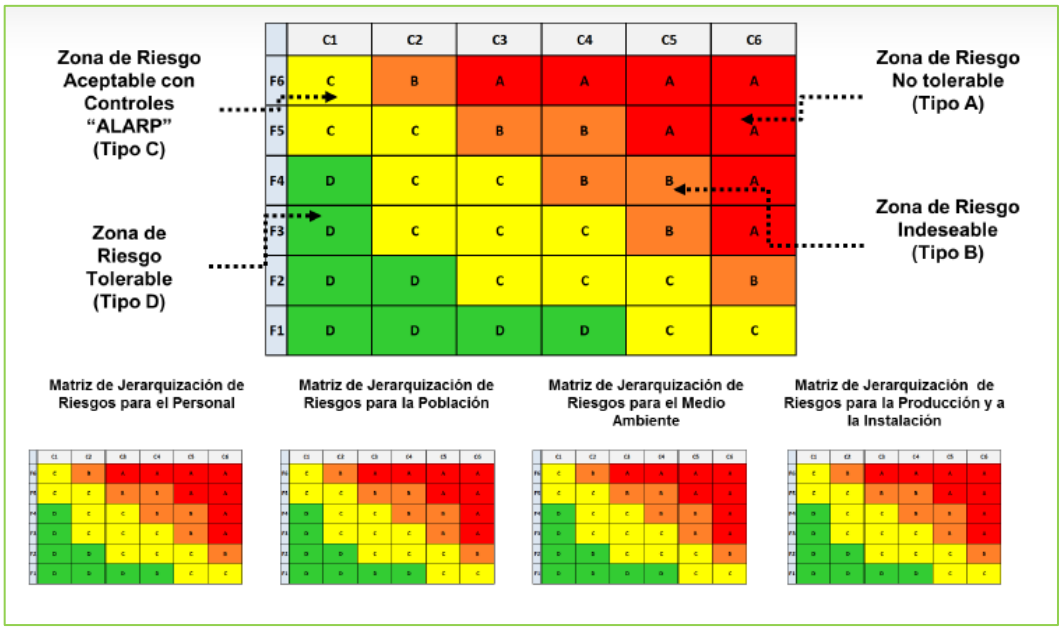
La combinación de frecuencia y consecuencias genera una matriz de riesgos, en donde se indica el riesgo potencial del evento en cuestión, en función del receptor del peligro o daño (al personal, a la población, al ambiente, a la producción o a la instalación).

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 la guía **"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. 66. Matriz de jerarquización de riesgo



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 **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.

IV.1.3. Hojas de trabajo HAZID

se presentan en el **Anexo_ER_11_Hojas de trabajo del HAZID** las para el análisis preliminar de peligros.

IV.1.4. Resultados del análisis HAZID

Aplicando la metodología descrita, se realizó la categorización por nivel 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.

Tabla 37. Resultados de grados de peligros por categoría o actividad

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
1.1.- Impacto Social	1.1.- Bloqueo de las instalaciones superficiales (**Trampas de Diablos de Envío y Recibo, SDV’s y EMRyC**) por parte de la población aledaña.	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	2	6	C (Aceptable con controles)
		IA	3	1	3	D (Aceptable)
		DIP	3	1	3	D (Aceptable)
	1.2. Falta de información a la población de las actividades **GASODUCTO 24” Ø**.	DP	4	1	4	D (Aceptable)
		EP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		IA	4	1	4	D (Aceptable)
		DIP	4	1	4	D (Aceptable)
	1.3. Falta de recursos de apoyo externo con autoridades en materia de protección civil.	DP	4	1	4	D (Aceptable)
		EP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		IA	4	1	4	D (Aceptable)
		DIP	4	1	4	D (Aceptable)
	1.4. Bloqueo a las instalaciones por demandas sociales o de seguridad por parte de las ONG de la defensa de los derechos humanos de las poblaciones en los municipios de la trayectoria del gasoducto.	DP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
	1.5. Delincuencia organizada que afecte al personal operativo.	DP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DP	1	1	1	D (Aceptable)
		EP	1	1	1	D (Aceptable)

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
	1.6. Inconformidad del personal operativo del **GASODUCTO 24" Ø**.	IA	1	1	1	**D (Aceptable)**
		DIP	1	1	1	**D (Aceptable)**
2. Aspectos Ambientales	2.1. Incendio entorno al DDV del gasoducto o fuera del polígono de las instalaciones superficiales (Trampas de Diablos de Envío y Recibo, SDV's y EMRyC).	DP	3	2	6	**C (Aceptable con controles)**
		EP	3	2	6	**C (Aceptable con controles)**
		IA	3	2	6	**C (Aceptable con controles)**
		DIP	3	2	6	**C (Aceptable con controles)**
	2.2. Lluvias Torrenciales que afecten en la trayectoria del **GASODUCTO 24" Ø**.	DP	4	1	4	**D (Aceptable)**
		EP	4	1	4	**D (Aceptable)**
		IA	4	1	4	**D (Aceptable)**
		DIP	4	1	4	**D (Aceptable)**
	2.3. Fuertes Vientos	DP	5	1	5	**C (Aceptable con controles)**
		EP	5	1	5	**C (Aceptable con controles)**
		IA	5	1	5	**C (Aceptable con controles)**
		DIP	5	1	5	**C (Aceptable con controles)**
	2.4 Temperaturas extremas	DP	4	3	12	**C (Aceptable con controles)**
		EP	4	3	12	**C (Aceptable con controles)**
		IA	4	3	12	**C (Aceptable con controles)**
		DIP	4	3	12	**C (Aceptable con controles)**
	2.5. Alta humedad en el ambiente	DP	3	1	3	**D (Aceptable)**
		EP	3	1	3	**D (Aceptable)**
		IA	3	1	3	**D (Aceptable)**
		DIP	3	1	3	**D (Aceptable)**
	2.6. Niebla	DP	3	1	3	**D (Aceptable)**
		EP	3	1	3	**D (Aceptable)**
		IA	3	1	3	**D (Aceptable)**
		DIP	3	1	3	**D (Aceptable)**
	2.7. Sismo de intensidad mayor a 6.0 grados escala de Richter	DP	3	1	3	**D (Aceptable)**
		EP	3	1	3	**D (Aceptable)**
		IA	3	1	3	**D (Aceptable)**
		DIP	3	1	3	**D (Aceptable)**
	2.8. Tormentas eléctricas	DP	4	1	4	**D (Aceptable)**
		EP	4	1	4	**D (Aceptable)**
		IA	4	1	4	**D (Aceptable)**
		DIP	4	1	4	**D (Aceptable)**
	2.9. Ciclones y huracanes	DP	3	1	3	**D (Aceptable)**
		EP	3	1	3	**D (Aceptable)**
		IA	3	1	3	**D (Aceptable)**
		DIP	3	1	3	**D (Aceptable)**
	2.10. Hundimientos, derrumbes y fracturas	DP	4	1	4	**D (Aceptable)**
		EP	4	2	8	**C (Aceptable con controles)**
		IA	4	2	8	**C (Aceptable con controles)**
		DIP	4	3	12	**C (Aceptable con controles)**

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
	2.11. Fauna nociva	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	1	3	D (Aceptable)
		IA	3	1	3	D (Aceptable)
		DIP	3	1	3	D (Aceptable)
	2.12. Inundación	DP	1	1	4	D (Aceptable)
		EP	1	1	4	D (Aceptable)
		IA	1	1	4	D (Aceptable)
		DIP	1	1	4	D (Aceptable)
3. Impacto del **GASODUCTO 24" Ø** al entorno	3.1. Operación de la compresora en la estación Terminal 19	DP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		EP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		IA	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
	3.2. Manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos, de manejo especial o peligrosos.	DP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		EP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		IA	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
4. Interacción con las vías de comunicación	4.1. Afectación a las vías generales de comunicación por un evento no deseado de fuga de **GN** con posibilidad de incendio y explosión.	DP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		EP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		IA	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
5. Proximidad con centros de población	5.1.- Siniestro dentro del DDV del gasoducto de 24" y de las instalaciones superficiales (Trampas de Diablos de Envío y Recibo, SDV's y EMRyC) que afecten a los centros de población por incendio o explosión.	DP	1	4	4	D (Aceptable)
		EP	1	4	4	D (Aceptable)
		IA	1	4	4	D (Aceptable)
		DIP	1	4	4	D (Aceptable)
6. Proximidad o cruces con otros gasoductos existentes	6. 1. Afectación de los gasoductos existentes por parte de CEBAGAS por eventos no deseados de fuga con posibilidad de incendio o explosión.	DP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		EP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		IA	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
7. Seguridad física	7.1.- Sabotaje o terrorismo	DP	4	4	16	C (Aceptable con controles)
		EP	4	3	12	C (Aceptable con controles)
		IA	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		DIP	4	4	16	B (Indeseable)
8. Ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos	8.1. Bloqueo de rutas y pasillos de las áreas de trabajo.	DP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
constructivos de la instalación.		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
	8.2. Falta de señalización de seguridad e información en el área de trabajo.	DP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
		EP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
		IA	5	2	10	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
	8.3.- Falta de identificación de los equipos de operación (TAG)	DP	4	1	8	D (Aceptable)
		EP	4	1	8	D (Aceptable)
		IA	4	1	8	D (Aceptable)
		DIP	4	1	8	D (Aceptable)
	8.4. Falta de identificación de señalización de tuberías y recipientes	DP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		EP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		IA	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		DIP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
	8.5. Falta de condiciones seguras en áreas cerradas de la instalación.	DP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
	8.6. Riesgo eléctrico	DP	2	3	6	C (Aceptable con controles)
		EP	2	3	6	C (Aceptable con controles)
		IA	2	3	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	2	3	6	C (Aceptable con controles)
9. Coordinación de trabajos entre las diferentes empresas (proveedor-empresas especializadas-usuarios)	9.1. Falta de comunicación	DP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		EP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		IA	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		DIP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
10. Diseño de los equipos y sistemas de seguridad	10.1. Área sin protección	DP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
		EP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
		IA	5	1	10	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
	10.2. Menor al requerido por la normatividad	DP	5	1	5	C (Aceptable con controles)

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
		EP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		IA	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	2	5	C (Aceptable con controles)
11. Trabajos rutinarios de mantenimiento e inspección en el **GASODUCTO 24" Ø**	11.1. Operación inadecuada	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	3	9	C (Aceptable con controles)
		IA	3	3	9	C (Aceptable con controles)
		DIP	3	2	6	C (Aceptable con controles)
12. Trabajos especiales de mantenimiento e inspección en el **GASODUCTO 24" Ø** por contratistas	12.1. Operación inadecuada	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	1	3	D (Aceptable)
		IA	3	2	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	3	1	3	D (Aceptable)
13. Trabajos por terceros en el DDV en los cruces del gasoducto de 48" que afecten la integridad física.	13.1. Daños, ruptura o fracturas al gasoducto de 24" por el uso de maquinaria pesada en el DDV con los cruces de infraestructura.	DP	4	3	12	C (Aceptable con controles)
		EP	4	3	12	C (Aceptable con controles)
		IA	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		DIP	4	3	12	C (Aceptable con controles)

A manera de resumen, en la tabla siguiente se realiza la cuantificación de todos los diferentes rubros de riesgo identificados en las categorías o actividades evaluadas en el **GASODUCTO 24" Ø**.

Tabla 38. Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el Hazid

Consecuencia	Categorías de Riesgo (Cantidad)			
	Riesgo no tolerable "A"	Riesgo indeseable "B"	Aceptable con controles "C"	Riesgo tolerable "D"
Grado de riesgo	0	1	85	58

En la tabla siguiente, se presenta la distribución de riesgo por tipo de impacto, de acuerdo a las consecuencias hacia el personal, a la población, al medio ambiente y a la instalación o producción, de acuerdo a las matrices definidas.

Tabla 39. Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoría de receptor

Índice de Riesgo	Daños al Personal (DP)	Daños a la Población (EP)	Impacto Ambiental (IA)	Daños a la instalación/producción (DIP)	Total
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	1	1
C	19	24	22	20	85
D	17	12	14	15	58
Total	**36**	**36**	**36**	**36**	**144**

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "A"** indican que en este nivel no hay afectación al personal, a la población, al medio ambiente ni a las instalaciones.

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "B"** presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes:

- Daños al personal: 0%
- Daños a la población: 0%
- Daños al medio ambiente: 0%
- Daños a la instalación/producción: 100%

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "C"**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 22.35%
- Daños a la población: 28.24%
- Daños al medio ambiente: 25.88%
- Daños a la instalación/producción: 23.53%

Los niveles de riesgo en la zona **tolerable tipo "D"**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 20.00%
- Daños a la población: 14.12%
- Daños al medio ambiente: 16.47%
- Daños a la instalación/producción: 17.65%.

Para el análisis **Hazop** solo se considerarán los riesgos indeseables obtenidos para daños a la instalación.

Figura. 67. Categorías de riesgo de la evaluación Hazid

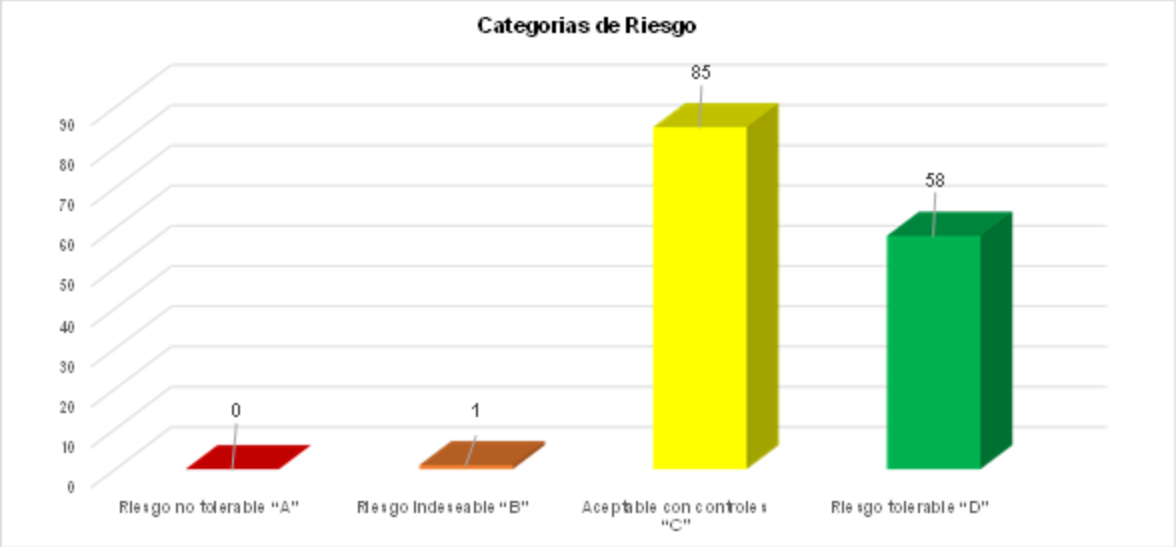
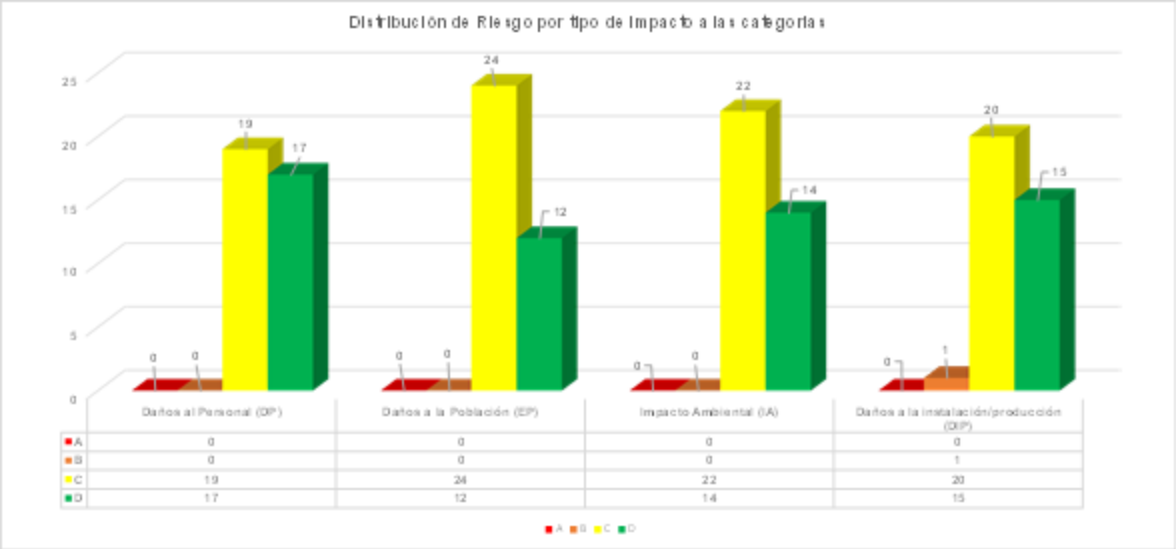


Figura. 68. Distribución de riesgo por tipo de impacto



Para el análisis **Hazop** solo se considerarán los riesgos indeseables obtenidos daños a la instalación.

IV.2. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares

El Gas natural es un combustible que, 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 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´s), donde se realizan las tareas y actividades de operación, mantenimiento e inspección principalmente[3].

Por otro lado, PROFEPA[4] 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, diésel, 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[5].

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 siguiente.

Tabla 40. 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 transversal	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
Total											**441**

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

En datos más recientes tenemos los consultados por "The Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration" (**PHMSA**), se muestra que, del total de incidentes en todos los sistemas de ductos,

[3] Anuario Estadístico de Pemex, pp. 11, 23, 29,37, 2005.
[4] Procuraduría Federal de Protección al Ambiente PROFEPA, Subprocuraduría de Auditoria Ambiental, Dirección General de Auditoria del Riesgo Ambiental y Prevención de Accidentes, 2001
[5] Datos de Accidentes de Pemex-Refinación, Subdirección de Distribución. Gerencia de Transportación por Ducto, Subgerencia Ductos Sureste, 2004.

el 11.35 % corresponden al transporte y una de las principales causas son las excavaciones por terceros, tal como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 41. Principales causas de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2010-2019

Causa	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Todas las otras causas	16.7%	-	-	-	-	-	-	-	33.3%	50.0%
Corrosión	-	-	-	100%	-	-	25.0%	-	-	-
Excavaciones	**33.3%**	**-**	**33.3%**	**-**	**-**	**66.7%**	**25.0%**	**33.3%**	**-**	**-**
Operación Incorrecta	-	100%		-	-	33.3%	-	66.7%	-	-
Materiales/uniones/falla de equipo	50.0%	-	33.3%	-	100%	-	25.0%	-	33.3%	-
Daños por fuerzas naturales	-	-		-	-	-	-	-	-	50.0%
Otros daños por fuerzas externas	-	-	33.3%	-	-	-	25.0%	-	33.3%	-
No. total, de incidentes	**6**	**1**	**3**	**1**	**2**	**3**	**4**	**3**	**3**	**2**

Fuente: https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/pipeline-incident-20-year-trends

Tabla 42. Principales daños causados de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2000-2019

Causa de los incidentes reportados	Cantidad	%	Fatalidades	Daños	Daños a la propiedad (USD)	% de daños a la propiedad
Todas las otras causas	140	19.15	72	217	$62,601,408.00	2.34
Corrosión	36	4.92	19	59	$62,364,233.00	2.33
Excavaciones	**205**	**28.04**	**71**	**304**	**$166,724,711.00**	**6.24**
Operación Incorrecta	104	14.23	23	178	$1,714,590,061.00	64.20
Materiales/uniones/falla de equipo	77	10.53	27	151	$580,985,917.00	21.75
Daños por fuerzas naturales	37	5.06	26	102	$34,513,196.00	1.29
Otros daños por fuerzas externas	132	18.06	42	172	$49,098,874.00	1.84
Total	731	100	280	1,183	$2,670,878,400.00	100

Fuente: https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/pipeline-incident-20-year-trends

Tabla 43. Antecedentes de accidentes e incidentes.

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención	Fuente
1984	San Juan Ixhuatepec México	Terminal de almacenamiento de Gas Natural	Gas Natural	Explosión con efecto domino 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	Se evacuó a la población restante del área del sinestro, acudieron los cuerpos de emergencias para atender a los heridos y recuperar los cadáveres, contuvieron el fuego los bomberos de los municipios cercanos y personal de contra incendios de PEMEX.	PEMEX, 1984
1987	Nueva Jersey, USA	Tubería de GN	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 casa residencial	Se evacuó a la población aledaña y atendió el siniestro el cuerpo de bomberos	PROFEPA, 2005
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.	Atención a los heridos y contención del conato de incendio por personal de protección civil y personal capacitado de la empresa	PROFEPA, 2005
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.	No hubo daños al medio ambiente, ni pérdidas humanas.	Se acordonó el área, evacuación de familias en un radio de 100 m a la redonda y suspensión de tráfico.	PROFEPA, 2005

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención	Fuente
1996	Guadalajara México	Tanque estacionario casa habitación	Gas Natural	tanque estacionario se incendió y estallo	Tanque estacionario que estaba siendo llenado en un hogar se incendió y estalló	Causando 3 muertos y varios heridos de gravedad	Se contuvo el incendio del tanque mediante cortinas de agua.	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	Se contuvo la fuga de gas natural por personal de PEMEX y el incendio provocado.	PROFEPA, 2005
1999	Ciudad de México	Carro tanque de gas natural	Gas natural	Descargando gas natural el carro tanque 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.	Se atendió la emergencia mediante los cuerpos de protección civil locales	PROFEPA, 2005
2000	Ciudad de México	Planta de almacenamiento y distribución de gas natural	Gas natural	La empresa Regio Gas tubo un accidente de fuga de Gas L.P. con fuego provocado por el arranque y descontrol de este dentro de sus instalaciones en la Delegación Azcapotzalco.	La causa la falta capacitación y de cumplir con las medidas de seguridad establecidas dentro de las instalaciones.	Los daños son del tipo material sin muertes.	Se contuvo la fuga con el personal de la empresa y protección civil del estado.	PROFEPA, 2005
2000	Ciudad de México	Carro tanque 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 la imprudencia del conductor de la pipa, falta de capacitación y concientización del producto que se transporta	No hubo heridos, solo daños materiales	Se atendió la emergencia mediante los cuerpos de protección civil locales	PROFEPA, 2005

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención	Fuente
2005	Kentucky, USA	Tubería de GN	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.	Se acordonó el área, evacuación de familias en un radio de 100 m a la redonda y suspensión de tráfico.	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 34" de diámetro de la descarga de la turbina	Fuga de una línea de 36" 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 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,	Se contuvo la fuga de gas natural por personal de PEMEX y el incendio provocado, sin embargo, el gas remanente en el ducto continuó quemándose por 3 horas aproximadamente.	PROFEPA, 2005
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 explosión al ponerse en contacto con una fuente de ignición	Ese accidente originó la perdida de cuatro vidas humanas, causó heridas a otras 67 personas.	Se evacuó a la población aledaña y atendió el siniestro el cuerpo de bomberos	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)	Acciones realizadas para su atención	Fuente
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 explosión.	6 trabajadores fatalmente heridos	Se evacuó a la población aledaña y atendió el siniestro el cuerpo de bomberos	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 recientes lluvias.	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
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,	Se acordonó el área, evacuación de familias en un radio de 100 m a la redonda y suspensión de tráfico. 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".	No se registró la pérdida de vidas humanas ni lesiones a terceros	Tras 2 horas de labores se logró la contención de la fuga.	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 Delegación Azcapotzalco.	No se reportaron personas lesionadas	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)	Acciones realizadas para su atención	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.	

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.3. Identificación de peligros y escenarios de riesgo

Para determinar los posibles eventos de riesgos que pueden presentarse durante la operación del sistema de transporte de gas natural, se analizaron las características de la red, rutas y localización, las propiedades de toxicidad, inflamabilidad y explosividad del gas natural, considerando los parámetros de operación y condiciones ambientales críticas (mayor o menor temperatura, condiciones ambientales extremas, menor velocidad de viento, etc.).

Respecto a la evaluación de operación y para el desarrollo de las metodologías de identificación de riesgos, se tomó en cuenta la experiencia del personal operativo de **CENAGAS** y personal de **B+F ambiental** durante la revisión del proyecto y/o los recorridos de las instalaciones similares para identificar los posibles incidentes que pudiesen ocurrir.

IV.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.

Para desarrollar un estudio de 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.

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 de 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 44. Palabras guía más utilizadas en la metodología HaZop.

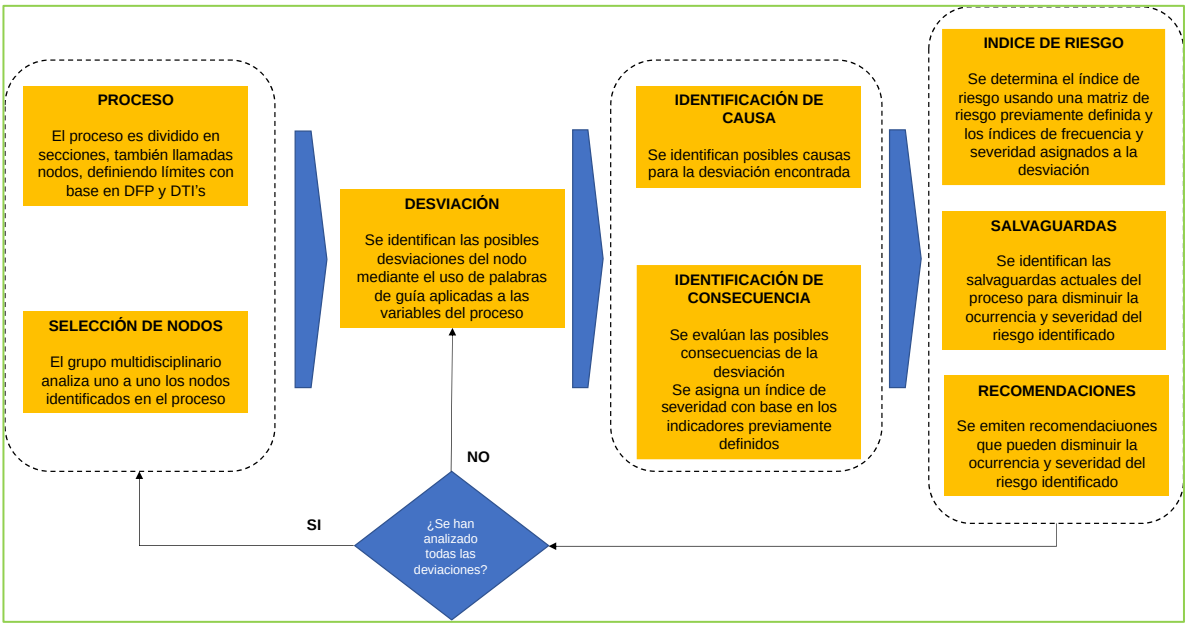
Palabra Guía	
No/ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cuantitativo
Parte de	Decremento cuantitativo
Inversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

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 critica, 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 siguiente muestra un diagrama de flujo general para realizar un análisis HazOp (adaptación de Dowell III, 1998). Para realizar un análisis HazOp, 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 limites 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. 69. 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.

IV.4. Jerarquización de 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 la Tabla de categorías de consecuencias, se consideran cinco tipos de consecuencias: 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 en este, caso 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 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, perdidas de producción).

Tabla 45. 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 permanente o una fatalidad.	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 acciones en hasta 24 horas.	>5’000,000 a 50’000,000	>5’000,000 a 50’000,000
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	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

Categoría	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a las instalaciones (USD)
		y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.			
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 46. 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)
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.

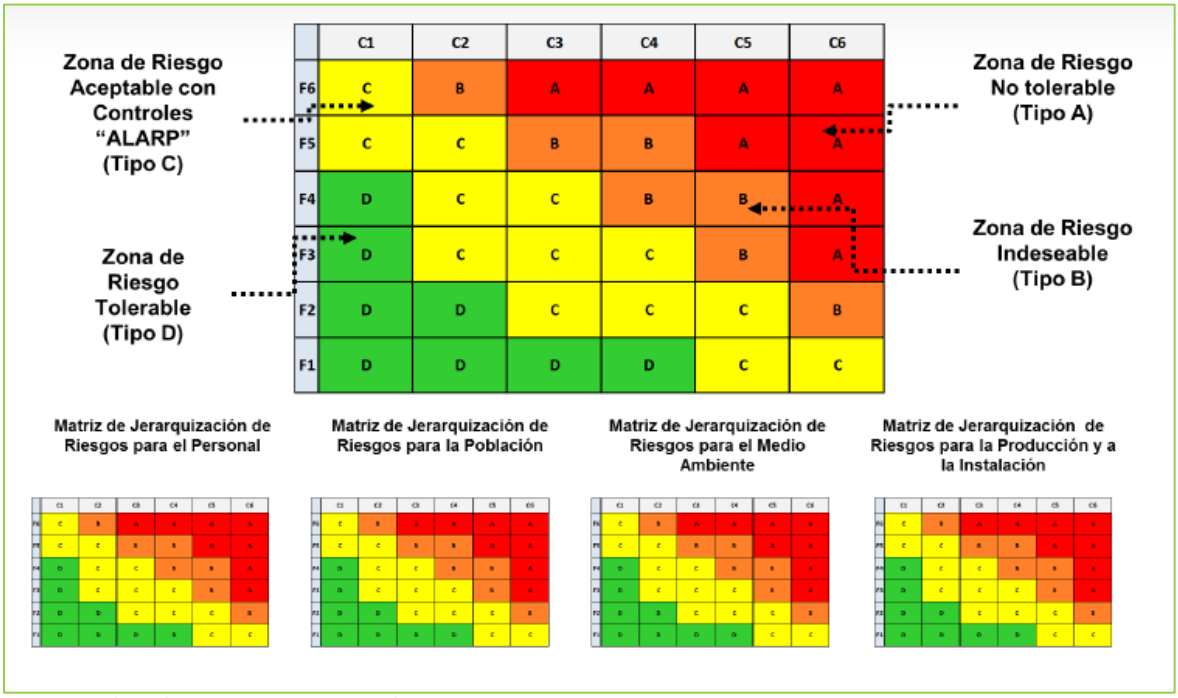
La combinación de frecuencia y consecuencia genera una matriz de riesgos, en donde se indica el riesgo potencial del evento en cuestión, en función del receptor del peligro o daño (al personal, a la población, al ambiente, a la producción o a la instalación).

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 la guía **"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. 70. Matriz de jerarquización de riesgo de proceso



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

Tabla 47. 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 **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

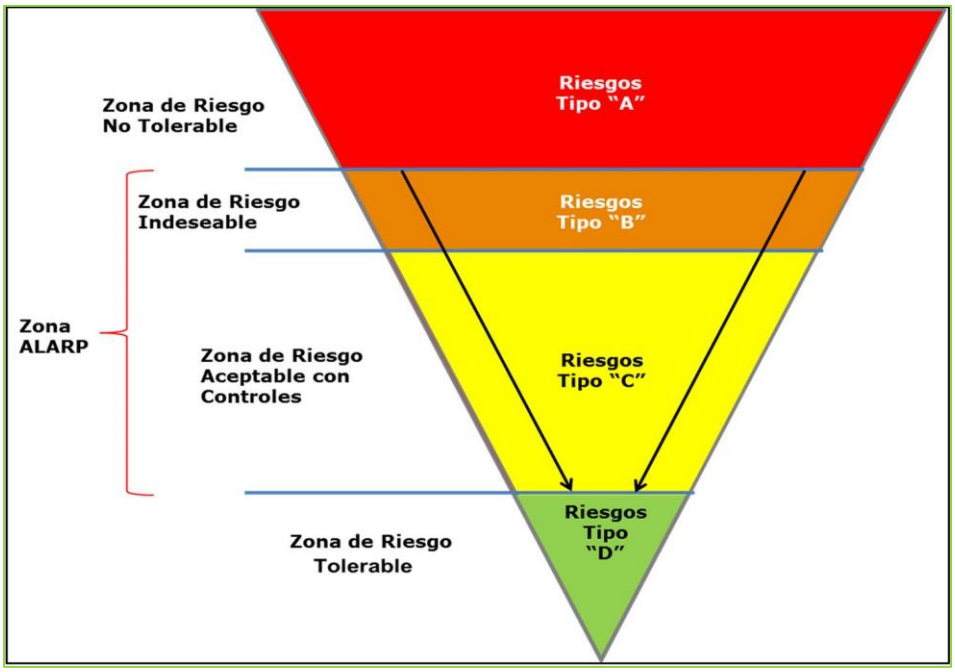
ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo “C” y en el mejor de los casos, hasta riesgo **Tipo “D”**.

- **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. 71. Priorización de las zonas de riesgo



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

IV.5. Hojas de trabajo HAZOP

Se presentan en el **Anexo_ER_12_Hojas de trabajo del Hazop** para la identificación de peligros y escenarios de riesgo.

IV.5.1. Resultados del análisis HAZOP

A manera de resumen, en la tabla siguiente se realiza la cuantificación de todos los diferentes rubros de riesgo identificados en las categorías o actividades evaluadas en el **Gasoducto de 24" de diámetro del Libramiento-Reynosa.**

Tabla 48. Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el Hazop

Consecuencia	Categorías de Riesgo (Cantidad)			
	Riesgo no tolerable "A"	Riesgo indeseable "B"	Aceptable con controles "C"	Riesgo tolerable "D"
Nodo1	0	3	61	96
Nodo 2	0	3	42	83
Total	0	6	103	179

En la tabla siguiente, se presenta la distribución de riesgo por tipo de impacto, de acuerdo a las consecuencias hacia el personal, a la población, al medio ambiente y a la instalación o producción, de acuerdo a las matrices definidas.

Tabla 49. Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoría de receptor

Índice de Riesgo	Daños al Personal (DP)	Daños a la Población (EP)	Impacto Ambiental (IA)	Daños a la instalación/producción (DIP)	Total
Nodo 1					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	3	3
C	17	14	19	12	62
D	23	26	21	25	95
Subtotal 1	**40**	**38**	**40**	**40**	**160**
Nodo 2					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	3	3
C	14	5	13	10	42
D	19	27	19	18	83
Subtotal 2	**33**	**32**	**32**	**31**	**128**

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "A"** indican que en este nivel no hay afectación al personal, a la población, al medio ambiente ni a las instalaciones.

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "B"** presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes:

- Daños al personal: 0.0%
- Daños a la población: 0%
- Daños al medio ambiente: 0%
- Daños a la instalación/producción: 100.0%

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "C"**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 29.52%
- Daños a la población: 18.10%
- Daños al medio ambiente: 30.48%
- Daños a la instalación/producción: 21.90%

Los niveles de riesgo en la zona **tolerable tipo "D"**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 23.60%
- Daños a la población: 29.78%
- Daños al medio ambiente: 22.47%
- Daños a la instalación/producción: 24.16%

Figura. 72. Categorías de riesgo de la evaluación Hazop

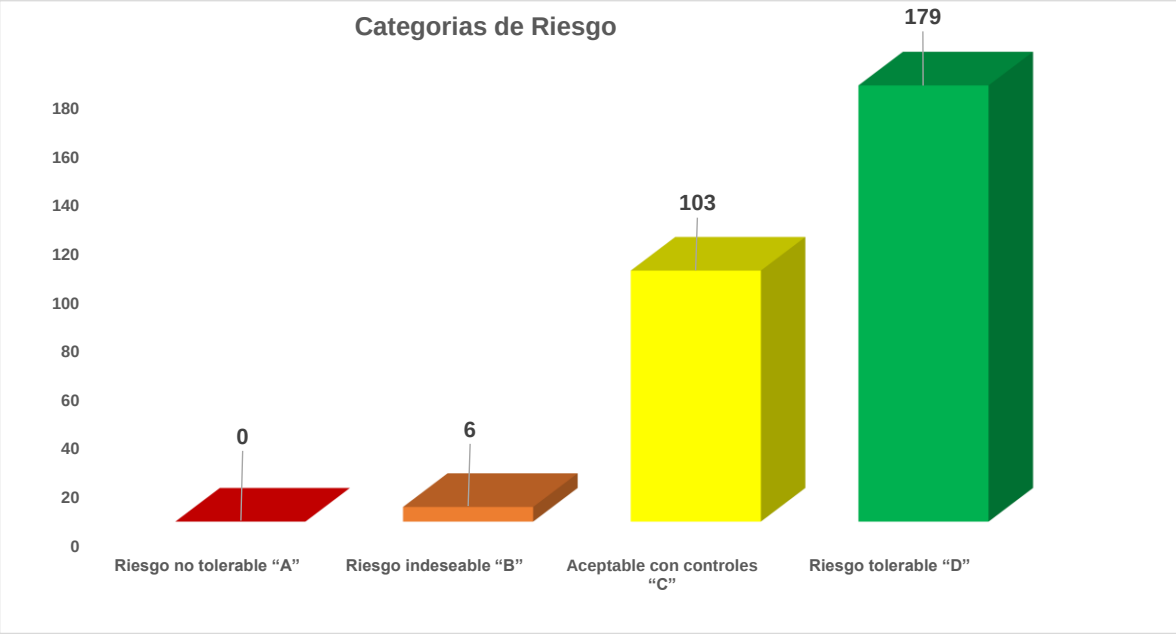
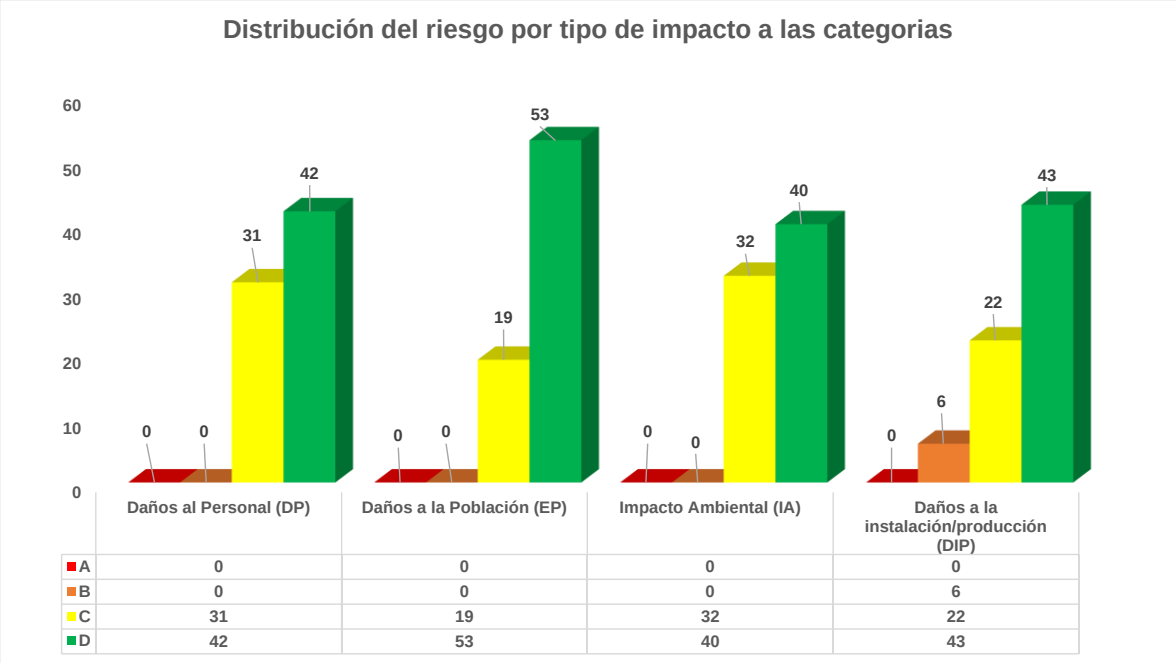


Figura. 73. Distribución de riesgo por tipo de impacto



	Daños al Personal (DP)	Daños a la Población (EP)	Impacto Ambiental (IA)	Daños a la instalación/producción (DIP)
A	0	0	0	0
B	0	0	0	6
C	31	19	32	22
D	42	53	40	43

IV.5.2. Resultados de la jerarquización de peligros y riesgos del análisis Hazop

De acuerdo con el tipo de Zona de Riesgo en que se encuentran los escenarios, es la gravedad y la clase de aceptación del riesgo dentro del estudio, en la tabla siguiente se muestran dichos eventos. En las zonas de tipo A, B, C y D existe la posibilidad del establecimiento de controles adecuados, con un margen de tiempo suficiente, para la eliminación del posible riesgo involucrado en dichas operaciones.

Los riesgos Tipo B los cuales serán analizados mediante metodologías de análisis detallado de frecuencias para determinar su probabilidad. Cabe mencionar que, en esta primera instancia de jerarquización de riesgos, la calificación global no considera las medidas de seguridad con las que cuenta el **STGN**. En la sección de reposicionamiento de los riesgos Sección VII de la Guía **ARSH** se retomarán los riesgos B identificados y se calificarán nuevamente ahora considerando las medidas de seguridad o mitigación con las que se cuenta. Los riesgos Tipo C y D no se volverán a calificar, por considerarse aceptables y de bajo impacto y ser considerados inherentes al **STGN**.

Durante el desarrollo de la metodología se utilizaron en todo el análisis HazOp 51 desviaciones (25 desviaciones Nodo 1 y 26 desviaciones Nodo 2) a las intenciones de diseño y factores externos que pueden afectar el desarrollo del Sistema de Transporte derivados de la carencia o pérdida de controles de ingeniería o administrativos, cada desviación fue calificada con una frecuencia y consecuencia de y utilizando la matriz de riesgos se otorgó una calificación global de riesgo. A continuación de muestran la cantidad de escenarios de riesgos ubicados en las regiones de la matriz de riesgos por posible afectación daño a las personas, Efectos a la Población, Impacto Ambiental y Daño a la Infraestructura y Producción.

Tabla 50. Jerarquización de riesgos Daño al Personal del Hazop

		Consecuencia					
Frecuencia		1	2	3	4	5	6
	6	2.7.1					
	5						
	4	1.12.1, 2.9.1, 2.18.1	1..4.1, 1.12.1, 1.15.1, 2.4.2, 2.18.1	2.13.1, 2.14.1			
	3	1.7.1, 1.21.1, 2.4.2,	1.8.1, 1.9.1, 1.15.1, 1.17.1, 2.6.1, 2.12.1, 2.15.1, 2.16.1, 2.21.1, 2.22.1	1.8.1, 1.9.1,			
	2	1.2.1, 1.3.1, 1.4.1, 1.5.1, 1.6.1, 1.14.1, 1.22.1, 1.23.1, 1.24.1, 1.25.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.19.1, 2.20.1, 2.23.1, 2.24.1, 2.25.1, 2.26.1	1.2.2, 1.3.1, 1.13.1, 1.14.1,	1.6.1, 1.16.1, 1.18.1, 1.19.1, 2.11.1, 2.19.1, 2.20.1	1.8.1, 1.9.1		
	1	1.1.1, 1.10.1, 1.11.1, 1.20.1, 2.1.1, 2.5.1, 1.15.1, 1.16.1,	1.10.1, 2.8.1, 2.10.1,	2.17.1			

Tabla 51. Jerarquización de riesgos Efectos a la Población del Hazop

Frecuencia \ Consecuencia	1	2	3	4	5	6
6	2.6.1					
5						
4	2.9.1, 2.13.1, 2.14.1, 2.18.1,	1.4.1, 1.12.1, 1.15.1, 2.4.1				
3	2.4.2, 2.12.1, 2.21.1, 2.22.1,	1.7.1, 1.8.1, 1.9.1, 1.13.1, 1.15.1, 1.17.1, 1.21.1, 2.15.1, 2.16.1				
2	1.2.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.6.1, 2.11.1, 2.19.1, 2.20.1, 2.23.1, 2.25.1, 2.26.1	1.2.1, 1.3.1, 1.4.1, 1.5.1, 1.6.1, 1.8.1, 1.9.1, 1.13.2, 1.14.1, 1.16.1, 1.22.1, 1.23.1, 1.24.1, 1.25.1, 2.19.1, 2.24.1	1.18.1, 1.19.1, 2.20.2			
1	1.10.1, 1.11.1, 1.20.1, 2.1.1, 2.5.1, 2.15.1, 2.16.1,	1.1.1, 1.10.1, 2.8.1, 2.10.1	2.17.1			

Tabla 52. Jerarquización de riesgos Impacto Ambiental del Hazop

Frecuencia \ Consecuencia	1	2	3	4	5	6
6	2.7.1					
5						
4	1.12.1, 2.9.1. 2.18.1	1.4.1, 1.15.1, 2.18.1	1.12.1, 2.4.2, 2.13.1, 2.14.1			
3	1.7.1, 1.21.1, 2.4.2, 1.21.1	1.8.1, 1.9.1, 1.15.1, 1.15.1, 1.16.1, 2.22.1	1.17.1			
2	1.22.1, 1.23.1, 1.24.1, 1.25.1, 2.1.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.19.1, 2.20.1, 2.23.1, 2.24.1, 2.25.1, 2.26.1	1.2.1, 1.3.1, 1.4.1, 1.5.1, 1.6.1, 1.14.1	1.6.1, 1.13.1, 1.14.1, 1.16.1, 2.18.1, 2.19.1, 2.6.1, 2.11.1, 2.12.1, 2.19.1, 2.20.1	1.8.1, 1.9.1		
1	1.10.1, 1.11.1, 1.20.1, 1.15.1, 1.16.1	1.1.1, 1.10.1, 2.8.1, 2.10.1	2.5.1, 1.17.1			

Tabla 53. Jerarquización de riesgos daño infraestructura y producción del Hazop

Frecuencia \ Consecuencia	1	2	3	4	5	6
6	2.7.1					
5						
4	1.12.1, 2.9.1, 2.18.1		1.12.1, 2.13.1, 2.14.1	1.15.1,1.4.1, 2.4.2, 2.18.1, 2.14.1		
3	1.7.1, 1.17.1, 1.21.1, 2.4.2, 1.17.1, 2.21.1	1.8.1, 1.15.1, 2.12.1, 2.15.1, 2.16.1, 2.22.1	1.9.1			
2	1.2.1, 1.3.1, 1.4.1, 1.5.1, 1.6.1,1.13.1, 1.14.1, 1.16.1, 1.22.1, 1.23.1, 1.24.1, 2.1.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.19.1, 2.20.1, 2.23.1, 2.24.1, 2.25.1, 2.26.1	1.2.2, 1.3.1	1.6.1, 1.8.1, 1.9.1, 1.16.1, 1.18.11.19.1, 1.25.1, 2.11.1, 2.19.1, 2.20.1			
1	1.1.1, 1.10.1, 1.11.1, 1.20.1, 2.15.1, 2.16.1	1.10.1, 2.10.1	2.5.1, 2.6.1, 2.8.1			

IV.5.3. Escenarios de los riesgos identificados del análisis HazOp

A continuación, se muestran los escenarios identificados a partir del análisis **HAZOP**.

Tabla 54. Escenarios de riesgo identificados en la zona ALARP

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
1	ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Gasoducto Libramiento – Reynosa.	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	16	B	4	4	1	Gasoducto de 24”	GN
		Más Corrosión	Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o movimiento de los ductos		16		4	4	1		
		Sin seguridad y vigilancia	Golpe al ducto por sabotaje o terceros		12		4	3	1		
2	ESC_2	Menos Flujo	Ruptura parcial o total de ducto de 24” del Gasoducto Libramiento-Reynosa.	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	16	B	4	4	2	EMRyC Terminal 2, Anzaldúas y Terminal 19	GN
			Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o movimiento de los ductos, válvulas y bridas		16		4	4			
3	ESC_3	Más presión	Desacoplamiento de la válvula de descarga de 24” Ø del cabezal de salida de alta presión del patín de medición	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	16	B	4	4	2		

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
4	ESC_4	Más Presión	Incremento de presión en la etapa de compresión de gas natural en la salida de descarga del Compresor TC-1093	Fugas de gas natural en bridas, válvulas, en el sistema de descarga compresión con posibilidad de incendio o explosión.	12	C	4	3	2	EMRyC Terminal 2, Anzaldúas y Terminal 19	GN
5	ESC_5	Más Presión	Obstrucción en el ducto debido a diablo atorado, en las trampas de envío en TD-100	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	9	C	3	3	1	Gasoducto de 24” Ø	GN
6	ESC_6	Más Presión	Obstrucción en el ducto debido a diablo atorado, en las trampas de recibo en TD-200	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	9	C	3	3	1	Gasoducto de 24” Ø	GN
7	ESC_7	Sin de capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna de las instalaciones superficiales EMRyC o CS por un operador.	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	8	C	2	4	1	Gasoducto de 24”	GN
8	ESC_8	Cargas externas	Ducto expuesto a la tensión provocada por cargas externas en los cruces con vías de comunicación (autopistas, carreteras, caminos, vías férreas, entre otros).	Fuga de gas natural con posible incendio o explosión	6	C	2	3	1		
			Ducto expuesto a la tensión provocada por esfuerzos por corrientes fluviales o pluviales		6		2	3	1		

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
9	ESC_9	Más Presión	Descontrol operacional en estación de Recolección, Medición y Control 2, Estación 19 y/o Estación Anzaldúas	Presurización del segmento del sistema de transporte posterior a la estación de compresión que presenta la falla.	6	C	3	2	1		
10	ESC_10	Riesgo Sanitario	Contagios COVID-19 u otro tipo de pandemias que puedan ocurrir en el futuro.	Suspensión de operaciones, perdidas económica	6	C	3	2	1		
11	ESC_11	Más Flujo	Incremento de flujo en la línea de suministro al sistema de regulación en la primera etapa.	Sobrepresión en el sistema de recepción de la ERM con posible fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	6	C	2	3	2	EMRyC Terminal 2, Anzaldúas y Terminal 19	
12	ESC_12	Menos Presión	Obstrucción por impurezas en los filtros de las llegadas FC-001 EMRyC, y EMRYC, así como los FC-001 y FC-002 de la Terminal 2	Pérdidas de Producción ocasionadas por paro de equipos	6	C	3	2	2	EMRyC Terminal 2, Anzaldúas y Terminal 19	
13	ESC_13	Más flujo	Corrida de diablos	Pase de líquido hacia el compresor que se encuentra después de la EMRyC 19 con posibilidad de daño al motocompresor por presencia de líquidos en el flujo del gas	6	C	6	1	2		
14	ESC_14	Más Flujo	Incremento de flujo en la línea de suministro al sistema de regulación en la primera etapa	Sobrepresión en el sistema de recepción de la ERM con posible fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	6	C	2	3	2		

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
15	ESC_15	Menos presión	Ruptura parcial o total del ducto de la línea de derivación sistema de regulación de la primera o segunda etapa.	Fuga de GN en tubo de la ERM con riesgo de incendio o explosión	6	C	2	3	2		
16	ESC_16	Menos Mantenimiento	No se realiza mantenimiento por falta de programación, recursos humanos o financieros.	Fuga de gas natural en válvulas, bridas y tuberías con riesgo de incendio o explosión	6	C	2	3	2		
			Se realiza mantenimiento diferente al requerido o con productos fuera de especificación para el tipo de trabajo		6		3	2	2		
17	ESC_17	Deficiente trabajos	Trabajos deficientes de soldadura en instalaciones estaciones de regulación y medición	Trabajos deficientes de soldadura en instalaciones estaciones de regulación y medición	6	C	2	3	2		
18	ESC_18	Sin de capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna ERM por un operador	Fuga de GN en tubo de la ERM con riesgo de incendio o explosión	6	C	2	3	2		
19	ESC_19	Sin seguridad y vigilancia	Golpe al ducto por sabotaje	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte Gasoducto Libramiento – Reynosa	6	C	2	3	1	Gasoducto de 24”	
20	ESC_20	Producto fuera de especificación	GN que no cumple con las especificaciones requeridas	Suministro parcial a la EMR y C	6	C	2	3	1	Gasoducto de 24”	

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
21	ESC_24	Menos Presión	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN del Libramiento - Reynosa	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte Gasoducto Libramiento - Reynosa en el segmento posterior a la Válvula de seccionamiento bloqueada	6	C	2	3	1	Gasoducto de 24”	
22	ESC_22	Incendio Forestal	Incendio en los alrededores	Debilitamiento de ductos. Aumento en la presión de suministro de gas natural en el sistema de transporte	6	C	3	2	2		
23	ESC_23	No Flujo	Bloqueo en alguna válvula de seccionamiento en el trayecto del gasoducto	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte del Gasoducto Libramiento - Reynosa en el segmento posterior a la válvula de seccionamiento bloqueada.	4	D	2	2	1	Gasoducto de 24”	
24	ESC_24	Menos Flujo	Bloqueo parcial debido por comisión u omisión en válvula de seccionamiento	Bajo suministro de gas natural al sistema de transporte de GN TETCO y Tennessee en el segmento posterior a la Válvula de Seccionamiento bloqueada.	4	D	2	2	1	Gasoducto de 24”	
25	ESC_25	Mayor Temperatura	Fuga de Refrigerante del compresor TC-1903	Daño en el compresor (válvulas, anillos, pistones, cigüeñal) Producción diferida	4		4	1	2	EMRyC	
26	ESC_26	Más Presión	Mayor demanda de gas por aumento de consumo de la EMRyC 19.	Disminución del flujo de gas por parte del proveedor Gasoducto Libramiento - Reynosa, así como	4	D	2	2	1		

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
				disminución de la presión en el sistema.							
27	ESC_27	No flujo	Bloqueo manual indebido por comisión u omisión en válvula troncal.	Sin suministro de gas natural a cliente.	2	D	2	1	2		
28	ESC_28	N o flujo	Válvula de Globo de 16" en posición cerrada en la entrada de la EMRyC Terminal 2.	Pérdidas de Producción ocasionadas por paro de equipos Sin suministro de gas natural a Cliente	2	D	2	1	2		
29	ESC_29	Menos Mantenimiento	No se realiza mantenimiento diferente al requerido o con productos fuera de especificación para el tipo de trabajo	Fuga de gas natural en válvulas, bridas y tuberías con riesgo de incendio o explosión	3	D	1	3	2		
30	ESC_30	Más Corrosión	Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o movimiento de los ductos	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas	4	D	4	1	1		
31	ESC_31	Deficiente trabajos	Trabajos deficientes de soldadura	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte Libramiento - Reynosa	2	D	2	1	1		
32	ESC_32	Sin de capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna de las instalaciones superficiales EMRyC o CS por un operador	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte Libramiento - Reynosa	2	D	2	1	1		

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
33	ESC_33	Fenómeno Geológico	Sismos mayores a 7 grados Richter	Debilitamiento mecánico del ducto por esfuerzos provocados por sismos, que pueden derivar en una ruptura parcial o total con posible incendio o explosión.	1	D	1	1	1		
34	ESC_34	Incendio Forestal	Incendio en los alrededores	Debilitamiento de ductos. Aumento en la presión de suministro de gas natural en el sistema de transporte	3	D	3	1	1		
35	ESC_35	Fenómeno climático	Tormenta Eléctrica	Afectación mecánica a las instalaciones superficiales por caída de rayo	2	D	2	1	1		
36	ESC_36	Riesgo eléctrico	Pérdida de energía eléctrica por falta de suministro del proveedor del servicio, falla de equipo eléctrico, condiciones climáticas adversas o vandalismo	Pérdida de comunicaciones de seguimiento y control del sistema SCADA	4	D	2	2	1		
					2	D	2	2	2		
37	ESC_37	Fenómeno Climático	Inundaciones por fuertes lluvias	Temporalmente se restringen accesos a interconexiones	4	D	2	2	1		
38	ESC_38	No flujo	Bloqueo manual indebido por comisión u omisión en válvula troncal.	Sin suministro de gas natural a cliente.	2	D	2	1	1		
39	Esc_39	Menos Presión	Por obstrucción de impurezas en alguno de los filtros de las llegadas FS-GN-5001/2/3/4/5	Pérdidas de Producción ocasionadas por paro de equipos	2	D	2	1	2	EMRyC Terminal 2, Anzaldúas y Terminal 19	GN

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
40	ESC_40	No flujo Menos flujo	Sin suministro de gas natural en interconexión por parte del proveedor TETCO y Tennessee.	Sin suministro de gas natural a cliente	2	D	1	2	2	Gasoducto de 24”	
			Bloqueo manual indebido por comisión u omisión en válvula troncal		2		2	1	2		
			Bloqueo manual indebido por comisión u omisión en válvula troncal		3		3	1	2		
			Taponamiento de filtros por impurezas en el gas natural		3		1	3	2		
41	ESC_41	Menos Temperatura	Descenso de temperatura a causa del efecto de Joule-Thomson al permitir que el sistema se expanda libremente manteniendo la entalpía constante	Congelamiento de tuberías, aumento de corrosión con posibilidad de fuga, incendio o explosión	1	D	1	1	2		
42	ESC_42	Sin presión	La válvula de la línea de alimentación del patín de regulación de la segunda etapa se encuentra cerradas	Pérdidas ocasionadas por falta de suministro de GN a la la succión de compresoras.	2	D	1	2	2	EMR y C Terminal 2, Anzaldúas y Terminal 19	
43	ESC_43	Menos Mantenimiento	No se realiza mantenimiento por falta de programación, recursos humanos o financieros.	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas	1	D	1	1	1	Gasoducto de 24”	

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
			Se realiza mantenimiento diferente al requerido o con productos fuera de especificación para el tipo de trabajo		1		1	1	1		
44	ESC_44	Más Corrosión	Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o movimiento de los ductos	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas.	4	D	4	1	2		
45	ESC_45	Deficiente trabajos	Trabajos deficientes de soldadura en instalaciones estaciones de regulación y medición	Sin suministro de gas natural al usuario del sistema de transporte Frontera – Puerto Libertad	2	D	2	1	2		
		Sin de capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna ERM por un operador		2		2	1	2		
46	ESC_46	Riesgo eléctrico	Pérdida de energía eléctrica por falta de suministro del proveedor del servicio, falla de equipo eléctrico, condiciones climáticas adversas o vandalismo.	Pérdida de comunicaciones de seguimiento y control del sistema SCADA	2	D	2	1	2		
47	ESC_47	Fenómeno climático	Tormenta Eléctrica	Afectación mecánica a las instalaciones superficiales por caída de rayo	2	D	2	1	2		
48	ESC_48	Fenómeno climático	Fenómeno Climático	Inundaciones por fuertes lluvias	2	D	2	1	2		

Tabla 55. Sucesos de riesgos identificados para el análisis de frecuencias

Escenario	Desviación	Descripción	Nivel de riesgos	Nivel de riesgo	Nodo	Consecuencia
ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) Más corrosión	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Gasoducto Libramiento - Reynosa.	B	16	1	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión
ESC_2	Más flujo	Aumento de presión en la válvula del patín de medición de la Terminal 2 y/o Terminal 19 y/o Anzaldúas			2	Fuga de gas natural en válvula de patín de filtración con riesgo de incendio o explosión
ESC_3	Menos Flujo	Ruptura parcial o total de ducto que conduce al patín de filtración o hasta el sistema de medición, regulación y control EMRyC			2	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión
ESC_4	Más presión	Desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión del patín de medición			2	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión

Tabla 56. Eventos de riesgo identificados para el análisis de consecuencias

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción
1	ESC_1_GLR	EMRyC Terminal 2 Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la sálida del patín de regulación, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
2	ESC_2_GLR	Ducto de 42" EMRyC Terminal Nueva- SDV-101	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
3	ESC_3_GLR	Ducto de 42" EMRyC Terminal Nueva- SDV-101	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
4	ESC_4_GLR	Ducto de 42" SDV-101-SDV-102	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción
				tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
5	ESC_5_GLR	Ducto de 42" SDV-101-SDV-102	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
6	ESC_6_GLR	Ducto de 42" SDV-102-EMRyC-Anzaldúas	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
7	ESC_7_GLR	Ducto de 42" SDV-102-EMRyC-Anzaldúas nueva	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
8	ESC_8_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 12" Φ a la salida del patín de regulación hacia City Gate Parque Puente, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
9	ESC_9_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 18" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
10	ESC_10_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva-SDV-105-	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
11	ESC_11_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva-SDV-105-	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción
				tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
12	ESC_12_GLR	SDV-105-SDV106	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
13	ESC_13_GLR	SDV-105-SDV106	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
14	ESC_14_GLR	SDV-106-SDV107	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
15	ESC_15_GLR	SDV-106-SDV107	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
16	ESC_16_GLR	SDV-107-SDV108	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
17	ESC_17_GLR	SDV-107-SDV108	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
18	ESC_18_GLR	SDV108- EMRyC Estación 19 nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción
				natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
19	ESC_19_GLR	SDV108- EMRyC Estación 19 nueva	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
20	ESC_20_GLR	EMRyC Estación 19 Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 36" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Monterrey, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.
21	ESC_21_GLR	EMRyC Estación 19 Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.

V. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS

V.1.1 Análisis de árbol de fallas

Para aquellos escenarios de riesgo identificados dentro de las regiones de riesgo regiones de riesgo **ALARP** y no tolerable se realizó un análisis detallado de frecuencias y para algunos que son de interés particular. La metodología seleccionada para este análisis fue el árbol de fallas por ser considerara pertinente y aplicable, de conformidad con las características del **STGN**.

El árbol de falla se utiliza para cuantificar las consecuencias de accidente. Un árbol de sucesos refleja los posibles caminos de éxito y de fracaso en el tratamiento de la secuencia accidental que deriva de un suceso iniciador determinado, como el paro indeseado de un proceso. Esto se realiza conociendo al iniciador del evento. Este análisis considera que el operador y el responsable del sistema de seguridad están fuera al iniciarse algún evento. El resultado de este análisis es un conjunto secuencial de fallas y errores que definen todas las posibles salidas de un incidente.

V.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 análisis del árbol de fallas se puede utilizar para realizar todo tipo de procesos de evaluación de riesgos a nivel del sistema. El propósito de **FTA** 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 que muestra visualmente la forma lógica de identificar el problema. Además, la eficiencia del sistema se puede lograr mediante este análisis.

El árbol de fallas utiliza puertas lógicas para realizar el análisis. Existen numerosos símbolos **FTA**, pero estos se dividen en dos categorías, símbolos de evento y símbolos de puerta.

Tabla 57. Símbolos de eventos en FTA

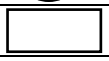
No.	Símbolo de evento	Descripción
1		Evento primario o básico de falla. Es un evento aleatorio y hay suficientes datos disponibles
2		Estado del evento del sistema, subsistema o componente.
3		Fallo secundario o evento en desarrollo, se puede explorar más a fondo.
4		Evento condicional y está asociado con la ocurrencia de algún otro evento
5		Evento de la casa que representa la ocurrencia o no ocurrencia de un evento.
6	entrada  salida	Transferir entradas y salidas de símbolos utilizados para replicar una rama o subárbol del FTA.

Tabla 58. 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.

V.1.2. Procedimiento de árbol de fallas

- 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 también ver la relación, 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

V.1.3. Análisis de 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.

El 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 a 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

$$P(C) = \text{Probabilidad n}$$

V.1.4. Sucesos para el análisis de árbol de fallas

Los escenarios para el análisis de fallas son los que en encuentran en la zona **ALARP**, los cuales se encuentran en la tabla siguiente.

Tabla 59. Escenarios para la metodología de árbol de fallas

No.	Evento	Desviación	Suceso
1	SUC_1	Menos Flujo, Menos presión, Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) y Más corrosión	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.
2	SUC_2	Más flujo	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.

Para que se produzca esta fuga de gas natural inaceptable y subsiguiente estallido e incendio, es necesario que se presenten dos sucesos simultáneamente:

- Que haya fallado la salvaguarda (Sistema SCADA, Válvula de seccionamiento, Válvula de cierre manual, Sistema Básico de Proceso, Sistema de Fuego y Gas, entre otros)
- Que falla sea de la tubería y accesorio de conexión por deficiencias en el diseño, construcción o materiales, errores humanos, daño por terceros, o deficiencias por falta de mantenimiento o corrosión.

V.1.5. Valores de falla en equipos y accesorios

Tabla 60. Frecuencias de falla para el suceso 1

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
1	Inundación lluvia torrencial	1.40E-02	Guidelines for Process Equipment Reability Data with Data Tablas, AICHE, 1998
2	Incendio forestal o cerca de la instalación	1.00E-04	Smith, T.A and Warwick, RG
3	Golpe con maquinaria pesada	3.70E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
4	Impacto de algún vehículo	1.00E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
5	Error humano	1.00E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
6	Daños por terceros	3.70E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
7	Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.0E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error
8	Falla de sistema básico de procesos (Sistema de Control Automatizado)	1.0E-05	EXIDA IEC 61508 Functional Safety Assessment
9	Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.0E-05	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
10	Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
11	Falla de soldadura en accesorios y tuberías	3.00 E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
12	Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
13	Falta de inspecciones de seguridad	3.7E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
14	Intemperismo extremo	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Reability Data with Data Tablas, AICHE, 1998
15	Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.14 E-04	Guidelines for Process Equipment Reability Data with Data Tablas, AICHE, 1998
16	Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Reability Data with Data Tablas, AICHE, 1998

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
17	Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
18	Falla de válvulas de seccionamiento (MLV's)	1.00E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
19	Falla de Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	1.24E-03	OREDA 2009 Pág.481
20	Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	0.1	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
21	Falla Sistema SCADA	1.0E-05	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
22	Falla de Detección de Fugas (SDF)	1.0E-03	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
23	Falla de válvula Reguladora de Presión (FVC)	1.00E-03	OREDA 2009 Pág. 616

Tabla 61. Frecuencias de falla para el suceso 2

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
1	Falla de válvula Reguladora de Presión (FVC)	1.00E-03	OREDA 2009 Pág. 616
2	Fallo de indicador de presión	2.51E-02	Risk analysis (Rijnmond public authority).
3	Falla Sistema SCADA	1.0E-05	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
4	Falla de sistema básico de procesos (Sistema de Control Automatizado)	1.0E-05	EXIDA IEC 61508 Functional Safety Assessment
5	Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	0.1	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
6	Falla de Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	1.24E-03	OREDA 2009 Pág.481
7	Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
8	Falla de Detección de Fugas (SDF)	1.0E-03	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
9	Falla de válvula de seguridad	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
10	Falla de válvula Reguladora de Flujo (FVQ)	1.00E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
11	Falla de transmisor indicador de temperatura (TIT)	2.51E-02	Risk analysis (Rijnmond public authority).
12	Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.0E-05	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
13	Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
14	Falla de soldadura en accesorios y tuberías	3.00 E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
15	Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.0E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error
16	Error humano	1.00E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
17	Falla del generador de emergencia	7.36E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
18	Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
19	Falta de inspecciones de seguridad	3.7E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
20	Intemperismo extremo	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
21	Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.14 E-04	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
22	Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998

V.1.7. Resultados del análisis del árbol de fallas

Tabla 62. Solución al árbol de fallas suceso 1.

SUCESO 1: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV's dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.							
Falla Mecánica							**1.84E-04**
Evento extra-operacional						**6.08E-02**	
Inundación lluvia torrencial	**1.40E-02**	**Evento extra-operacional**	**2.08E-02**				
Incendio Forestal	**1.00E-04**						
Daño por terceros	**2.00E-03**						
Golpe con maquinaria pesada	**3.70E-03**						
Impacto de algún vehículo	**1.00E-03**						
Evento Operacional							
Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	**2.00E-03**	**Diseño**	**2.00E-03**		**4.00E-02**		
Falta de integridad mecánica de equipos	**1.00E-02**	**Integridad mecánica**	**1.10E-02**				
Falla de soldadura en accesorios y tuberías	**1.00E-03**						
Falta de recubrimientos anticorrosivos	**1.00E-03**	**Corrosión externa**	**1.40E-02**				
Falta de inspecciones de seguridad	**3.00E-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**						
Aplicación deficiente del mantenimiento	**1.00E-03**	**Mantenimiento**	**1.00E-03**				
Error humano	**1.00E-03**	**Error humano**	**1.00E-03**				
Falla del control de salvaguardas							
Falla de Control						**3.02E-03**	
Falla de SCADA	**1.00E-05**	**Falla de control**	**3.02E-03**				
Falla de válvula reguladora de presión (FVC)	**1.00E-03**						
Falla de válvulas de corte de suministro (ESDV)	**1.00E-03**						
Falla de sistema básico de Proceso	**1.00E-05**						
Falla de válvula de seccionamiento (MLV's)	**1.00E-03**						
Falla del Sistema de Detección de Fugas	**1.00E-03**						

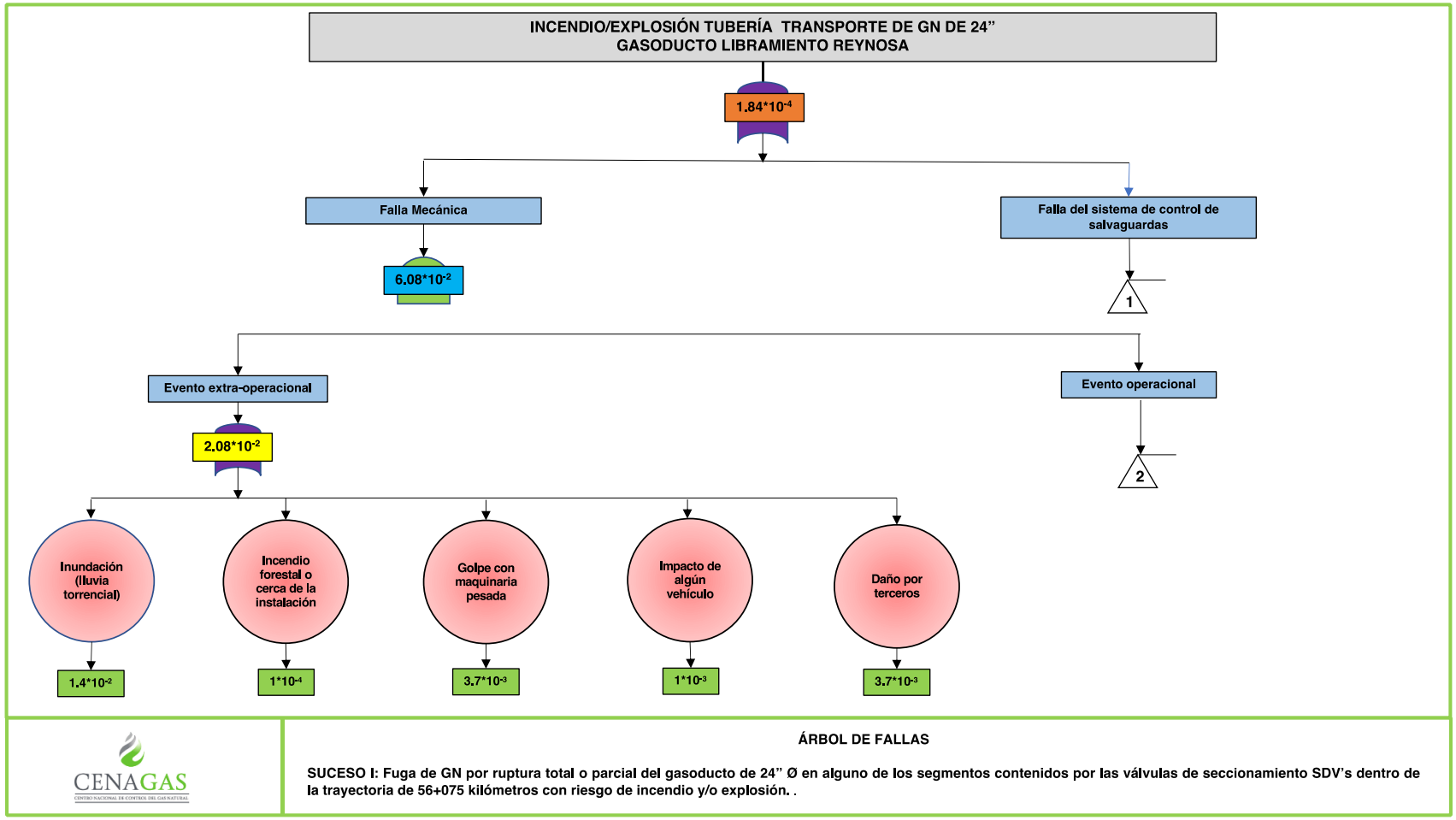
SUCESO 1: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV's dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.					
Falla del Sistema de Fuego y Gas	**1.00E-05**				

Tabla 63. Solución al árbol de fallas suceso 2.

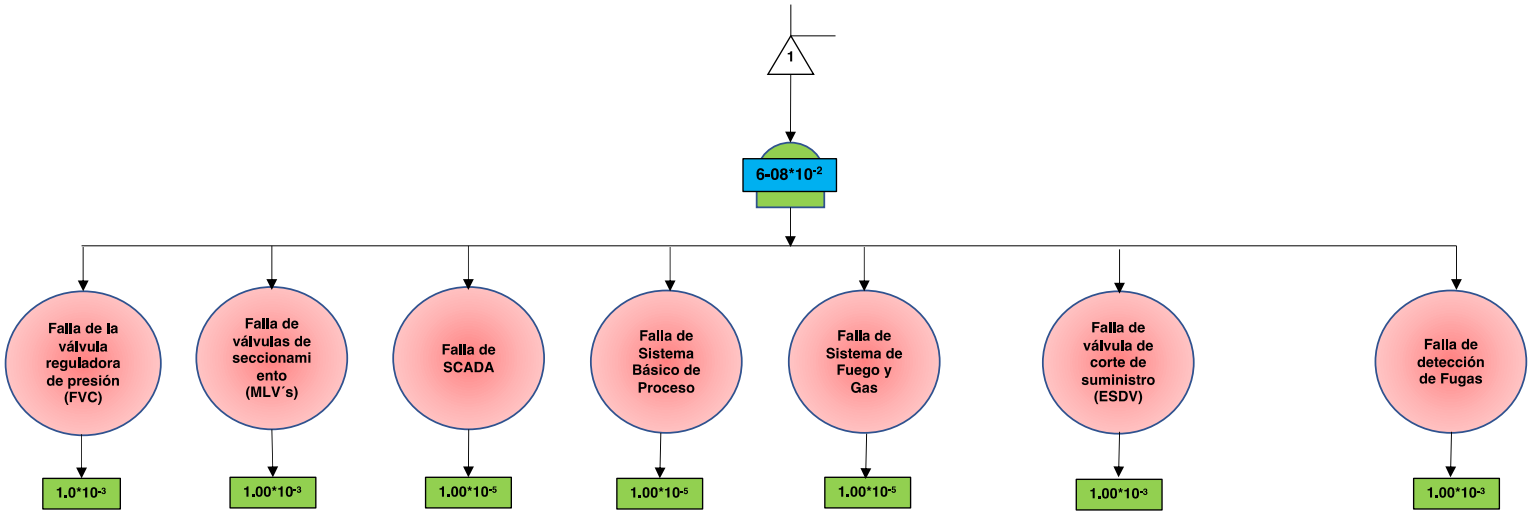
Suceso 2: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión					
Evento Operacional				**1.65E-01**	**1.25E-03**
Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	**2.50E-03**	**Operación**	**2.50E-03**		
Falla por mala instalación de la bomba	**3.00E-03**		**4.00E-03**		
Falla de colocación incorrecta de tubería	**1.00E-03**				
Falta de recubrimientos anticorrosivos	**1.00E-03**	**Corrosión externa**	**1.40E-02**		
Falta de inspecciones de seguridad	**3.00E-03**				
Intemperismo extremo	**1.00E-02**				
Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	**1.40E-04**	**Corrosión interna**	**1.01E-02**		
Aumento de corrosión tipo pitting	**1.00E-02**				
Falla por paro/arranque	**1.00E-03**	**Hidráulico**	**1.00E-03**		
Falla por bajo nivel del tanque	**2.00E-04**		**2.00E-04**		
Falla por calidad del GN	**3.00E-02**		**3.00E-02**		
Falla del generador de EE	**7.36E-02**		**7.36E-02**		
Falla por fluctuaciones de caudal	**3.00E-02**		**3.00E-02**		
Falla del control de salvaguardas					
Falla de Control				**7.53E-03**	
Falla válvula reguladora de presión (FVC)	**1.00E-03**	**Falla de control**	**7.53E-03**		
Falla de indicador de presión (PIT)	**2.50E-03**				
Falla cuarto de control	**1.00E-05**				
Falla de sistema básico de proceso (SBP)	**1.00E-05**				
Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	**1.00E-03**				
Falla de detección de fugas (SDF)	**1.00E-03**				
Falla de válvula de seguridad (PSV)	**1.00E-03**				
Falla de válvula reguladora de flujo	**1.00E-03**				
Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	**1.00E-05**				

A continuación, se muestran los árboles de fallos de los sucesos analizados.

Figura. 74. Árbol de fallas suceso 1



Continuación Figura

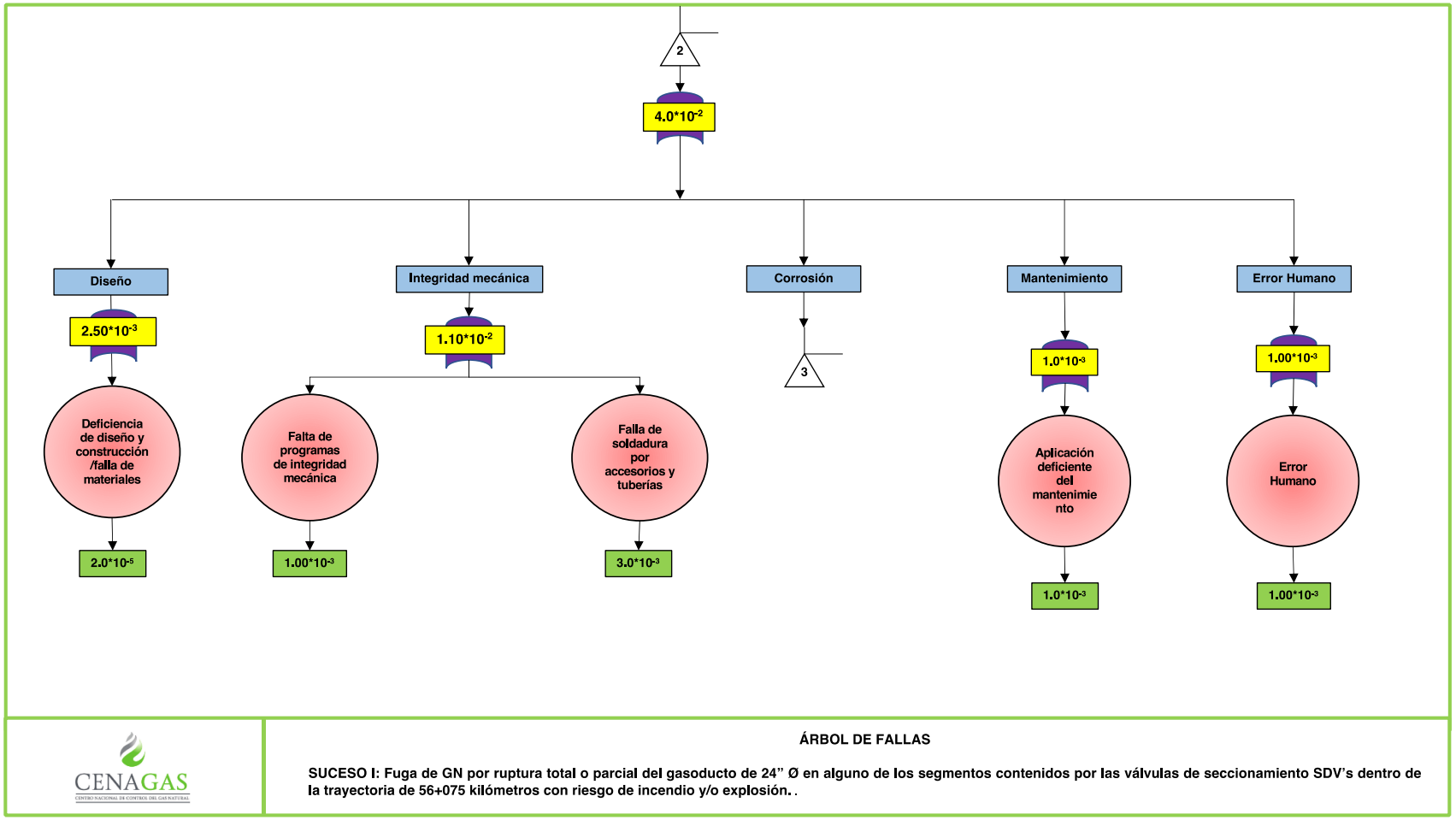


CENAGAS
CENTRO NACIONAL DE CONTROL DEL GAS NATURAL

ÁRBOL DE FALLAS

SUCESO I: Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV's dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión. .

Continuación Figura

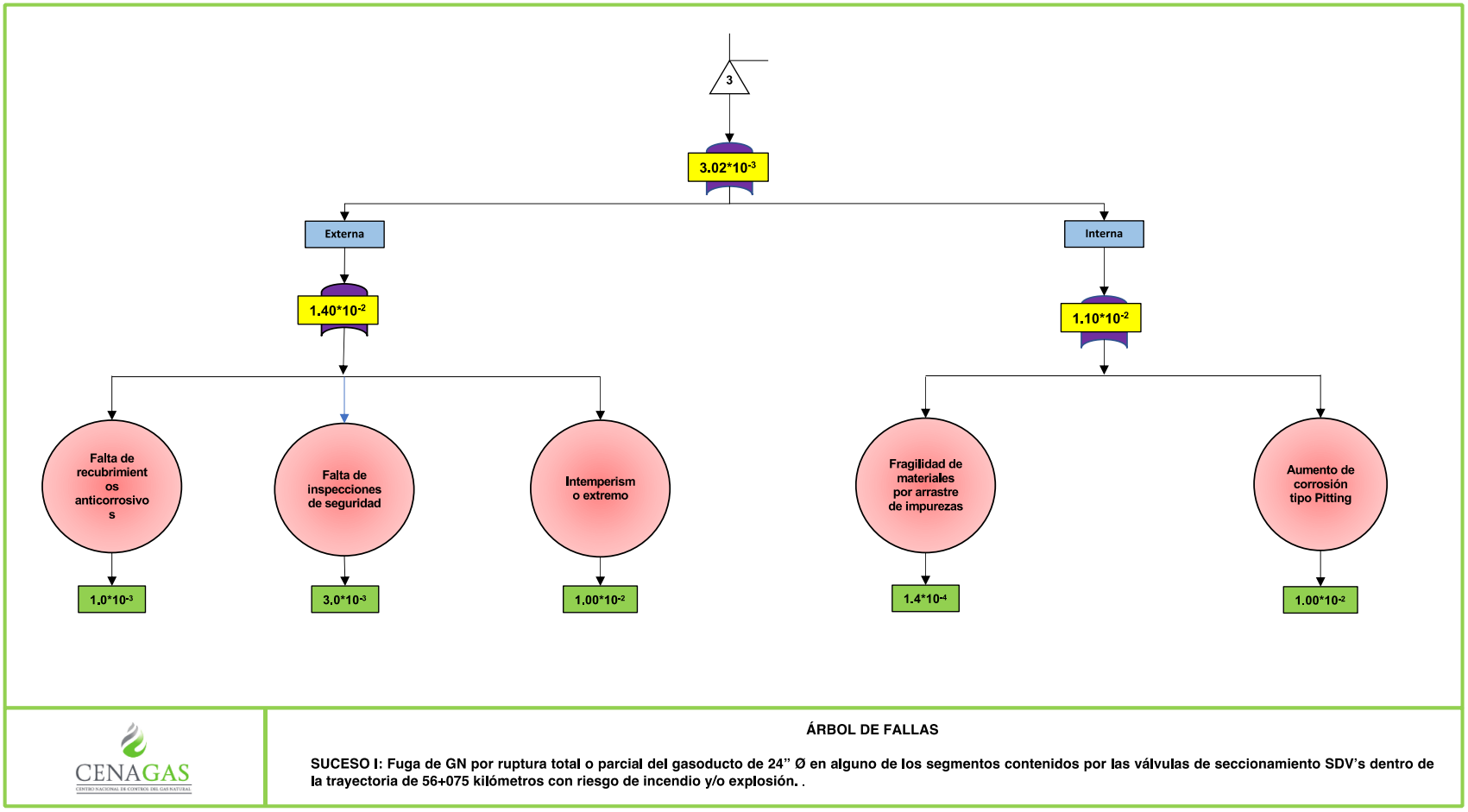


CENAGAS
CENTRO NACIONAL DE CONTROL DEL GAS NATURAL

ÁRBOL DE FALLAS

SUCESO I: Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV's dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión. .

Continuación Figura

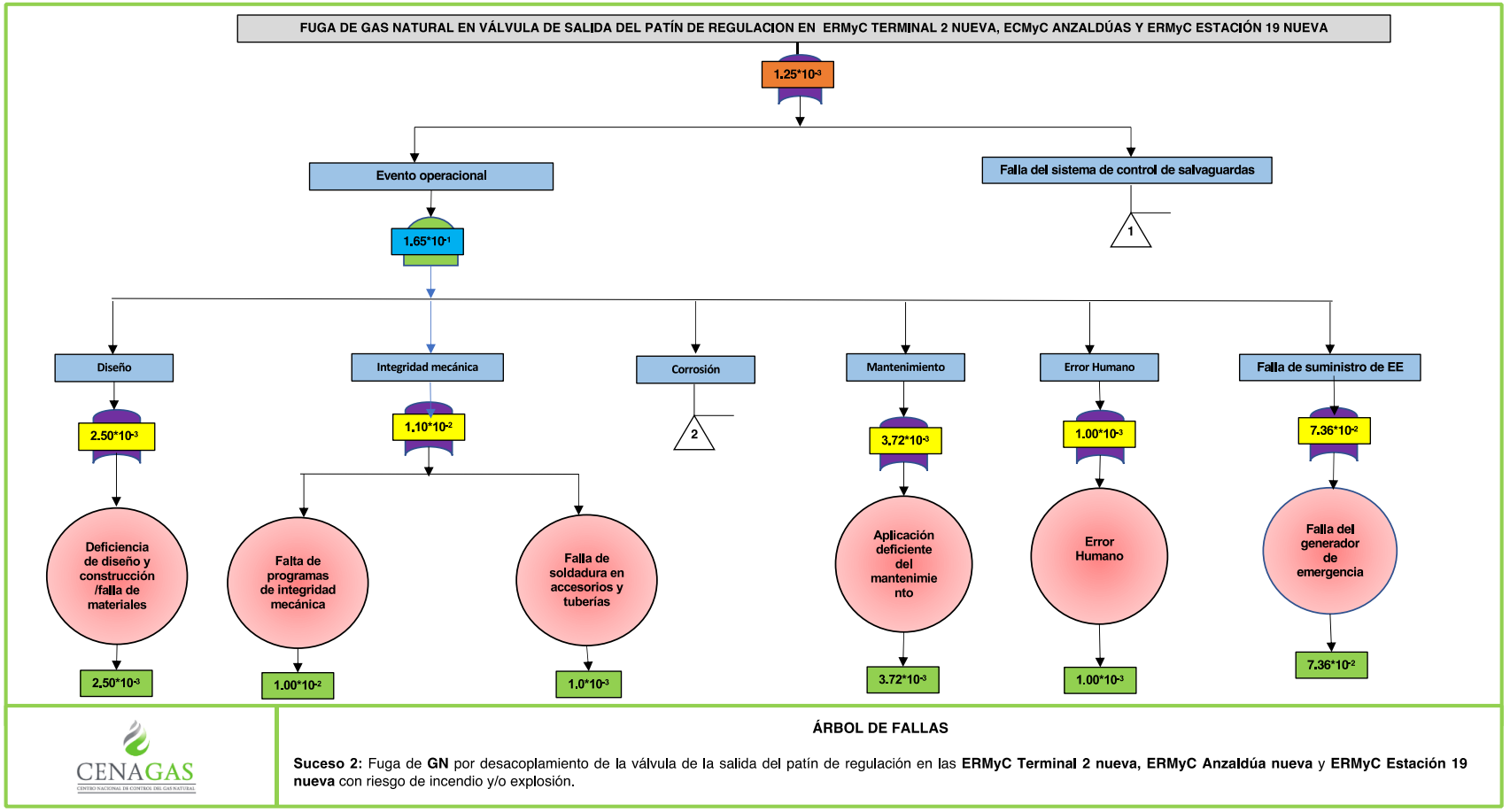


CENAGAS
CENTRO NACIONAL DE CONTROL DEL GAS NATURAL

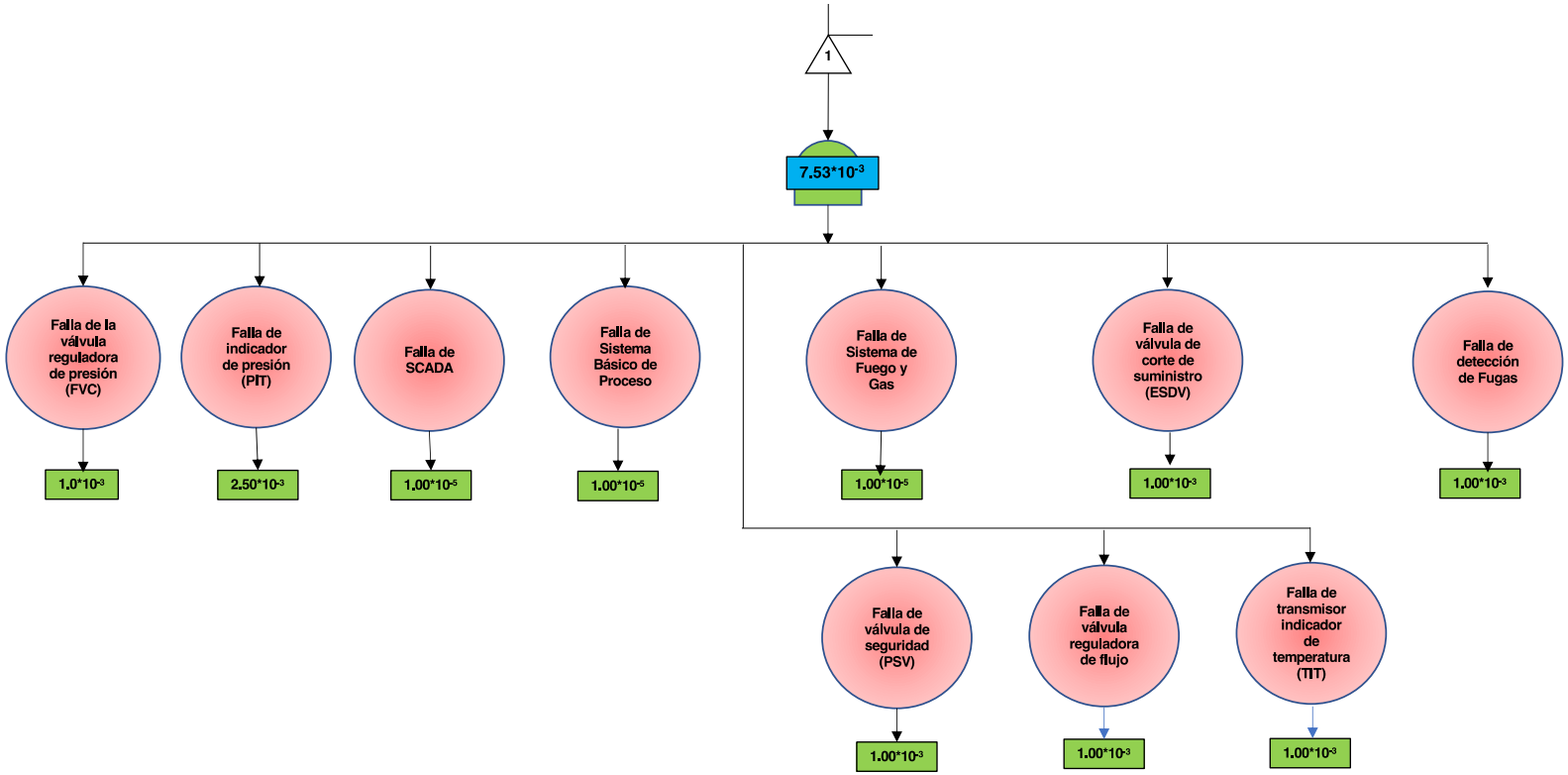
ÁRBOL DE FALLAS

SUCESO I: Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV's dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión. .

Figura. 75. Árbol de fallas suceso 2



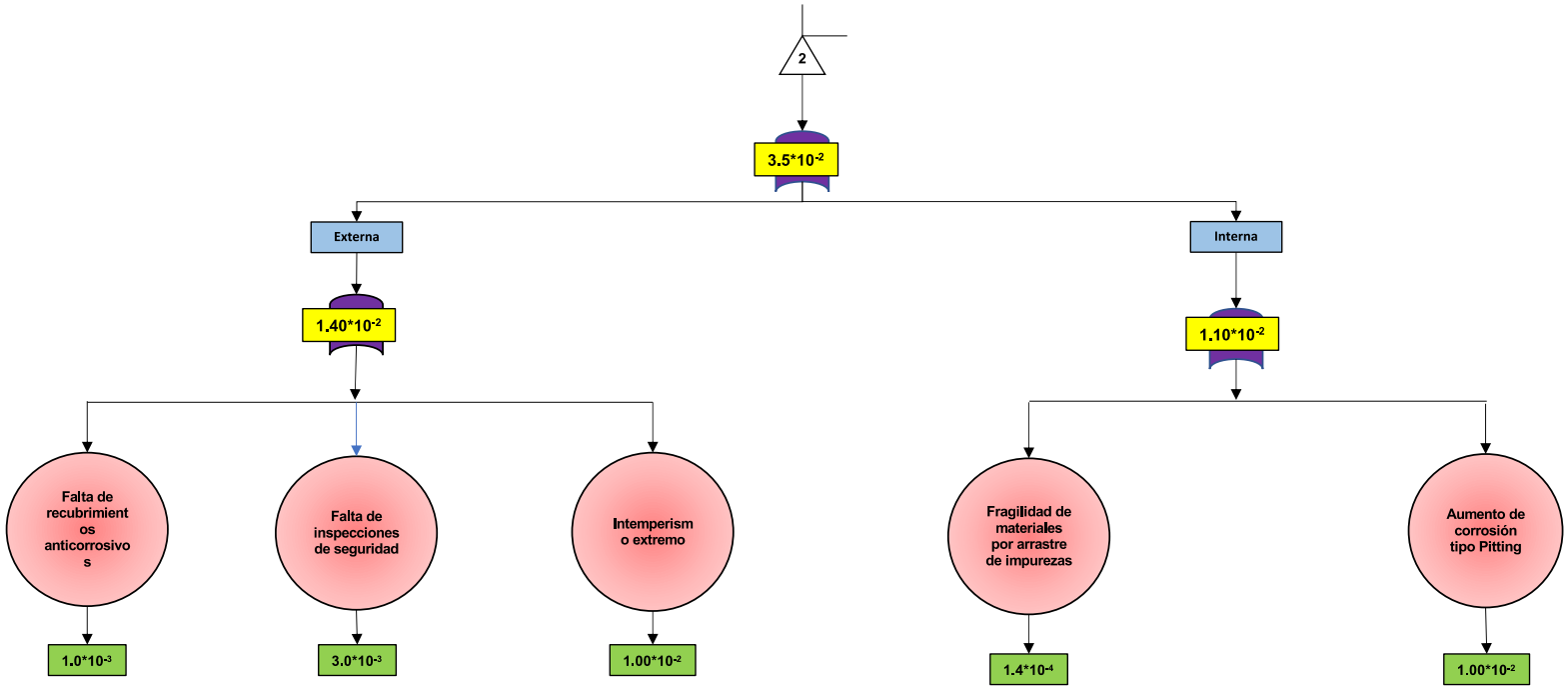
Continuación Figura



ÁRBOL DE FALLAS

Suceso 2: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **ERMyC Terminal 2 nueva, ERMyC Anzaldúa nueva** y **ERMyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.

Continuación Figura



ÁRBOL DE FALLAS

Suceso 2: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **ERMyC Terminal 2 nueva, ERMyC Anzaldúa nueva** y **ERMyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.

V.1.6. Conclusión del árbol de fallas

A continuación, se presentan las probabilidades de ocurrencia de los sucesos planteados de acuerdo con el análisis **HAZOP** de los riesgos identificados en la región **ALARP**.

Tabla 64. Resultados de la solución de árboles de falla para los sucesos planteados

Suceso	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Elementos que contribuyen
1	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	1.84E-04	0.000184	Todos los elementos son contribuyentes
2	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.	1.25E-03	0.00125	No actúa el vandalismo de la zona

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

Para jerarquizar los eventos de conformidad a la frecuencia por las probabilidades de ocurrencia de acuerdo a la tabla siguiente obtenida de los 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), que es la calificación inicial de riesgos y primera etapa de cuantificación como correlación entre la Frecuencia y las Consecuencias y que en su contenido se encuentran valores con significado para la organización y apoyo en la toma de decisiones, debe contener los siguientes criterios bajo la descripción de frecuencias, categorías de riesgo y frecuencias.

Tabla 65. 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 un 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 66. Valores de frecuencia de los sucesos analizados

Suceso	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Categoría
1	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	1.84E-04	0.000184	F1: Extremadamente raro

Suceso	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Categoría
2	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.	1.25E-03	0.00125	F1: Extremadamente raro

De acuerdo al análisis de frecuencias, sus probabilidades de fallo en los equipos y elementos analizados, cuyos resultados se muestran a continuación:

- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 1 en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV's dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros tienen una tasa de falla (fÉ) de 0.000184, es decir un 0.00184% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 100,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 1.84 ocasiones, categorizado como extremadamente raro.
- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 2 por desacoplamiento de la válvula del patín de regulación en las EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúas nueva y EMRyC Estación 19 nueva, tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.00125, es decir un 0.0125% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 1.25 ocasiones, categorizado como categorizado como extremadamente raro.

Aunque son todas las hipótesis son de categoría de extremadamente raro, la hipótesis de mayor probabilidad de ocurrencia es:

SUCESO 1: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.

En cuanto a la frecuencia de las fallas, se realizó un análisis en la Universidad di Padova en Italia[6] con datos de 1970 a 2007, donde se encontró que sólo el 13% de los casos son rupturas catastróficas. El 87% restante son resultado de grietas u orificios. Tomando en cuenta la frecuencia de la ruptura de los ductos de 1997 a 2007 se tienen los siguientes datos de frecuencia para los eventos.

[6] Risk Analysis of Natural Gas Pipeline: Case Study of a Generic Pipeline, Chiara Vianello*, Giuseppe Maschio, Università di Padova, DIPIC – Dip. di Principi e Impianti Chimici di Ingneria Chimica Via Marzolo 9 – 35131 Padova, Italy chiara.vianello@unipd.it

Tabla 67. Frecuencia de ruptura de ductos

Tipo de falla	Frecuencia de falla
Ruptura Catastrófica	4.84E-05 evento/km*año
Fuga por grieta u orificios	3.24E-04 evento/km*año

Fuente: Chiara Vianello*, Giuseppe Maschio, Università di Padova

V.2. ANÁLISIS CONSECUENCIAS

V.2.1. Metodología de análisis de consecuencias

Debido a que los algoritmos fisicoquímicos que simulan el comportamiento de la difusión de las sustancias en el ambiente (aire, agua o suelo), así como 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 en específico se realizaron las simulaciones mediante el software PHAST de la empresa DNV versión 8.71, 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 con 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 PHAST.

V.2.1.1. Mezcla de Gas Natural

Se alimentó una mezcla de gas natural conteniendo los siguientes componentes en porcentaje mol, para este caso se determinaron mediante información proporcionada por las bases de la ingeniería básica desarrollada

Tabla 68. Componentes de la mezcla de Gas natural

Parámetros	Valores promedio	Unidades
% Metano	95.84989	%mol
% Etano	2.181343	%mol
% Propano	0.074291	%mol
% i Butano	0.01434	%mol
% n Butano	0.01624	%mol
% n Pentano	0.000963	%mol
% i Pentano	0.002203	%mol
% Hexano	0.002131	%mol
% C7	0.000748	%mol
% C8	0.001544	%mol
% C9	0.007822	%mol
N_2	1.022458	%mol
CO_2	0.833545	%mol
Peso molecular	16.99	Kg/mol
Densidad	37.48	Kg/m^3
Capacidad calorífica	2.50	Kcal/kg °C
Factor de comprensibilidad	0.90	---
Cp/Cv	1.47	---

Parámetros	Valores promedio	Unidades
Viscosidad	0.01	Cp

V.2.1.2. 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, que se encuentran descritas en la sección III de este Estudios de Riesgo.

El resultado de la interacción de los parámetros en especial la velocidad promedio del viento la cual se pasó con un análisis dimensional de km/ horas a m/s permite considerar la estabilidad A-B (Según Pasquill) todo lo anterior basado en la tabla siguiente.

Tabla 69. Estabilidades según Pasquill

Parámetro	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			

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

V.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 escenarios de acuerdo con el 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:

- **Chorro 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):** 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.

V.2.1.4. Parámetros y equivalencias de daños a esperarse en las simulaciones

La tabla siguiente muestra los valores umbrales de referencia adoptados en este estudio para una radiación térmica y sobrepresión.

Tabla 70. 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 a 37.5 KW/m^2	5.0 KW/m^2	1.4 KW/m^2
Explosividad (Sobre Presión)	3 a 10 psig	1.0 psig	0.5 psig

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

Tabla 71. 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: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

En la tabla siguiente se presentan los valores umbrales para la vulnerabilidad de los materiales, cuando se presenta un evento de radiación térmica.

Tabla 72. 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: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

La tabla siguiente muestra los efectos generados a los diferentes niveles de sobrepresión sobre instalaciones y sobre el personal que reciba el impacto de la sobrepresión, cabe señalar que estos valores fueron con los cuales se realizaron las simulaciones para el evento de sobrepresión.

Tabla 73. 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. 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. 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.	Reactor catalítico: partes internas dañadas. Columna fraccionadora: unidad destruida.
10.0	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro): derrumbe de estructura de	Cuarto de control (techo de concreto): unidad destruida.

Presión (psi)	Evaluación de daños por explosiones	
	Refinerías	**Plantas**
	hierro.	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: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

V.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.

Inventario de fuga: Al determinar el inventario del material o sustancia peligrosa que se puede fugar o derramar, en proceso, transporte o almacenamiento, 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.

En el caso de líneas de proceso y ductos, es la suma del inventario que se fuga más el inventario que se queda entrampado entre las válvulas de seccionamiento que aíslan la fuga y se calcula con la siguiente ecuación:

Inventario final para escenarios de riesgo por fuga en ductos

$$IF = (Fm*t) +(((\pi * d^2) / 4) * D) * p)$$ .....ecuación 1

Donde:

IF = Inventario de fuga (kg).

Fm = Flujo másico (kg/seg).

t = Tiempo que transcurre desde que se presenta la fuga, hasta que esta es aislada cerrando las válvulas de seccionamiento (seg).

d = Diámetro de la tubería (m)

D = Distancia que existe ente las válvulas de seccionamiento que aíslan la fuga en el dueto (m).

p = Densidad de la sustancia (kg/m^3).

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 74. 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
	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.

Para nuestro caso utilizaremos el primer criterio, ya que se cuenta con sistemas automáticos de aislamiento para responder al escenario planteado, se considera un tiempo máximo de 10 segundos como el tiempo necesario para detectar y controlar la descarga basándose en el sistema de protecciones con el que cuenta el **STGN**, en el anexo siguiente se presentan las memorias de cálculos de la tasa e inventarios de fuga (**Anexo_ER_13_tasa e inventario de fuga).**

En la tabla siguiente se muestran los escenarios y los valores de los datos de las variables utilizadas para ser alimentadas al **SCRI Fuego V2** en los escenarios planteados.

Tabla 75. Escenarios para simular con los datos a ser alimentados en el software SCRI Fuego V2

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	[redacted]	[redacted]	idad del o (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
1	ESC_1_GLR	EMRyC Terminal 2 Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP		4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	20	1,977.43	20,130.42
2	ESC_2_GLR	Ducto de 42" EMRyC Terminal Nueva-SDV-101	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	8,650	79.09	6,951.06
3	ESC_3_GLR	Ducto de 42" EMRyC Terminal Nueva-SDV-101	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a			4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	8,650	1,977.43	173,776.48

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
4	ESC_4_GLR	Ducto de 42" SDV-101-SDV-102	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]		4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	250	79.09	969.01
5	ESC_5_GLR	Ducto de 42" SDV-101-SDV-102	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición			4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	250	1,977.43	24,225.27

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
6	ESC_6_GLR	Ducto de 42" SDV-102-EMRyC-Anzaldúas	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP		4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	4,455	79.09	3,963.60
7	ESC_7_GLR	Ducto de 42" SDV-102-EMRyC-Anzaldúas nueva	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	4,455	1,977.43	99,089.90

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
8	ESC_8_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 12" Φ a la sálida del patín de regulación hacia City Gate Parque Puente, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]		4.8	101,325.35	31	15.53	32.12	12	12	15	16.71	233.86
9	ESC_9_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 18" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	250	32.12	20	18	35	329.24	3,642.99
10	ESC_10_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva-SDV-105-	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	200	75.38	896.29

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
11	ESC_11_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva-SDV-105-	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]		4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	200	1,884.64	22,407.17
12	ESC_12_GLR	SDV-105-SDV106	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	10,095	75.38	7,943.0

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
13	ESC_13_GLR	SDV-105-SDV106	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP		4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	10,095	1,884.53	198,573.84
14	ESC_14_GLR	SDV-106-SDV107	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	200	75.38	896.29

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
15	ESC_15_GLR	SDV-106-SDV107	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]	[redacted]	X	101,325.35	31	848.5	40	280	24	200	1,884.64	22,407.17
16	ESC_16_GLR	SDV-107-SDV108	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	22,400	75.38	16,705.99
17	ESC_17_GLR	SDV-107-SDV108	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	22,400	1,884.64	417,649.66

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
18	ESC_18_GLR	SDV108-EMRyC Estación 19 nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP		4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	7,075	75.38	6,210.25
19	ESC_19_GLR	SDV108-EMRyC Estación 19 nueva	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	7,075	1,884.64	144,807.71

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
20	ESC_20_GLR	EMRyC Estación 19 Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 36" Φ a la sálida del patín de regulación hacia gasoducto Monterrey, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP		4.8	101,325.35	31	759.5	40	100	36	40	3,803.23	39,634.67
21	ESC_21_GLR	EMRyC Estación 19 Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	300	40	20	24	50	687.08	7,761.04

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, en el **Anexo_ER_14_Hojas de especificaciones de los escenarios a simular.**

En la tabla siguiente se muestran los valores de los resultados de las modelaciones realizados de los escenarios en el software SCRI Fuego V2.

En el **Anexo_ER_15_Hojas de resultados SCRI Fuego V2** de los escenarios simulados.

En el **Anexo_ER_16_Planos de radios de afectación** de los escenarios simulados.

Tabla 76. Resultados de las simulaciones realizadas en el software SCRI Fuego v2 de los escenarios planteados

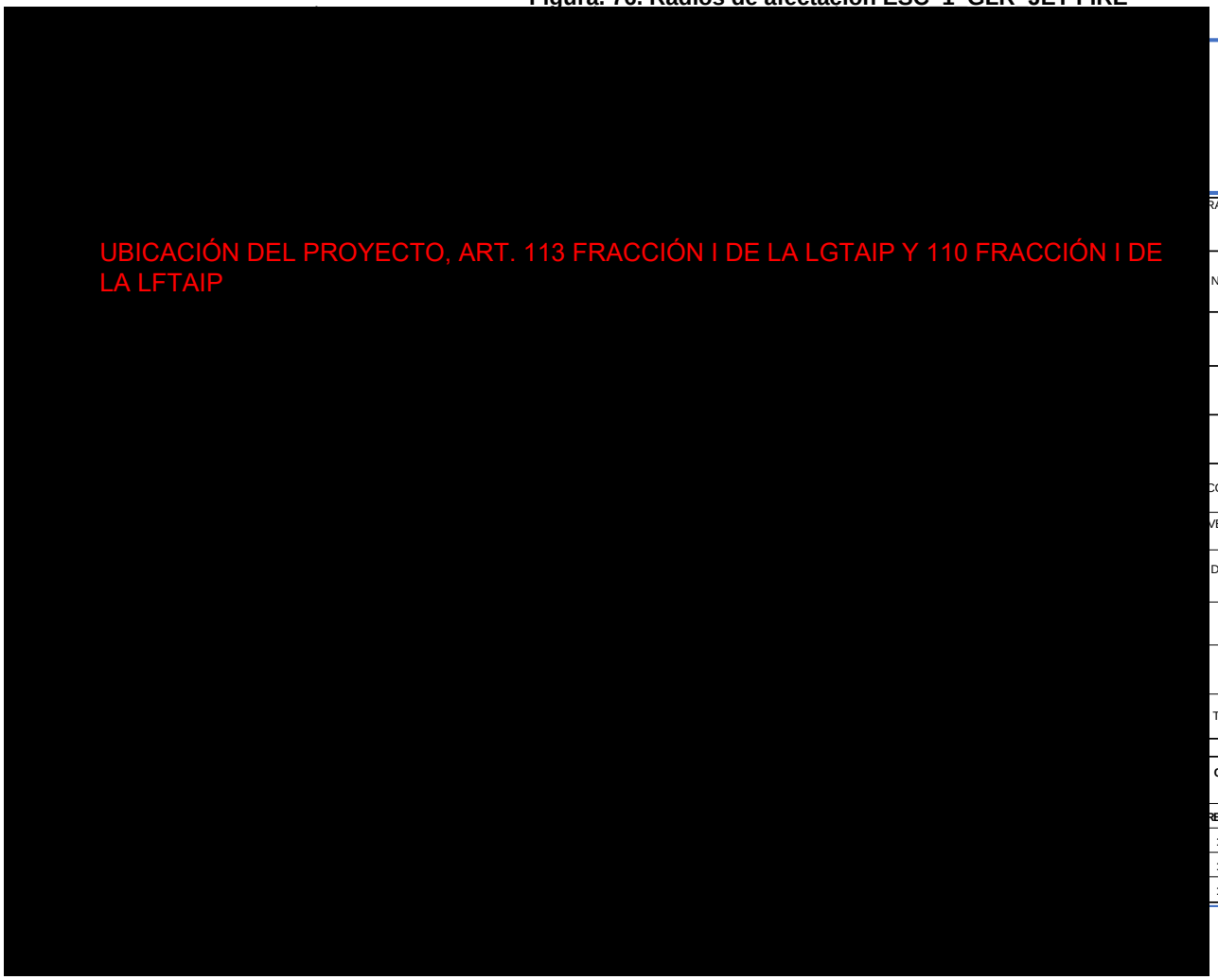
Escenario	Nodo	Descripción	Escenario	Radios de afectación		
				ZA (m)	ZAR (m)	ZDE (m)
ESC_1_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24” Φ a la salida del patín de regulación, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	770.54	415.80	184.51
			Explosión	842.28	495.51	106.36
ESC_2_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24”Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	165.23	89.27	39.89
			Explosión	590.91	347.63	74.62
ESC_3_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24”Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	770.54	415.80	184.51
			Explosión	1727.84	1016.67	218.19
ESC_4_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24”Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	165.23	89.27	39.89
			Explosión	306.40	180.25	38.69

Escenario	Nodo	Descripción	Escenario	Radios de afectación		
				ZA (m)	ZAR (m)	ZDE (m)
ESC_5_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	770.54	415.80	184.51
			Explosión	306.40	180.25	38.69
ESC_6_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	165.23	89.27	39.89
			Explosión	490.01	288.27	61.88
ESC_7_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	770.54	415.80	184.51
			Explosión	1432.79	842.90	180.93
ESC_8_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 12" Φ a la salida del patín de regulación hacia City Gate Parque Puente, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	281.98	151.20	64.59
			Explosión	190.76	112.22	24.09
ESC_9_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 18" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	330.78	175.57	69.95
			Explosión	476.42	280.27	60.16
ESC_10_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	164.22	88.72	39.63
			Explosión	298.53	175.62	37.70

Escenario	Nodo	Descripción	Escenario	Radios de afectación		
				ZA (m)	ZAR (m)	ZDE (m)
ESC_11_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.90	406.14	179.83
			Explosión	872.91	513.52	110.23
ESC_12_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	161.45	87.20	38.90
			Explosión	617.78	363.43	78.01
ESC_13_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.88	406.12	179.83
			Explosión	1806.40	1062.69	228.11
ESC_14_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	161.45	87.20	38.90
			Explosión	298.53	175.62	37.70
ESC_15_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.90	406.14	179.83
			Explosión	872.91	513.52	110.23
ESC_16_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	161.45	87.20	38.20
			Explosión	791.52	465.65	99.95

Escenario	Nodo	Descripción	Escenario	Radios de afectación		
				ZA (m)	ZAR (m)	ZDE (m)
ESC_17_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.90	406.14	179.83
			Explosión	2314.42	1361.56	292.27
ESC_18_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	161.45	87.20	38.90
			Explosión	569.13	334.81	71.87
ESC_19_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.90	406.14	179.83
			Explosión	1625.95	956.52	205.33
ESC_20_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 36" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Monterrey, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	1053.05	567.40	249.59
			Explosión	1055.68	621.05	133.31
ESC_21_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	462.0	245.82	99.69
			Explosión	613.03	360.64	77.41

Figura. 76. Radios de afectación ESC_1_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

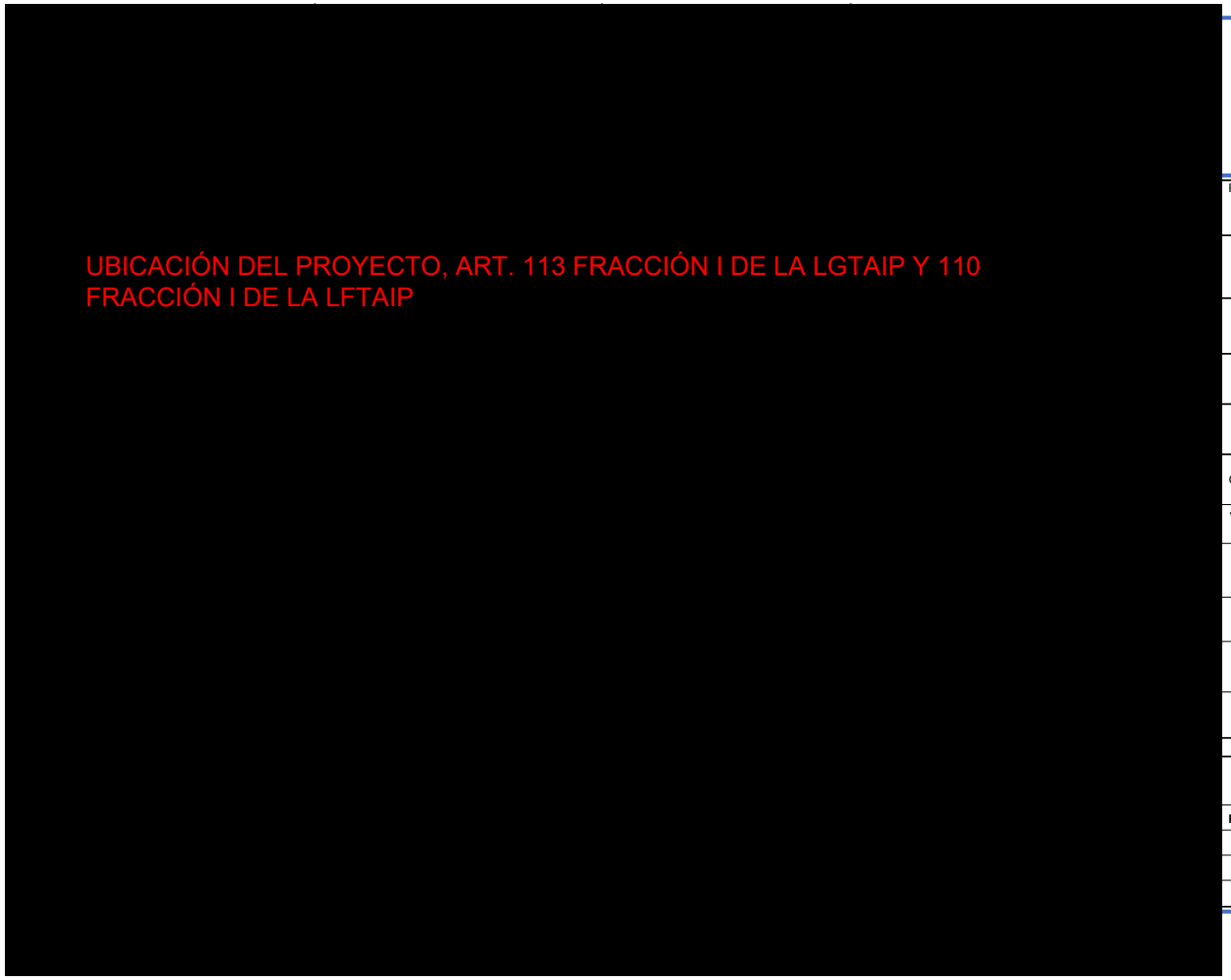
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	842.28
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**495.51**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**106.36**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 2	EVENTO: **ESC_1**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_1:** Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la sálida del patín de regulación, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 1_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 77. Radios de afectación ESC_1_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**795.40**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**467.93**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**100.44**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 2	EVENTO: **ESC_1**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_1** Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la sálida del patín de regulación, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 1_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 78. Radios de afectación ESC_2_GLR_JET FIRE

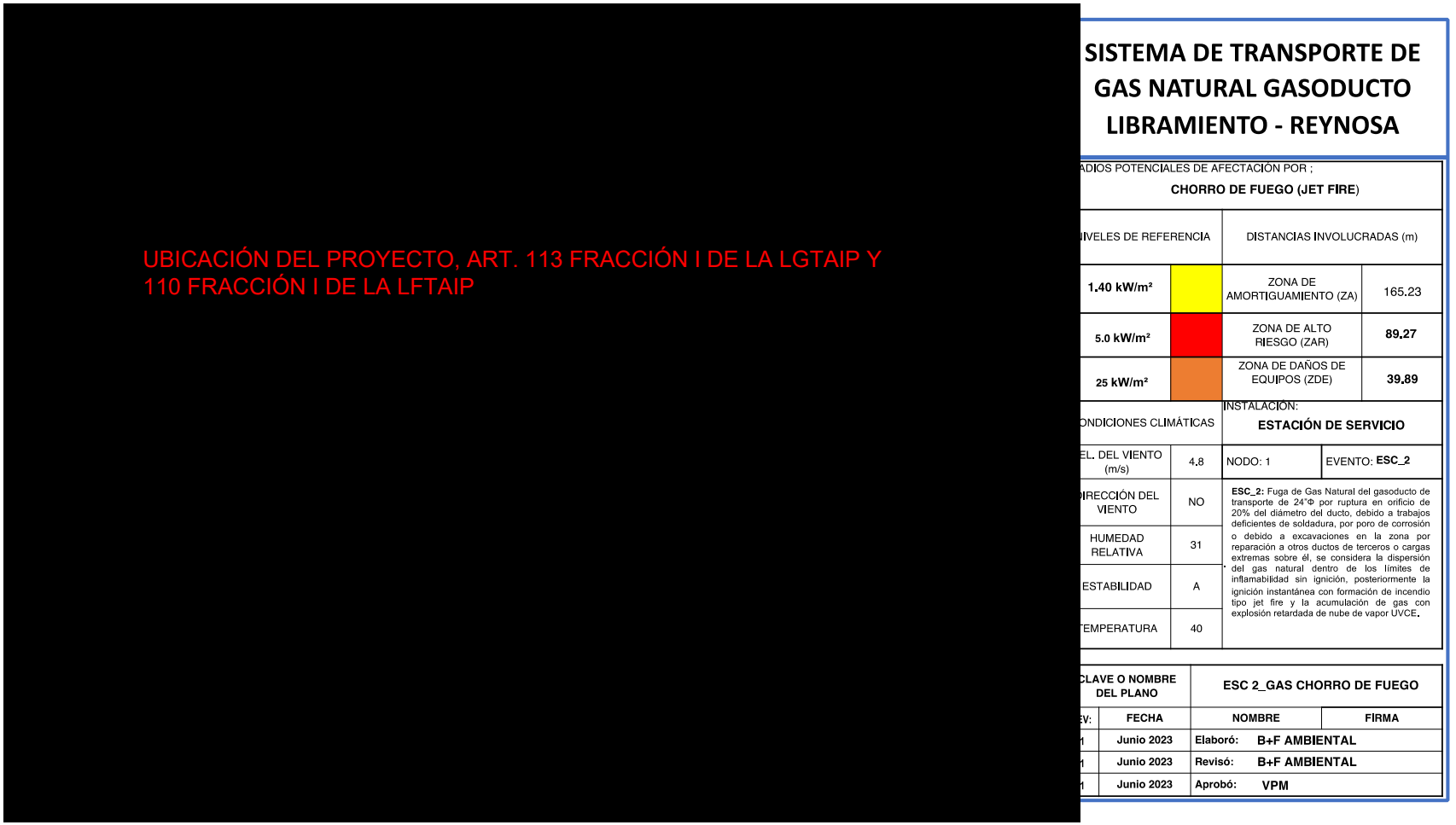
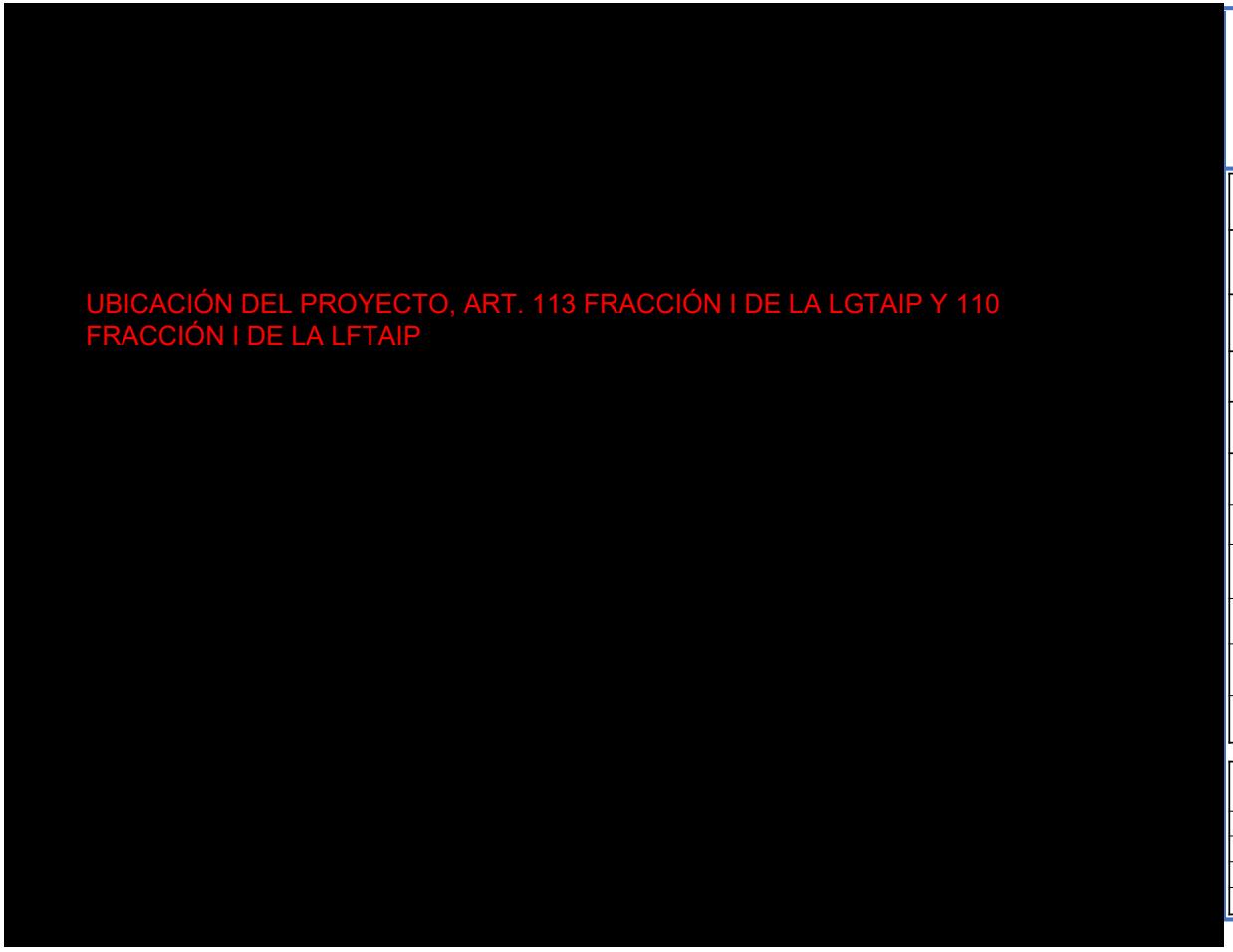


Figura. 79. Radios de afectación ESC_2_GLR_EXPLOSION

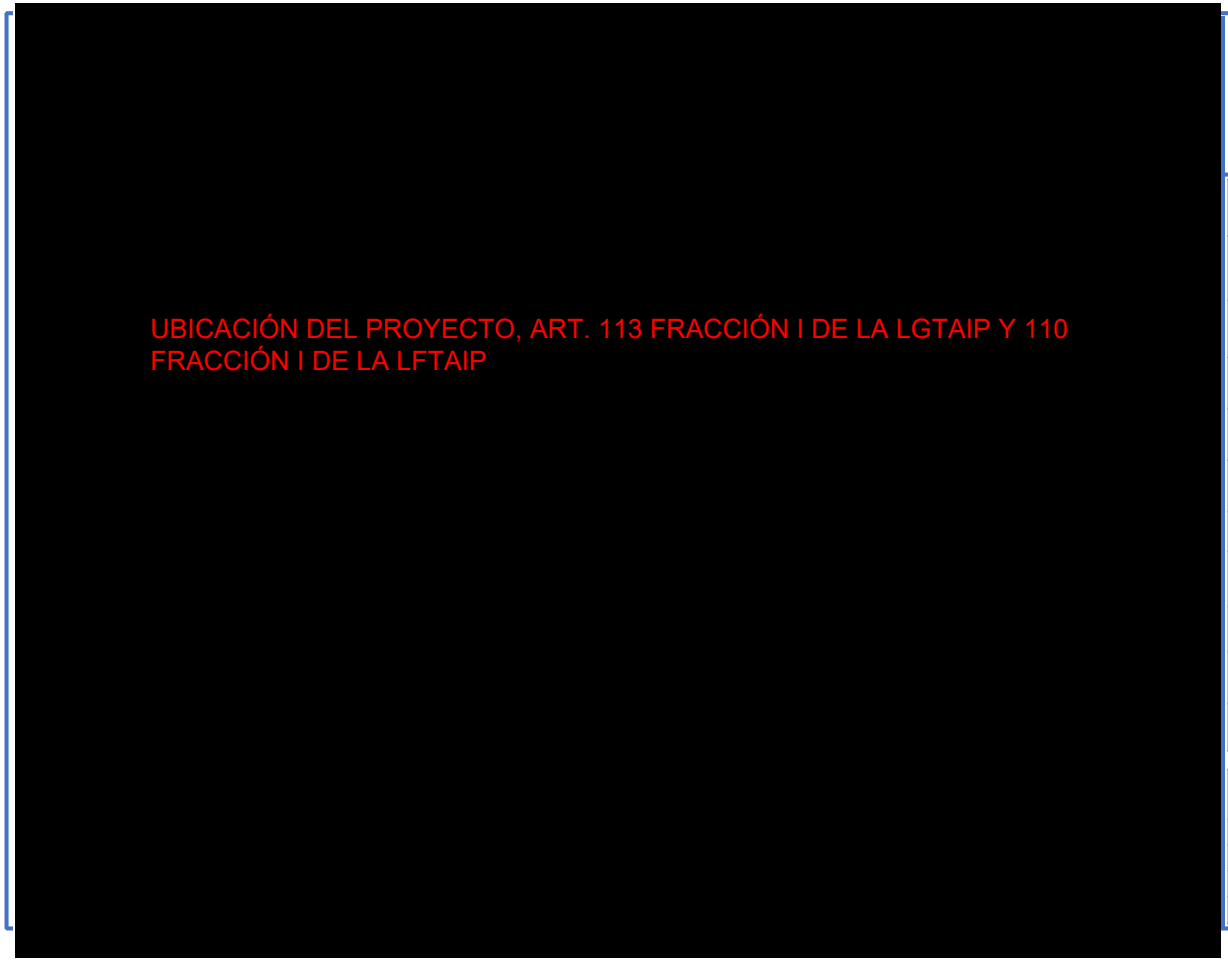


SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**590.91**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**347.63**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**74.62**
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_2**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_2** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 2_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 80. Radios de afectación ESC_3_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

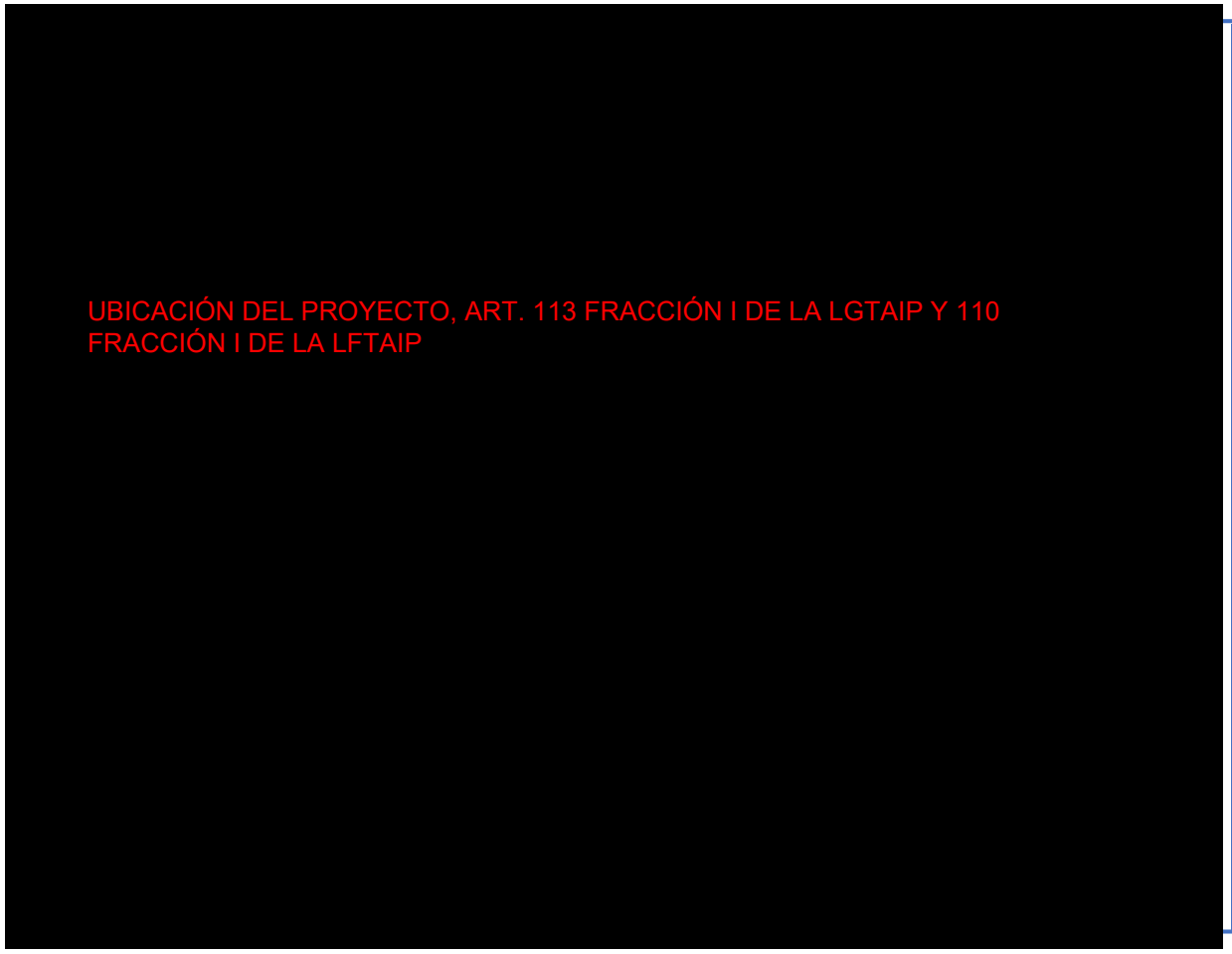
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	770.54
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**415.80**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**184.51**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_3**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_3:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 3_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 81. Radios de afectación ESC_3_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

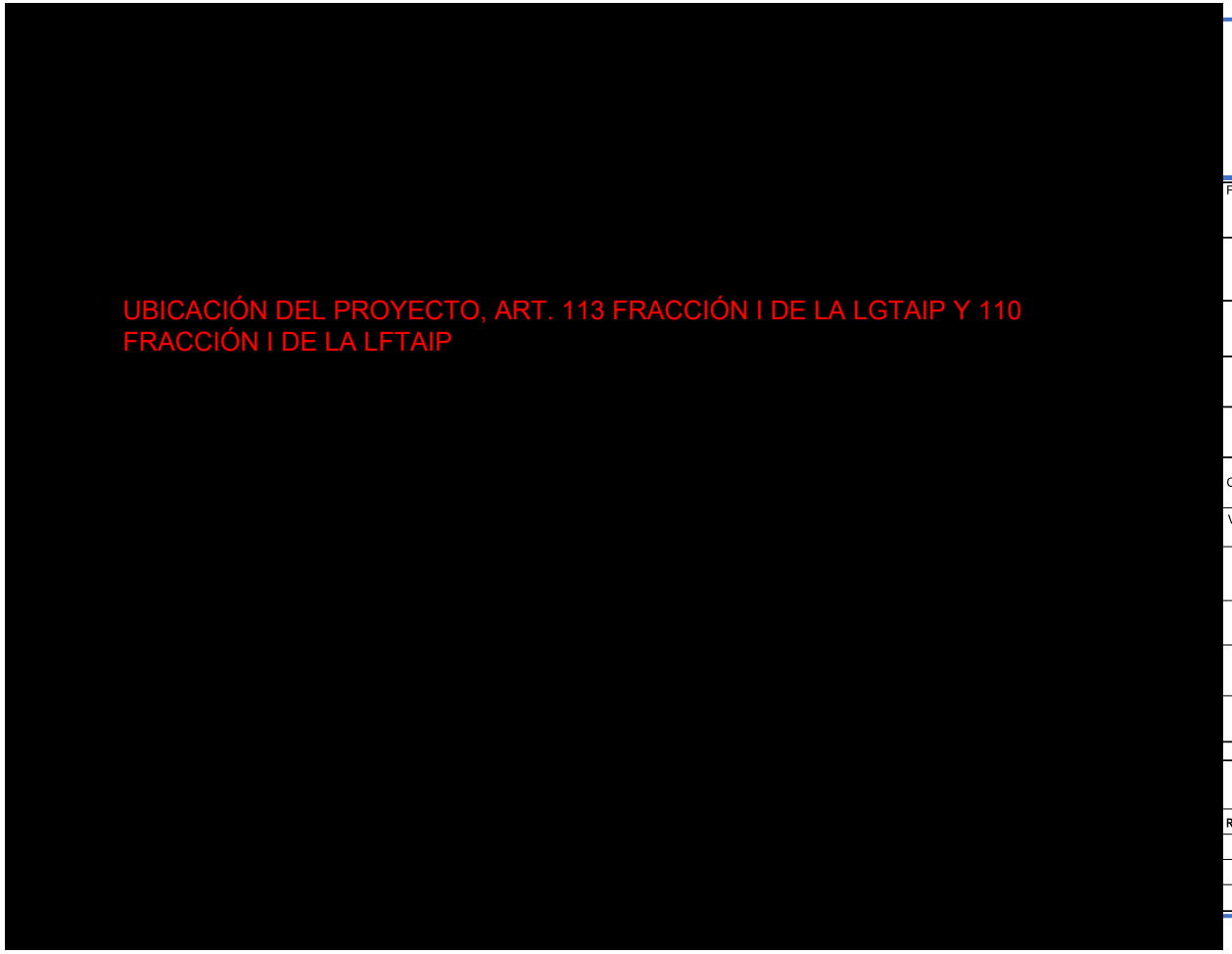
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**1727.84**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**1016.47**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**218.19**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_3**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_3** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 3_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 82. Radios de afectación ESC_4_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;

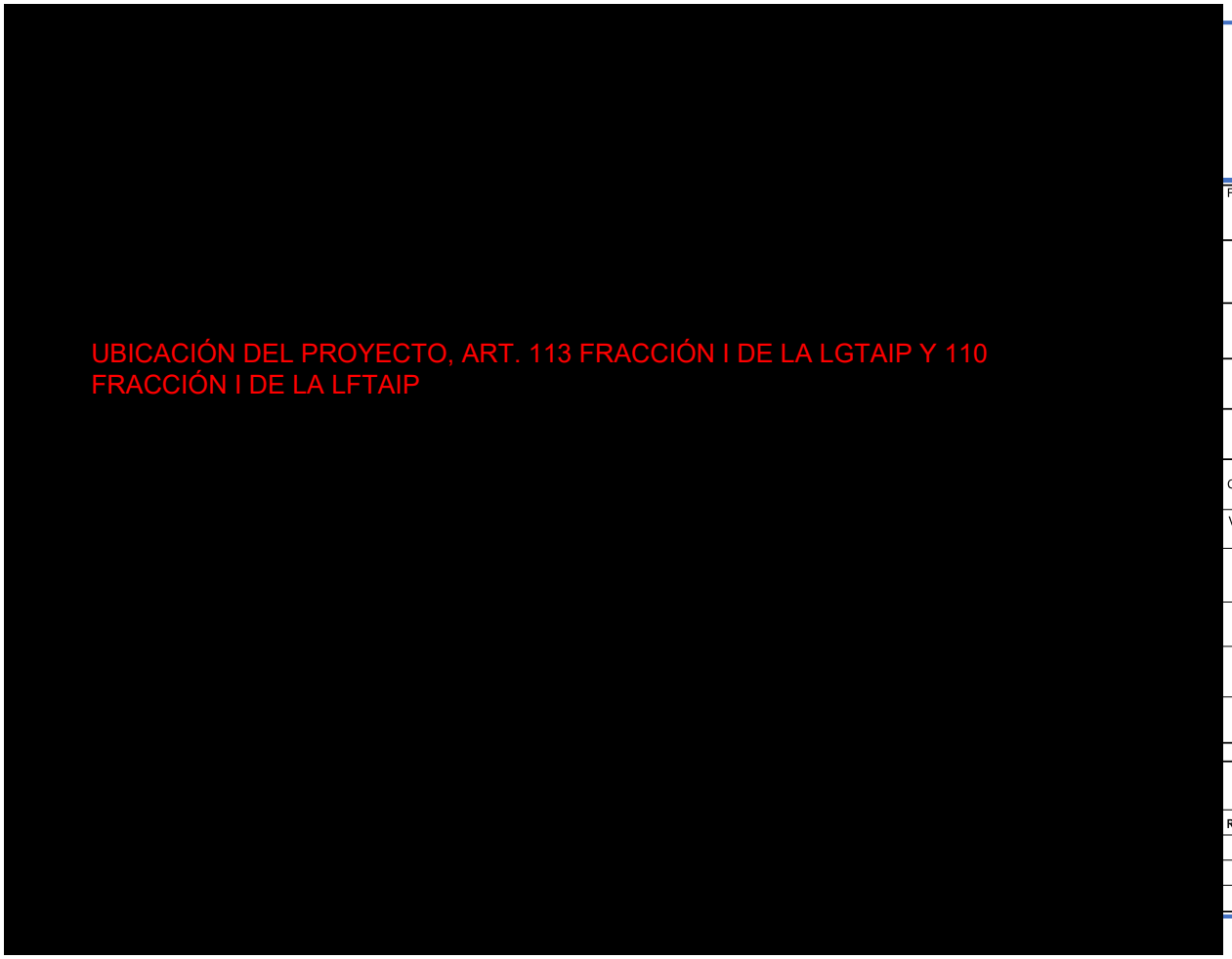
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	165.23
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**89.27**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**39.89**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO:1	EVENTO: **ESC_4**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_4:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 4_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 83. Radios de afectación ESC_4_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

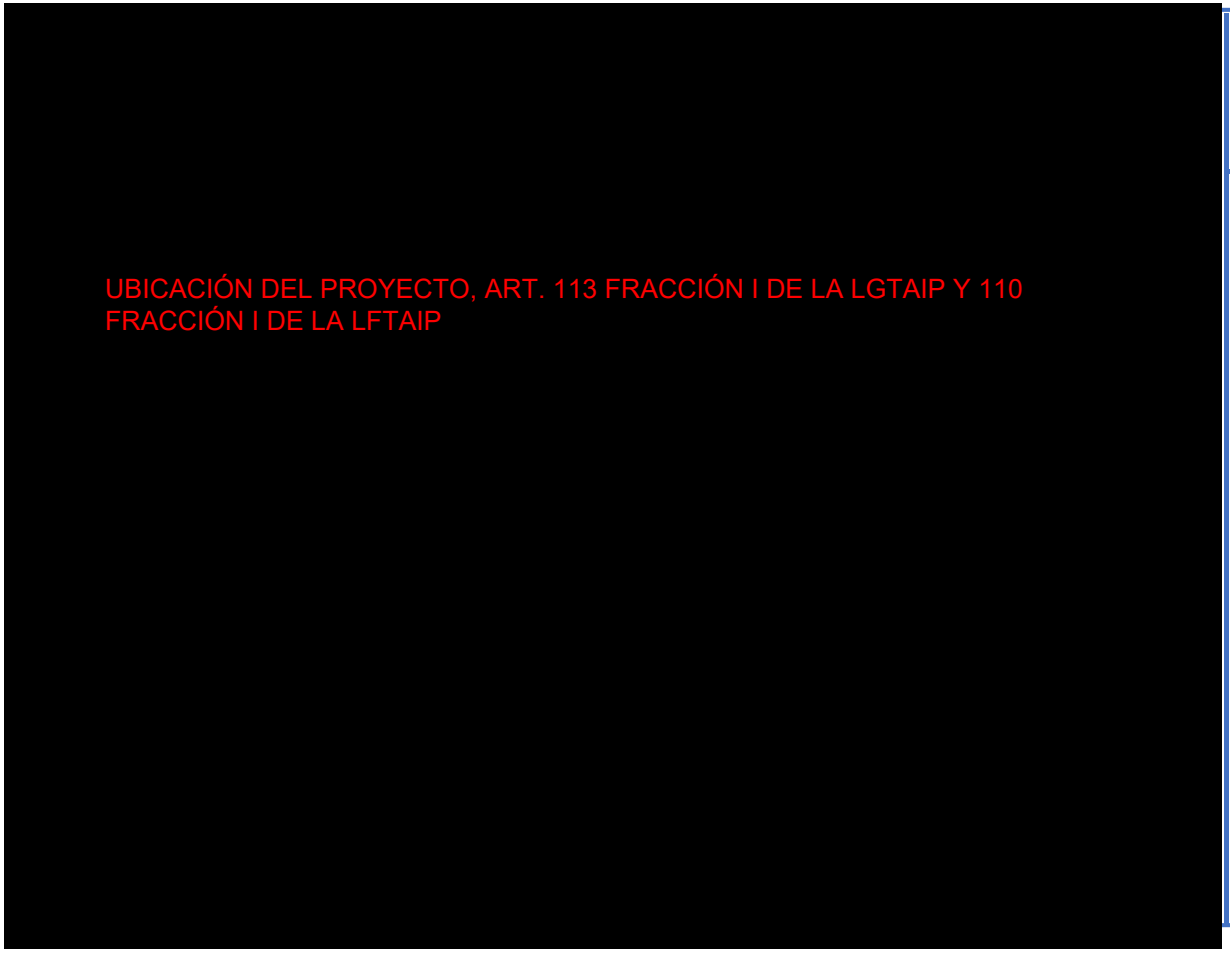
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**306.40**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**180.25**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**38.69**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO:1	EVENTO: **ESC_4**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_4** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 4_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 84. Radios de afectación ESC_5_GLR_JET FIRE

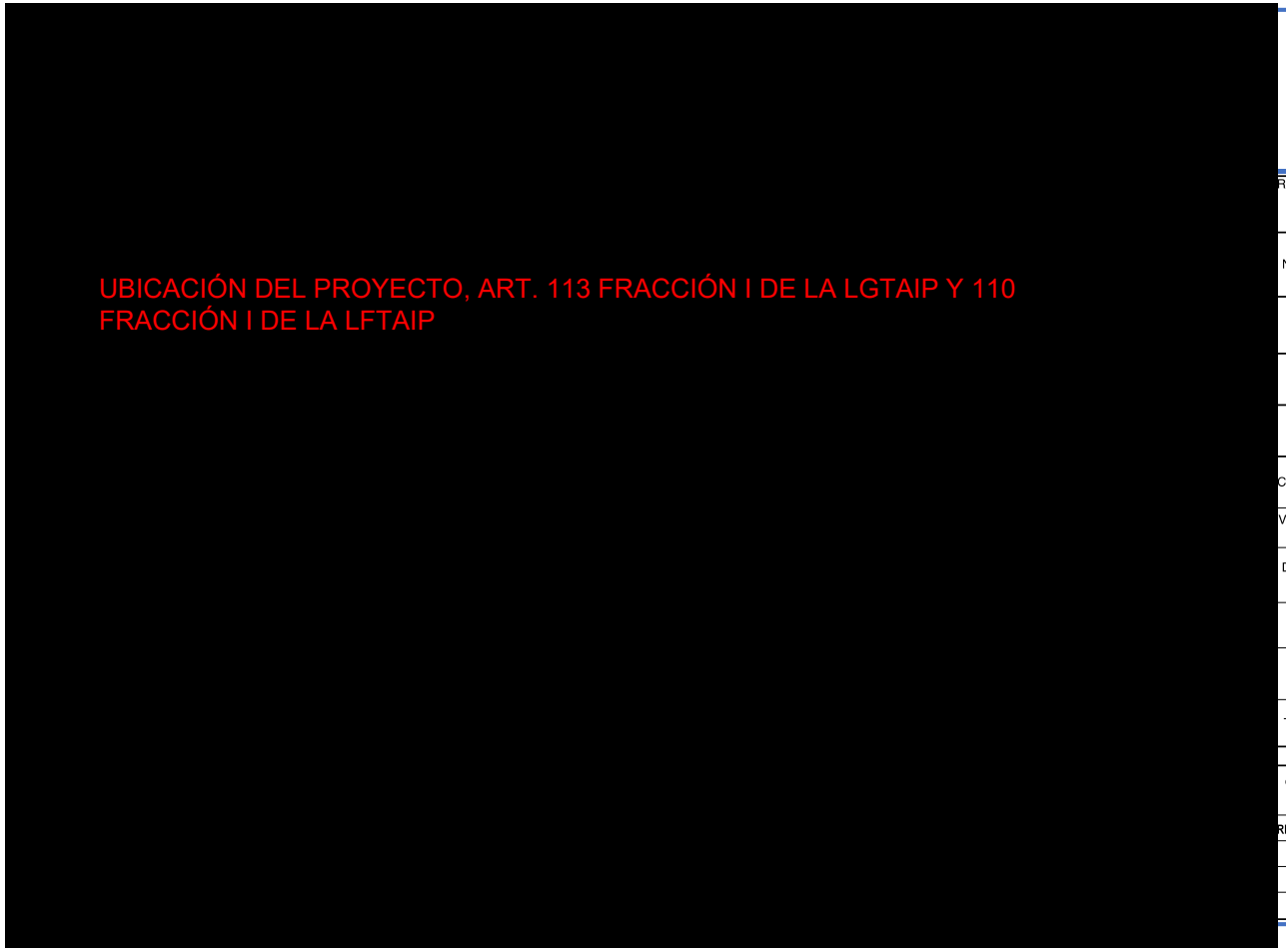


SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	770.54
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**415.80**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**184.51**
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO:1	EVENTO: **ESC_5**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_5:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		**ESC 5_GAS CHORRO DE FUEGO**	
REV:	**FECHA**	**NOMBRE**	**FIRMA**
1	**Junio 2023**	**Elaboró:** **B+F AMBIENTAL**	
1	**Junio 2023**	**Revisó:** **B+F AMBIENTAL**	
1	**Junio 2023**	**Aprobó:** **VPM**	

Figura. 85. Radios de afectación ESC_5_GLR_EXPLOSION

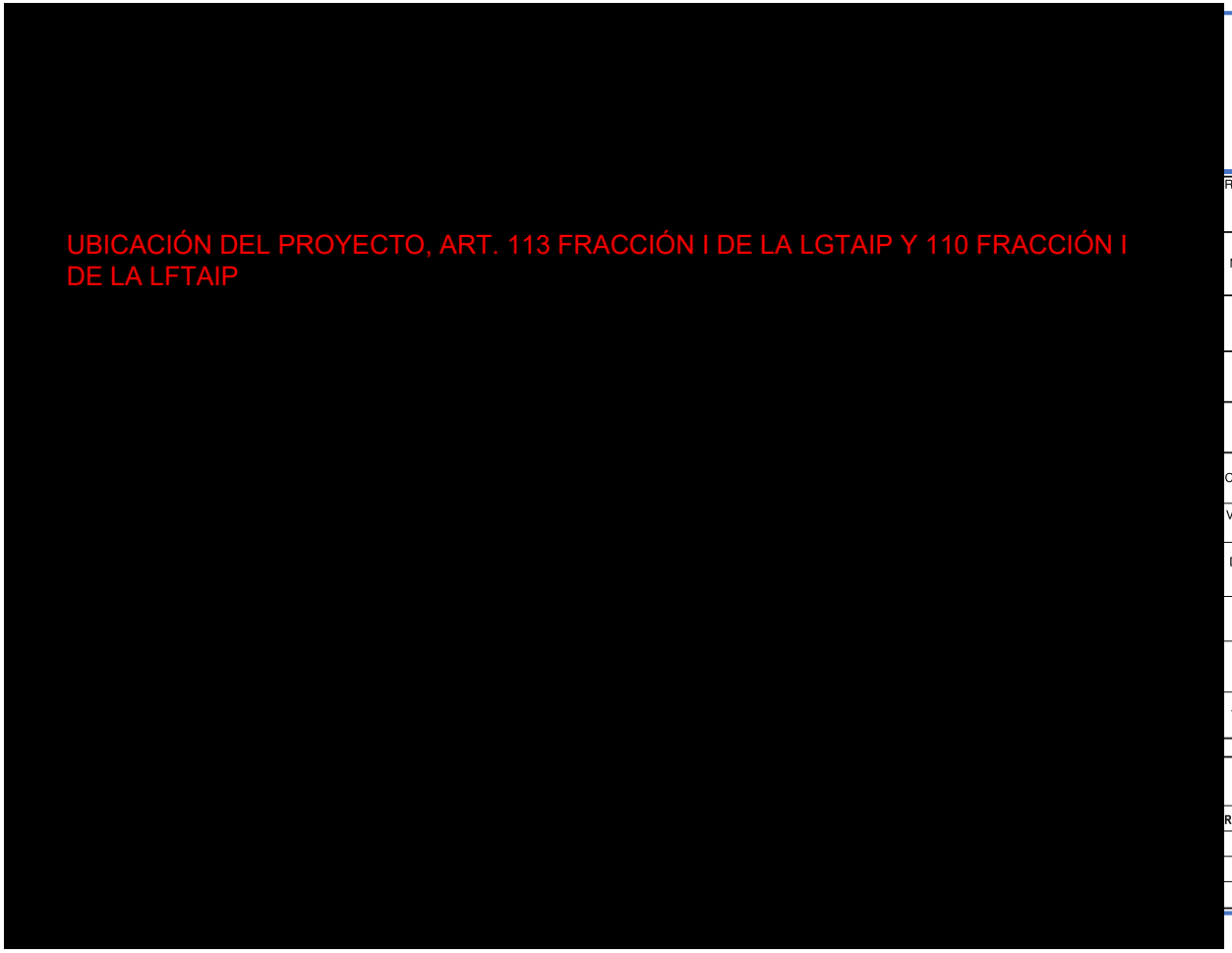


SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**306.40**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**180.25**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**38.69**
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO:1	EVENTO: **ESC_5**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_5:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 5_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 86. Radios de afectación ESC_6_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

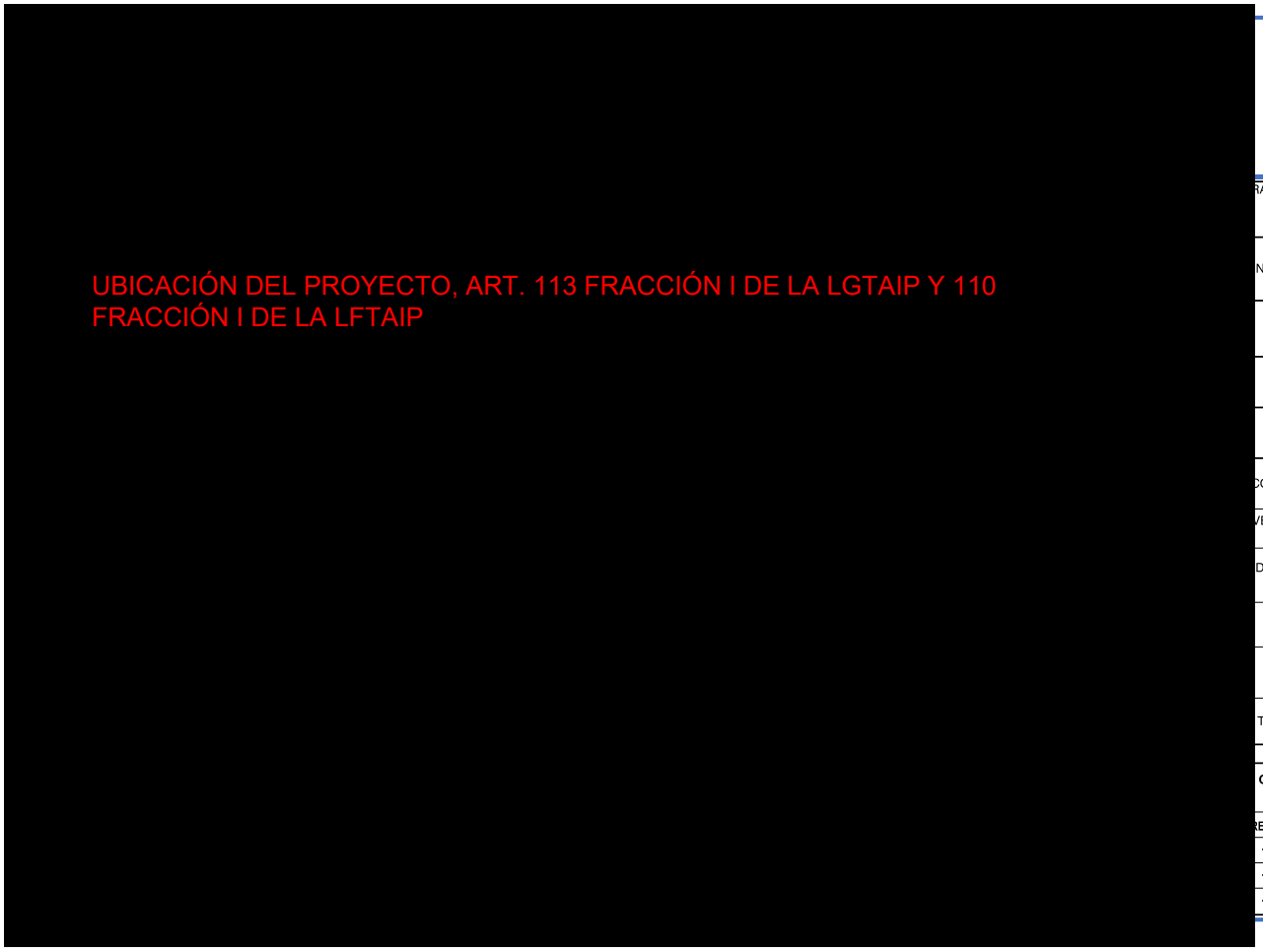
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	165.23
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**89.27**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**39.89**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_6**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_6:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 6_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 87. Radios de afectación ESC_6_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**490.01**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**288.27**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**61.88**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_6**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_6:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 6_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 88. Radios de afectación ESC_7_GLR_JET FIRE

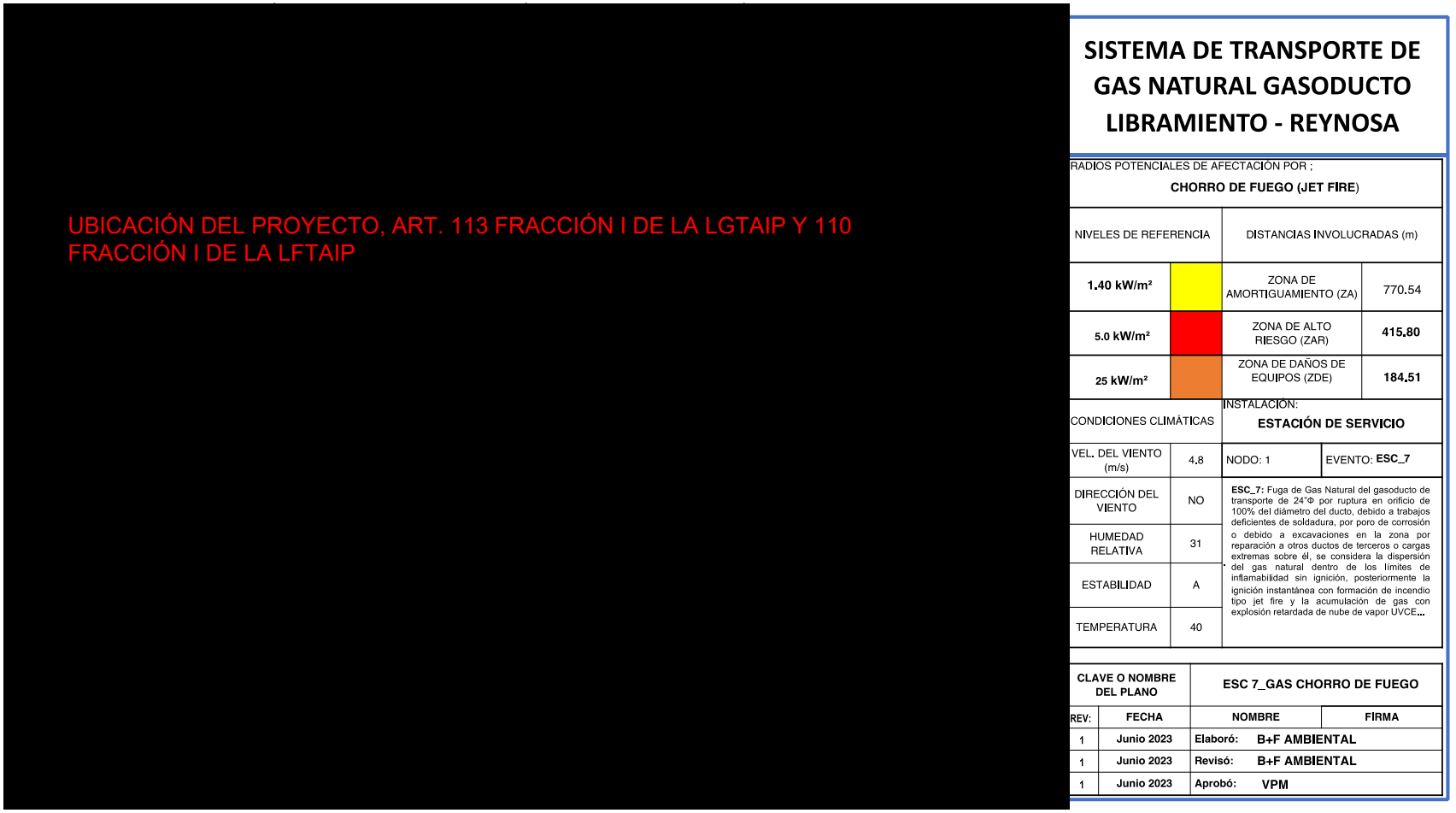
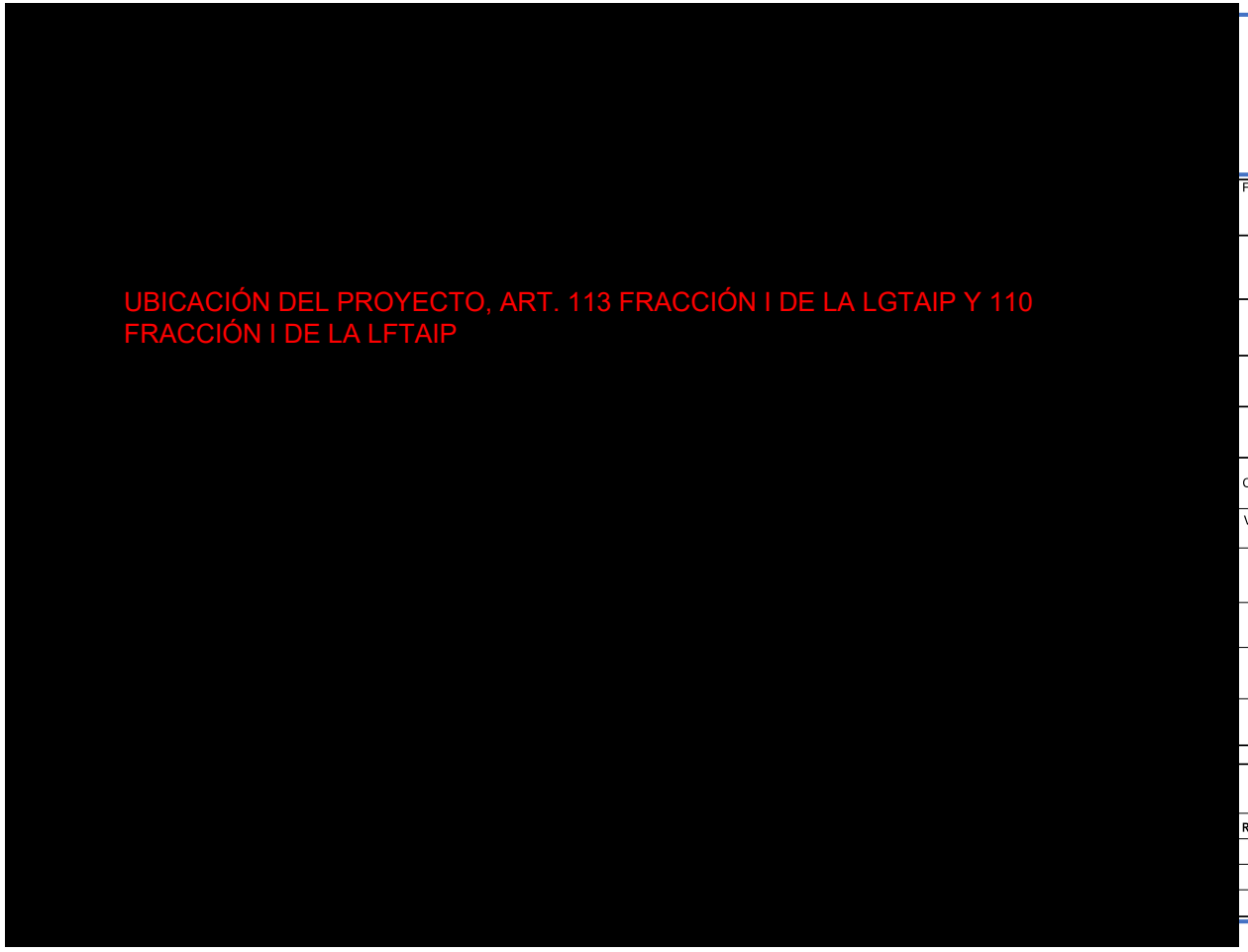


Figura. 89. Radios de afectación ESC_7_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;

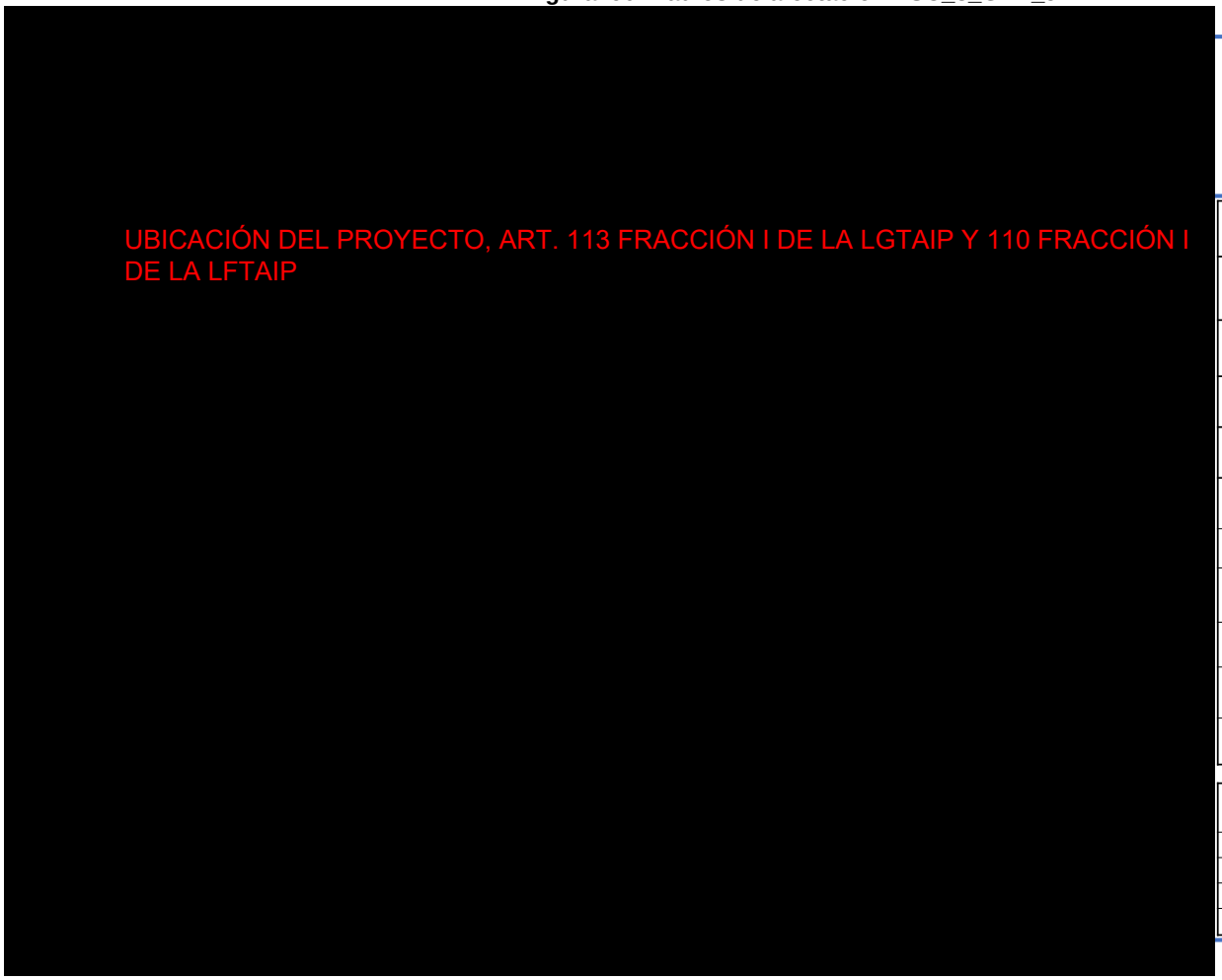
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**1432.79**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**842.90**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**180.93**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_7**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_7:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 7_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 90. Radios de afectación ESC_8_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	281.98
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**151.20**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**64.59**
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 2 **ESC8**	EVENTO:
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_8:** Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 12" Φ a la salida del patín de regulación hacia City Gate Parque Puente, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	32.12		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 8_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 91. Radios de afectación ESC_8_GLR_EXPLOSION

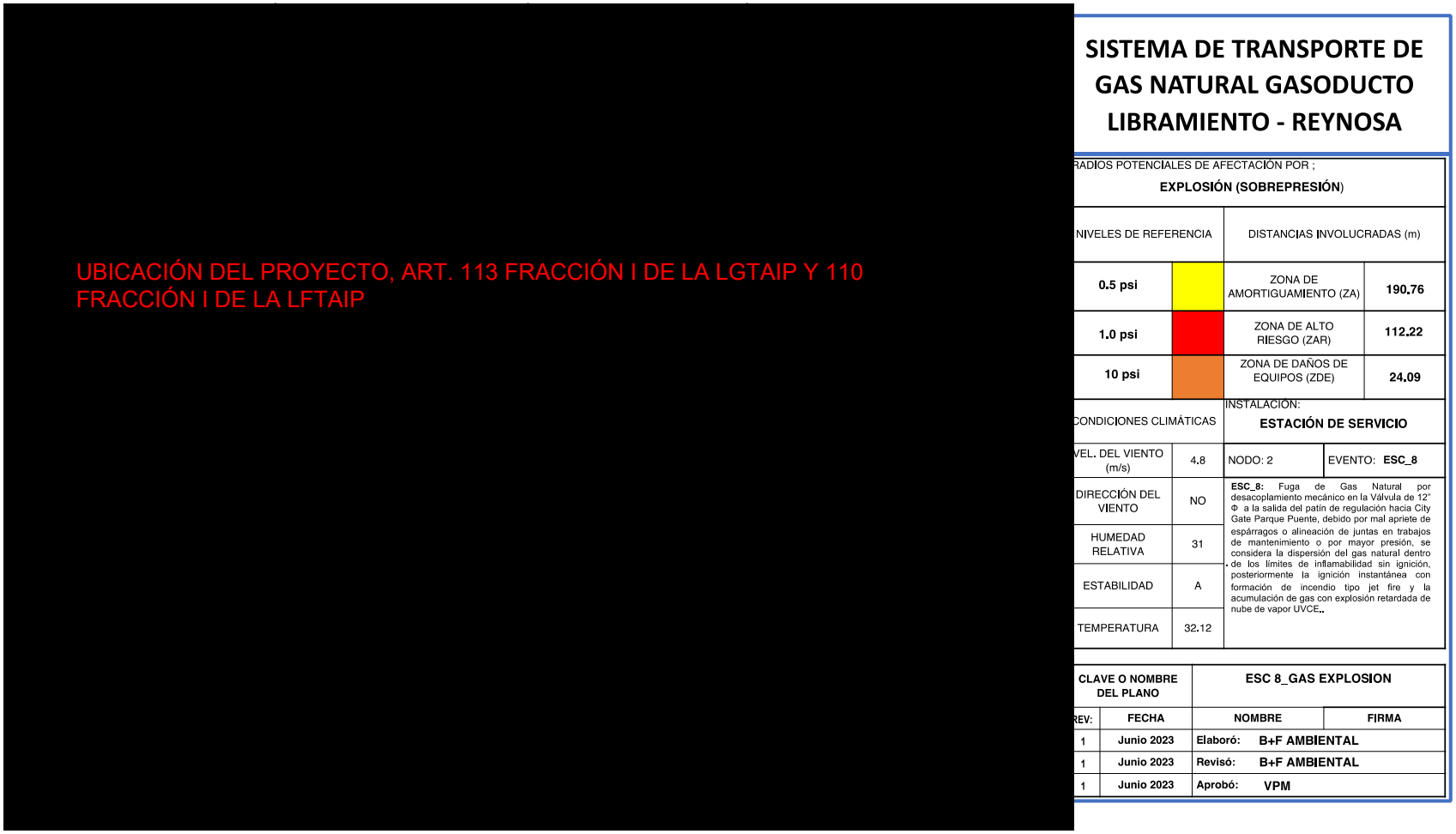


Figura. 92. Radios de afectación ESC_9_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	330.78
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**175.57**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**69.95**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 2	EVENTO: **ESC_9**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_9:** Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 18" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	32.12		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 9_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 93. Radios de afectación ESC_9_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;

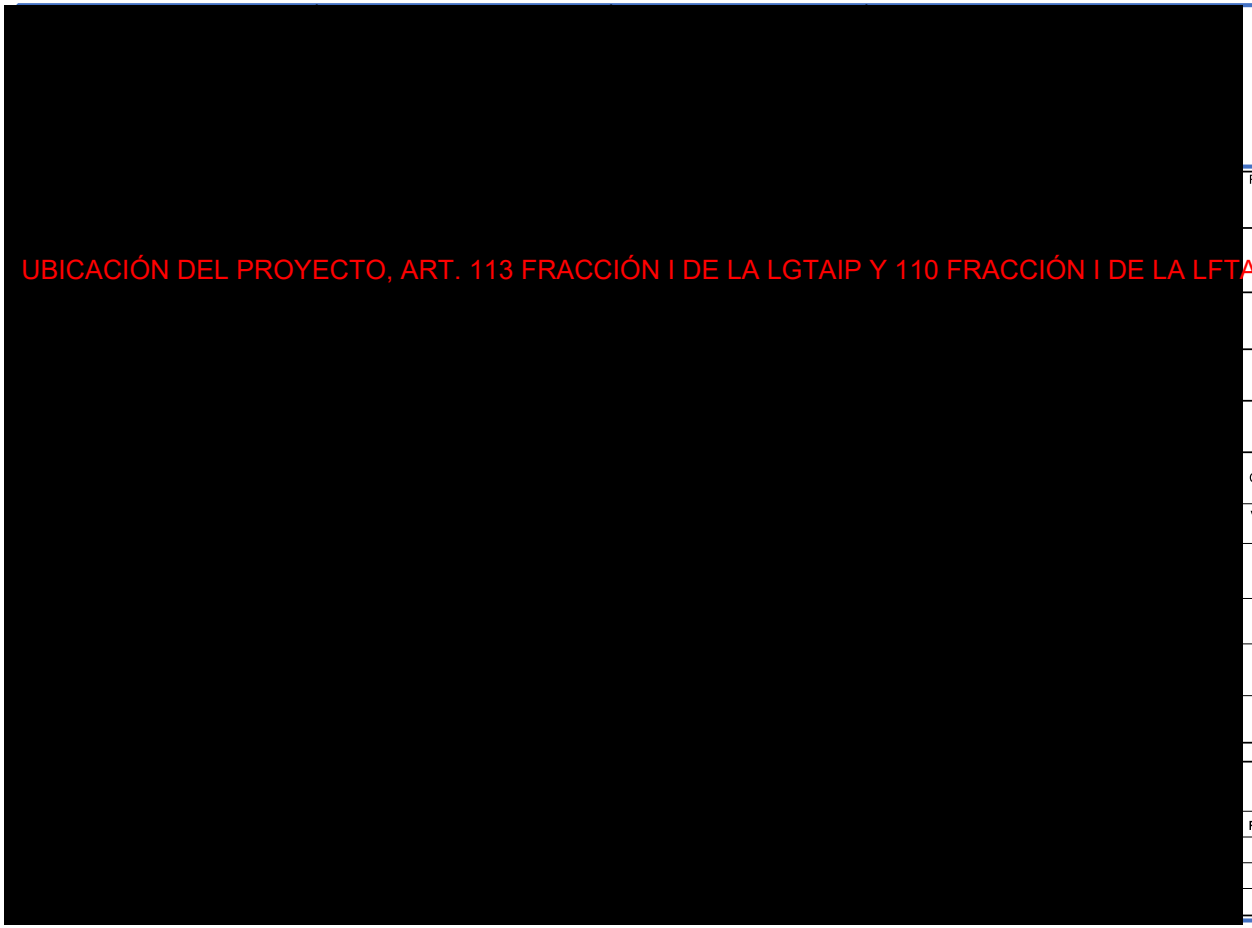
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	476.42
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	280.27
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	60.16

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: ESTACIÓN DE SERVICIO	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 2	EVENTO: ESC_9
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_9** Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 18" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	32.12		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 9_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 94. Radios de afectación ESC_10_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

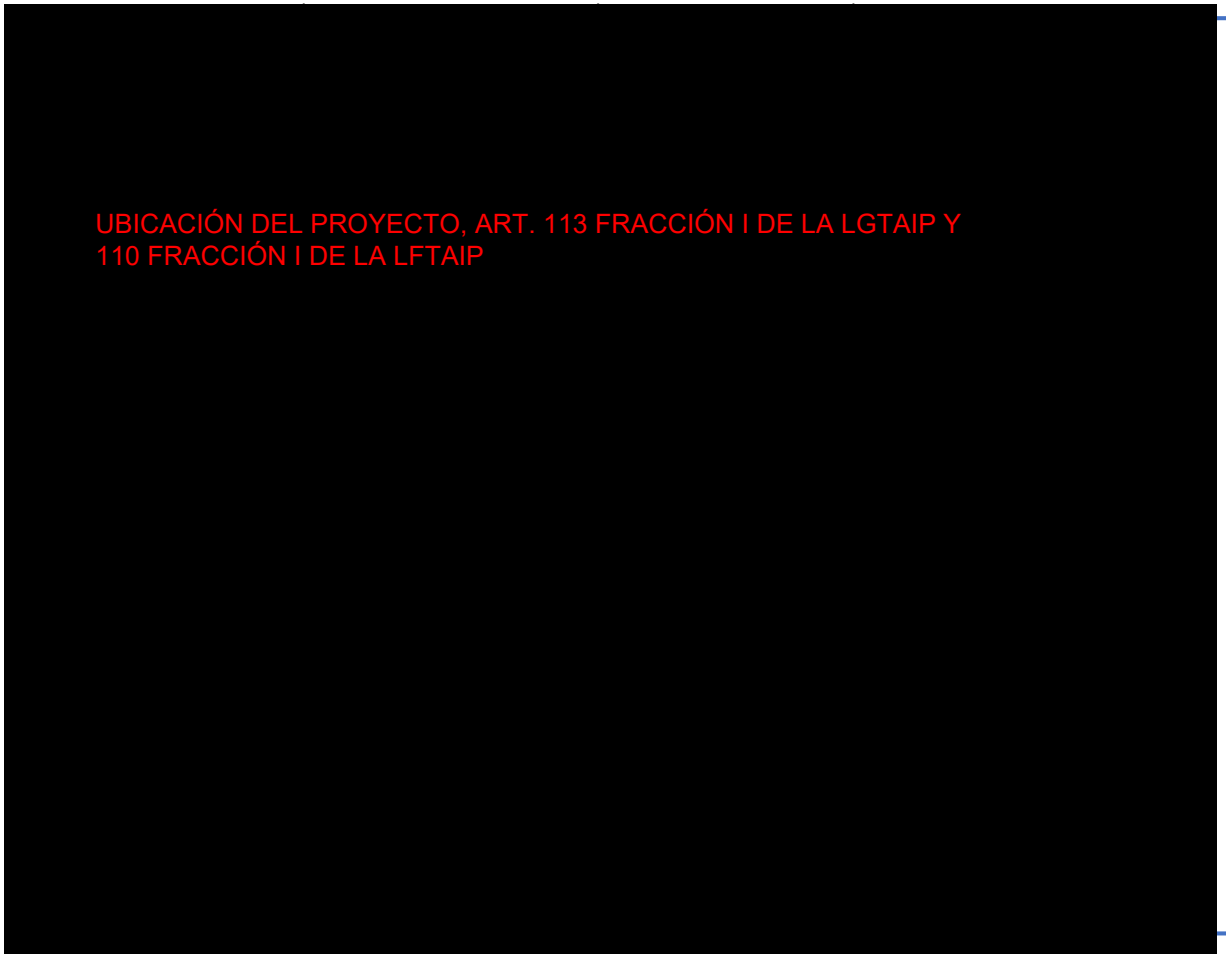
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	298.53
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**175.62**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**37.70**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO:**ESC_10**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_10:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 10_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 95. Radios de afectación ESC_10_GLR_EXPLOSION

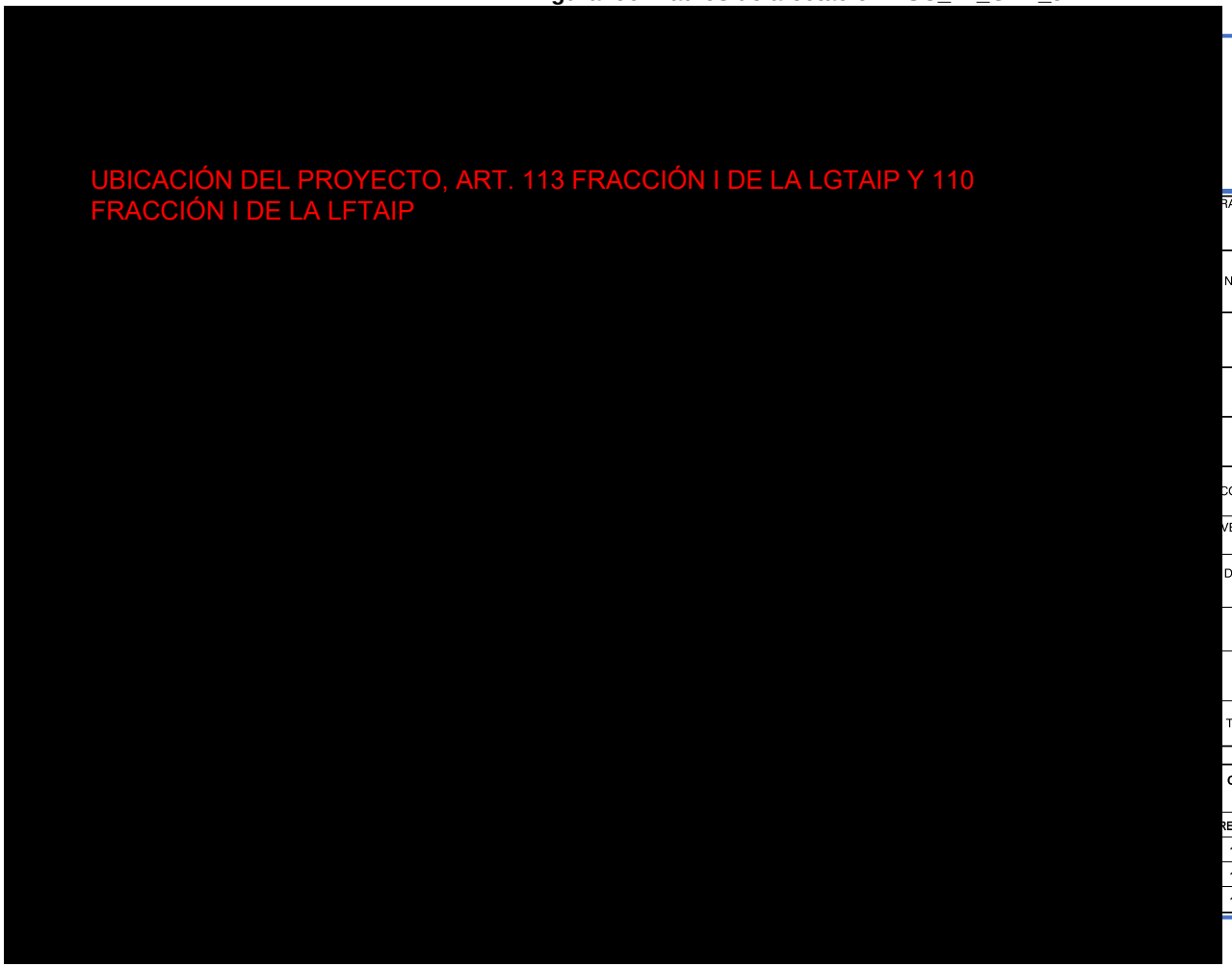


SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**164.22**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**88.72**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**39.63**
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_10**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_10** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 10_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 96. Radios de afectación ESC_11_GLR_JET FIRE

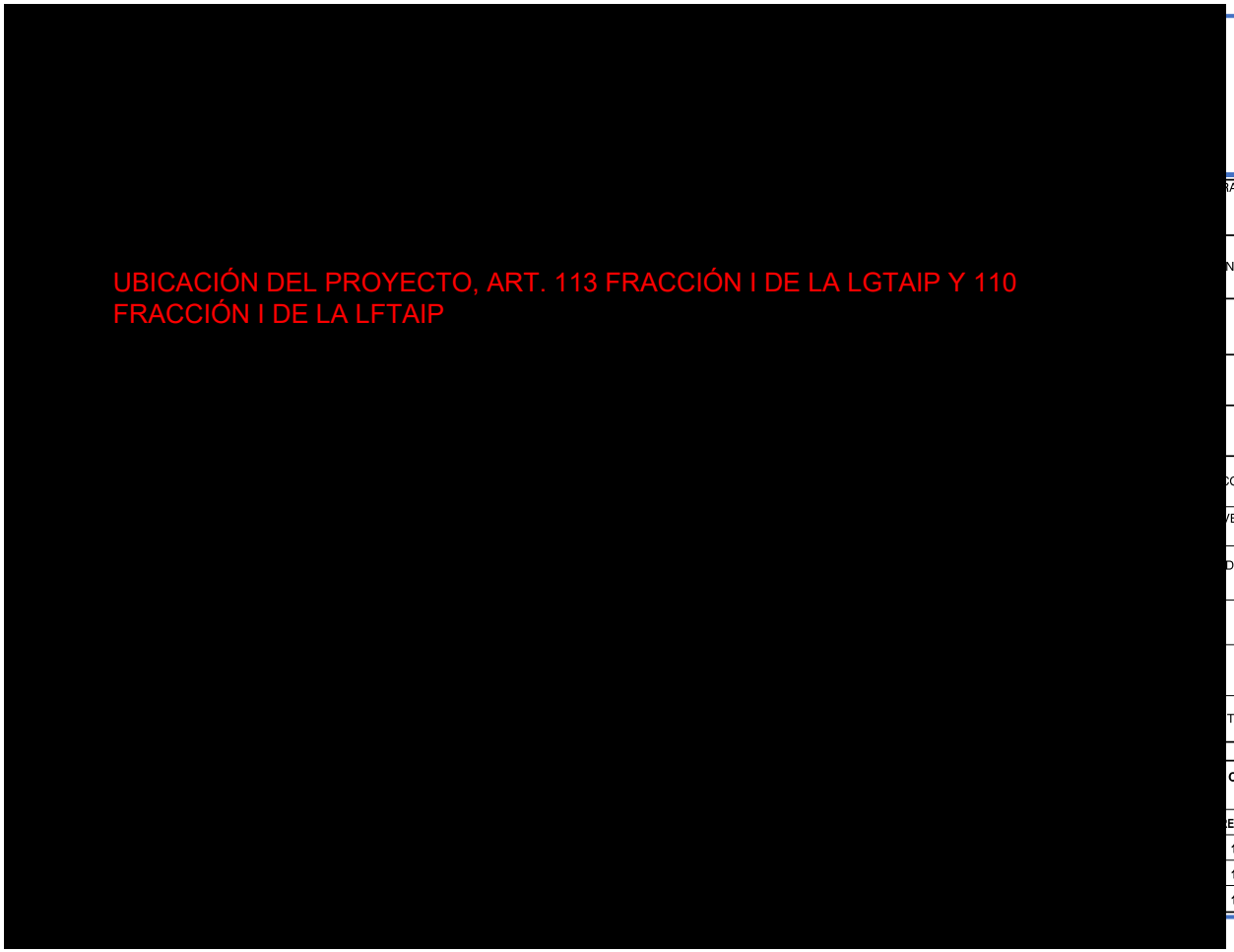


SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	298.53
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**175.62**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**37.70**
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO:	EVENTO:**ESC_11**
DIRECCIÓN DEL VIENTO		**ESC_11:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 11_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 97. Radios de afectación ESC_11_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

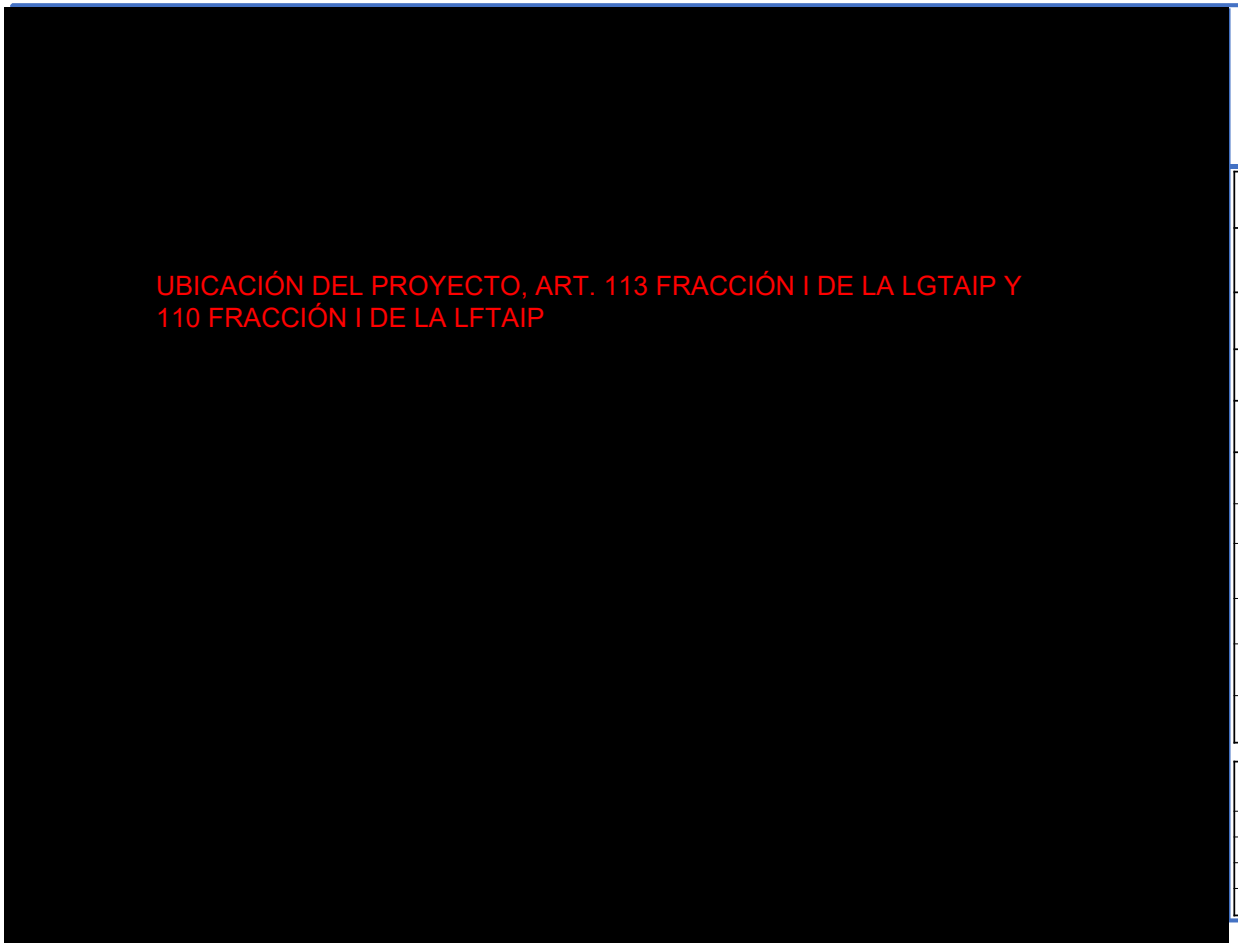
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**872.91**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**513.52**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**110.23**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO:	EVENTO: **ESC_11**
DIRECCIÓN DEL VIENTO		**ESC_11** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 11_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 98. Radios de afectación ESC_12_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

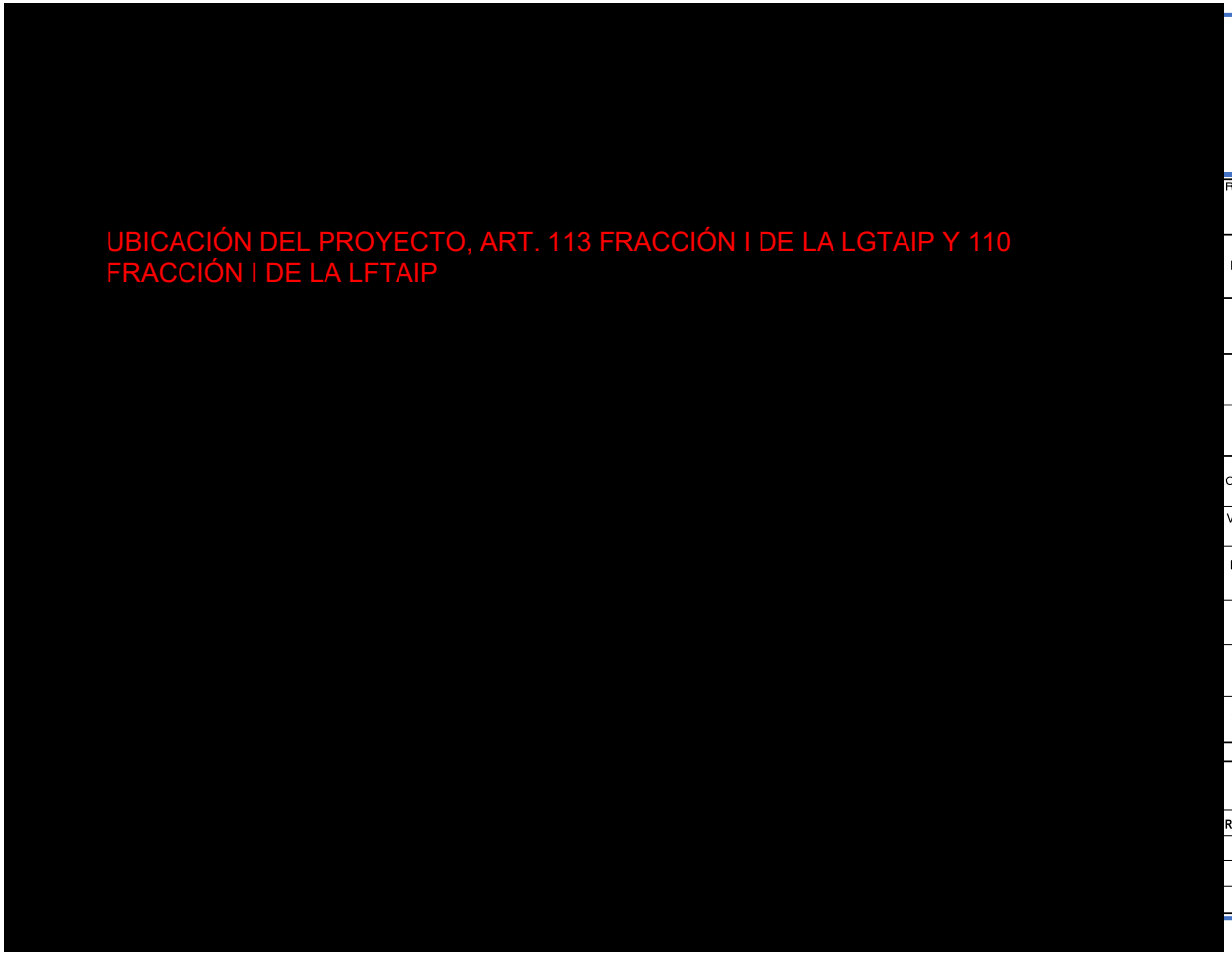
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	161.43
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**87.20**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**38.90**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO:**ESC_12**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_12:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 12_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 99. Radios de afectación ESC_12_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

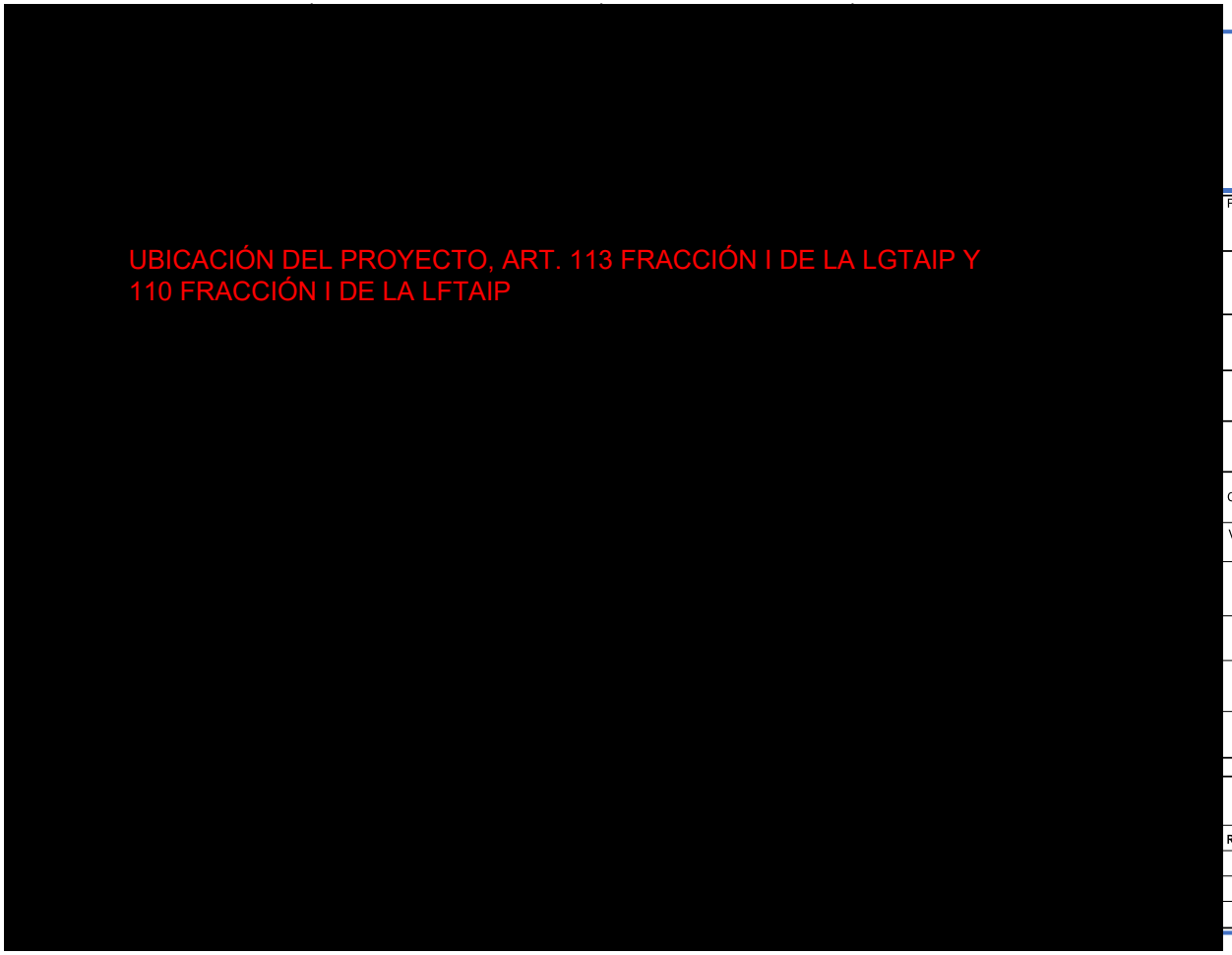
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**617.78**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**363.43**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**78.01**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_12**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_12** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 12_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 100. Radios de afectación ESC_13_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

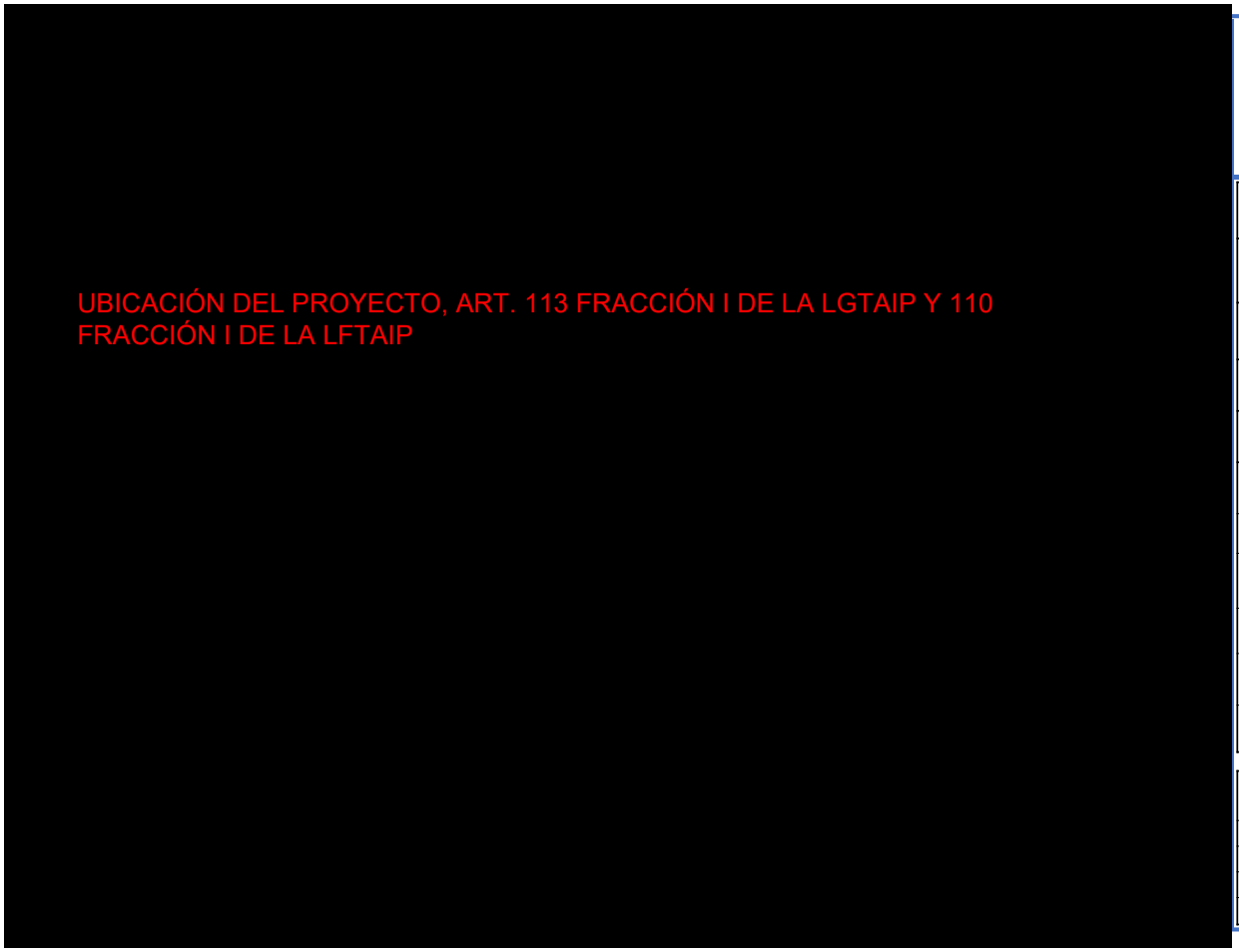
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	161.43
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**87.20**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**38.90**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO:**ESC_13**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_13:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 13_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 101. Radios de afectación ESC_13_GLR_EXPLOSION

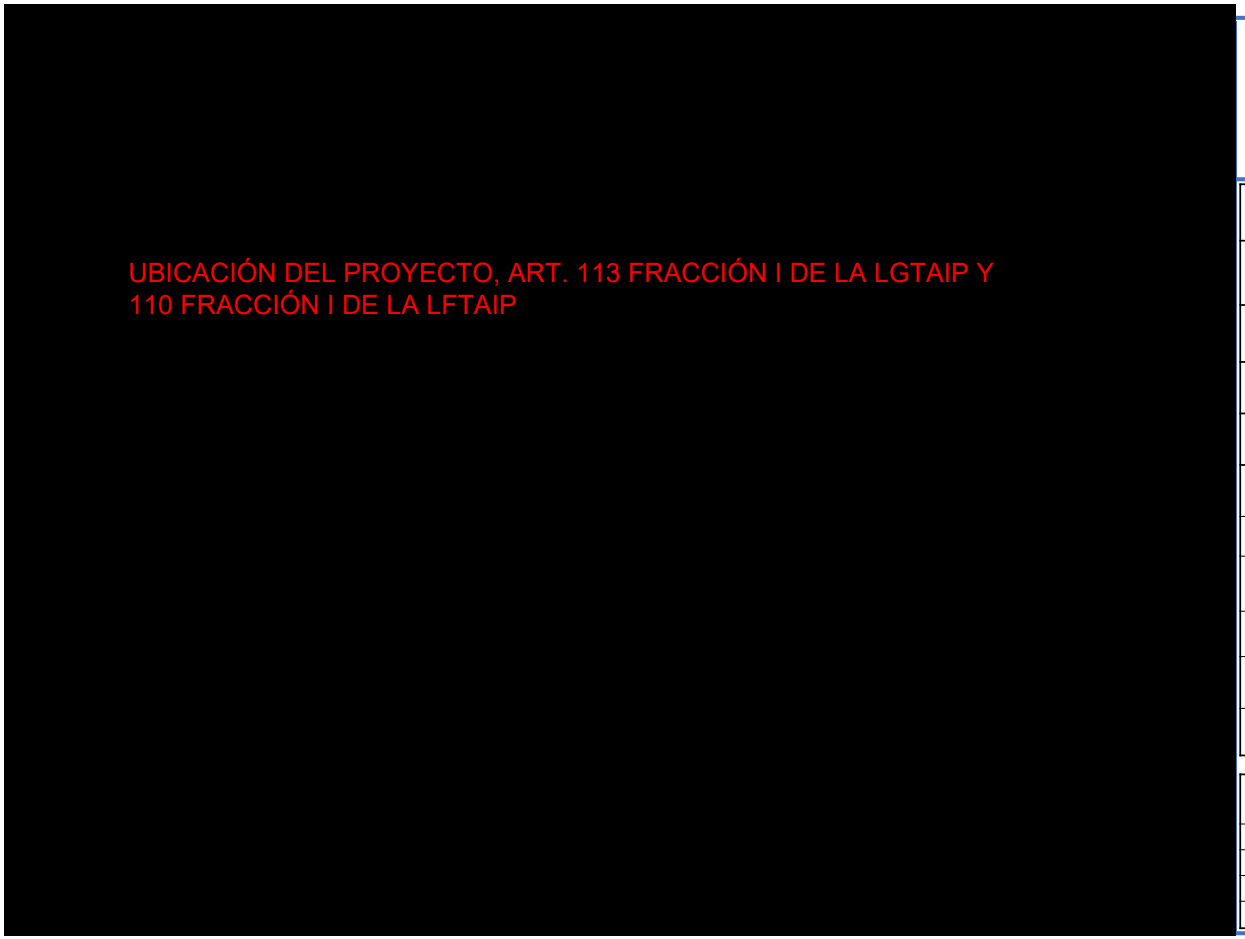


SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**1806.40**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**1062.69**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**228.11**
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_13**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_13:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 13_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 102. Radios de afectación ESC_14_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

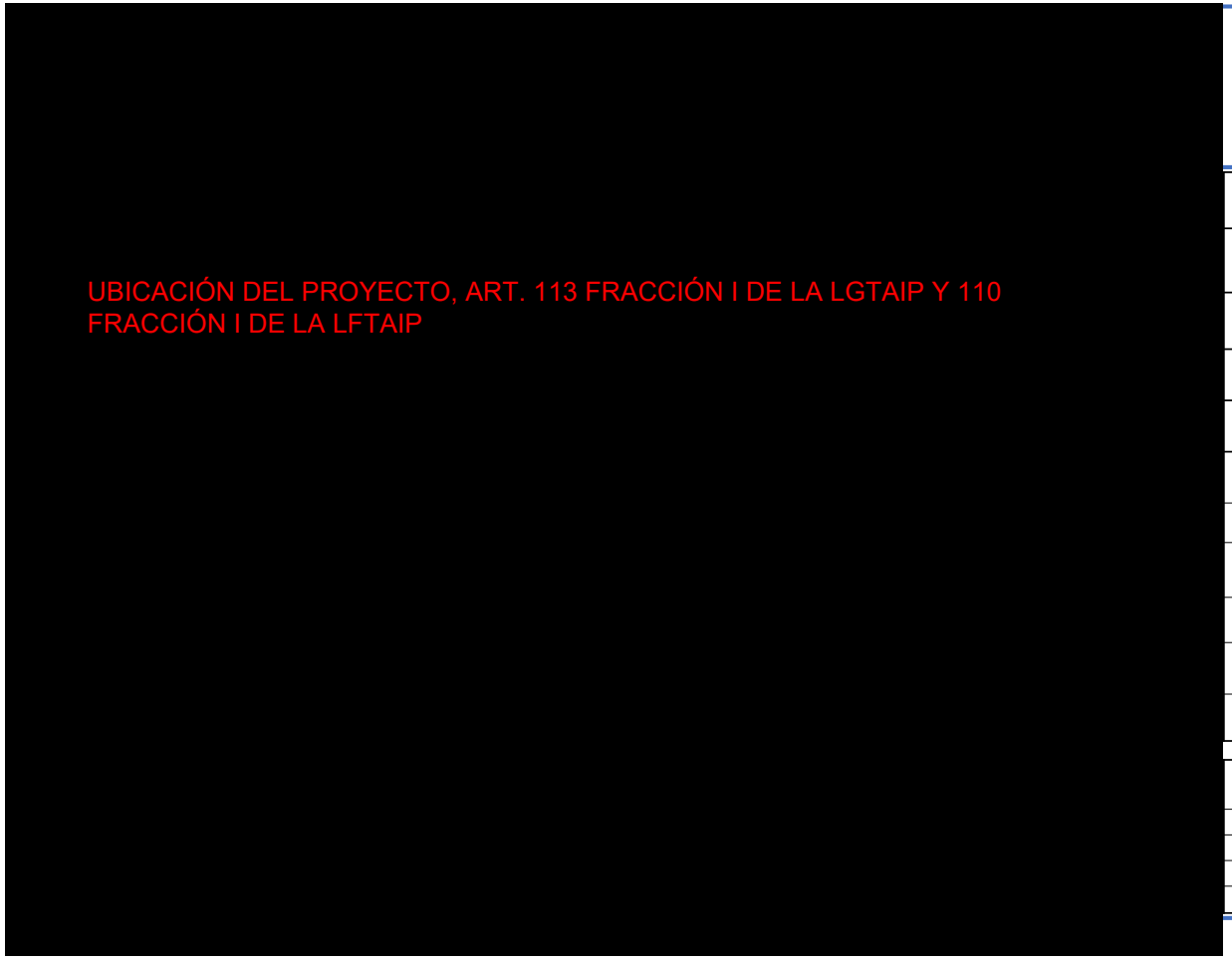
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	289.53
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**175.62**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**38.90**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO:**ESC_14**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_14:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 14_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 103. Radios de afectación ESC_14_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

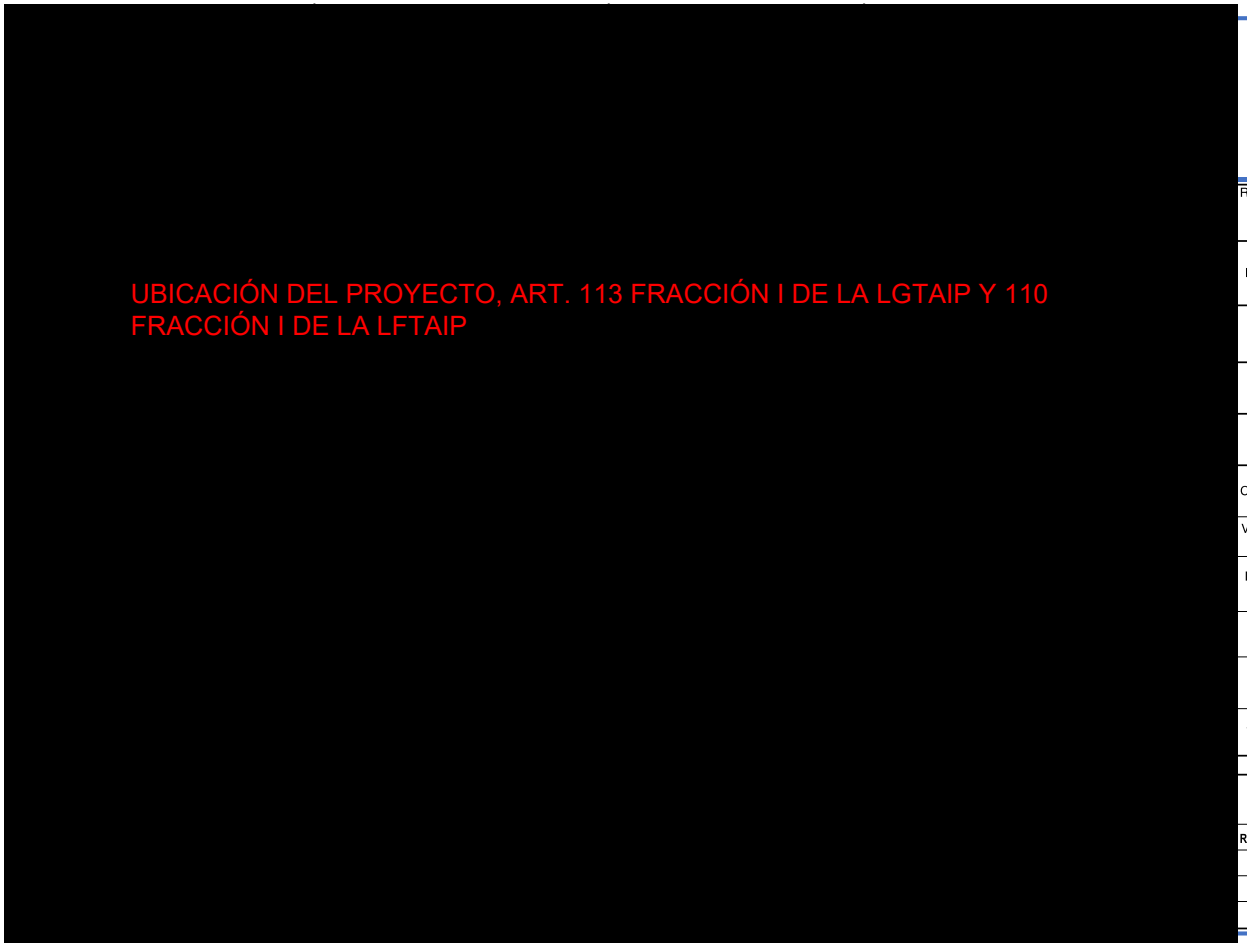
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**298.53**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**175.62**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**37.70**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_14**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_14:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 14_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 104. Radios de afectación ESC_15_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

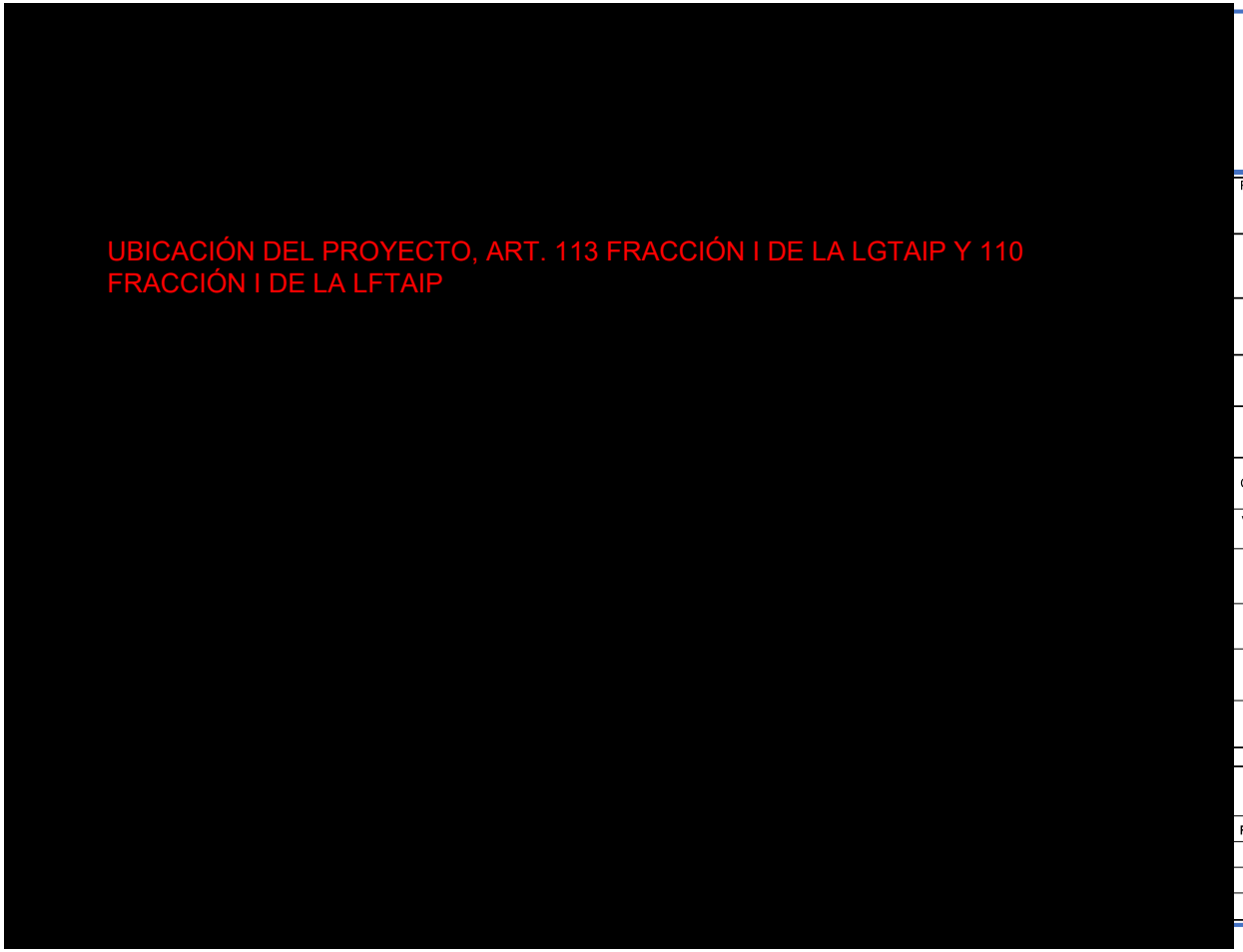
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	752.90
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**406.14**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**179.83**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO:**ESC_15**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_15:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 15_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 105. Radios de afectación ESC_15_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

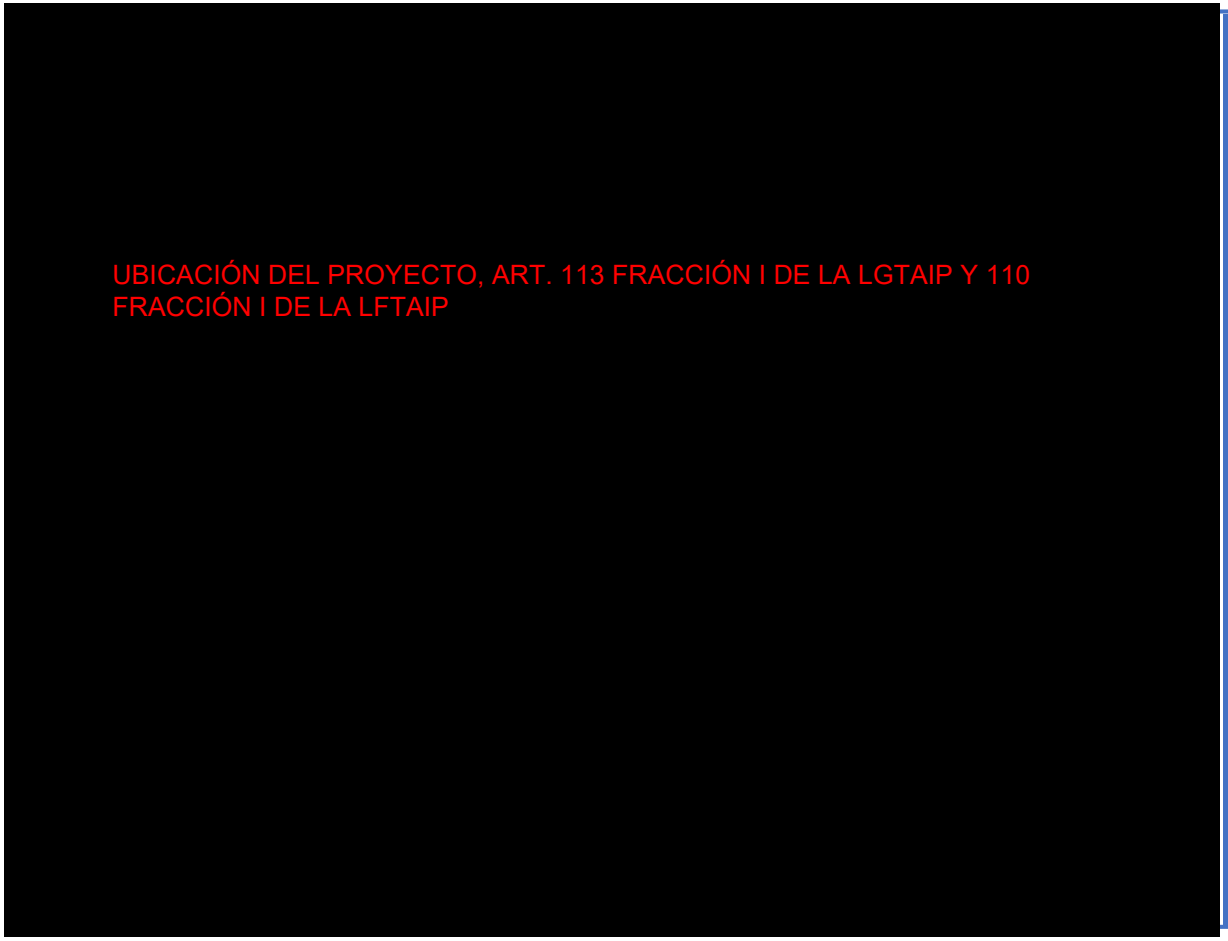
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**872.91**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**513.52**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**110.23**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_15**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_15:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 15_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 106. Radios de afectación ESC_16_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

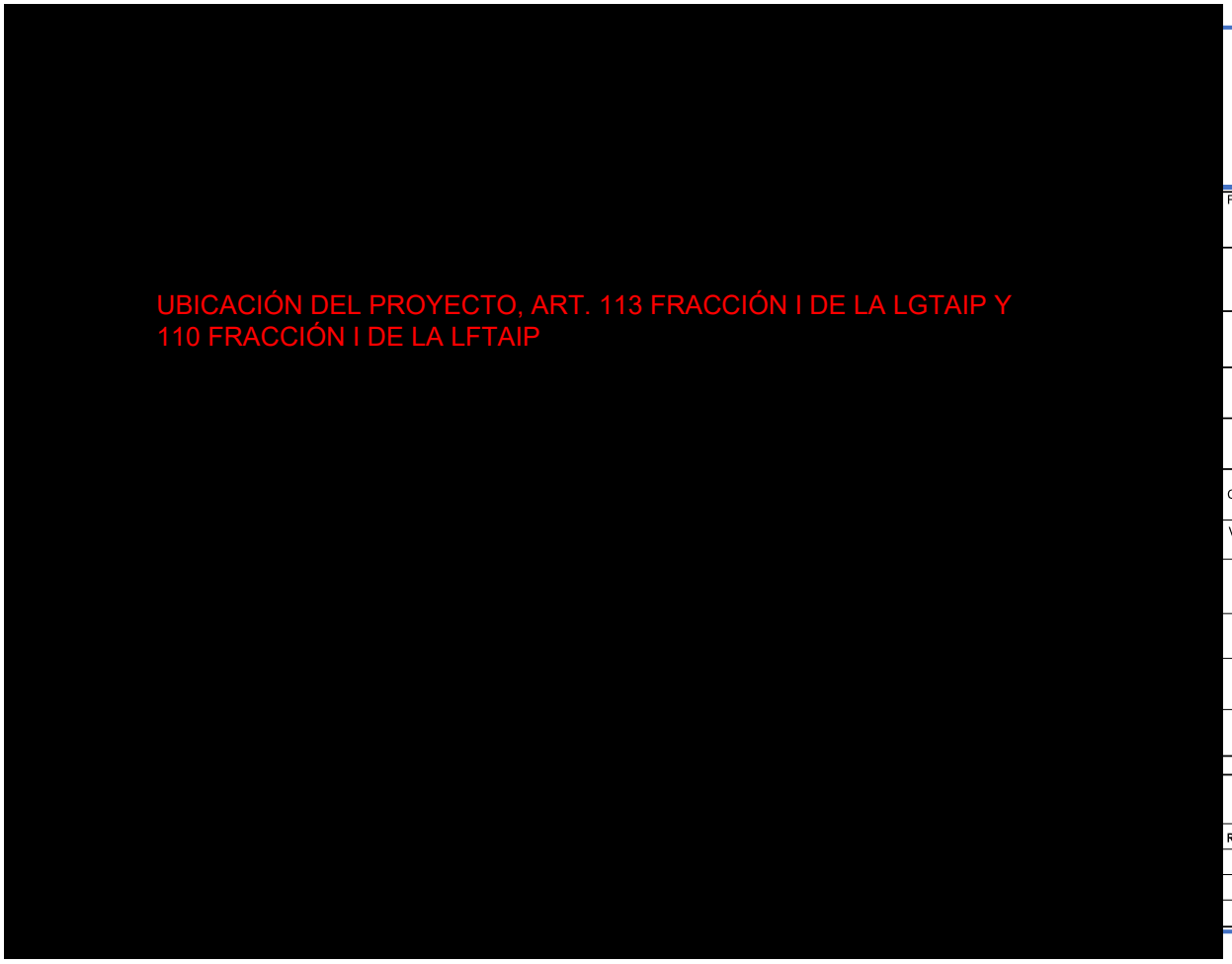
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	161.45
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**87.20**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**38.90**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO:**ESC_16**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_16:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 16_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 107. Radios de afectación ESC_16_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;

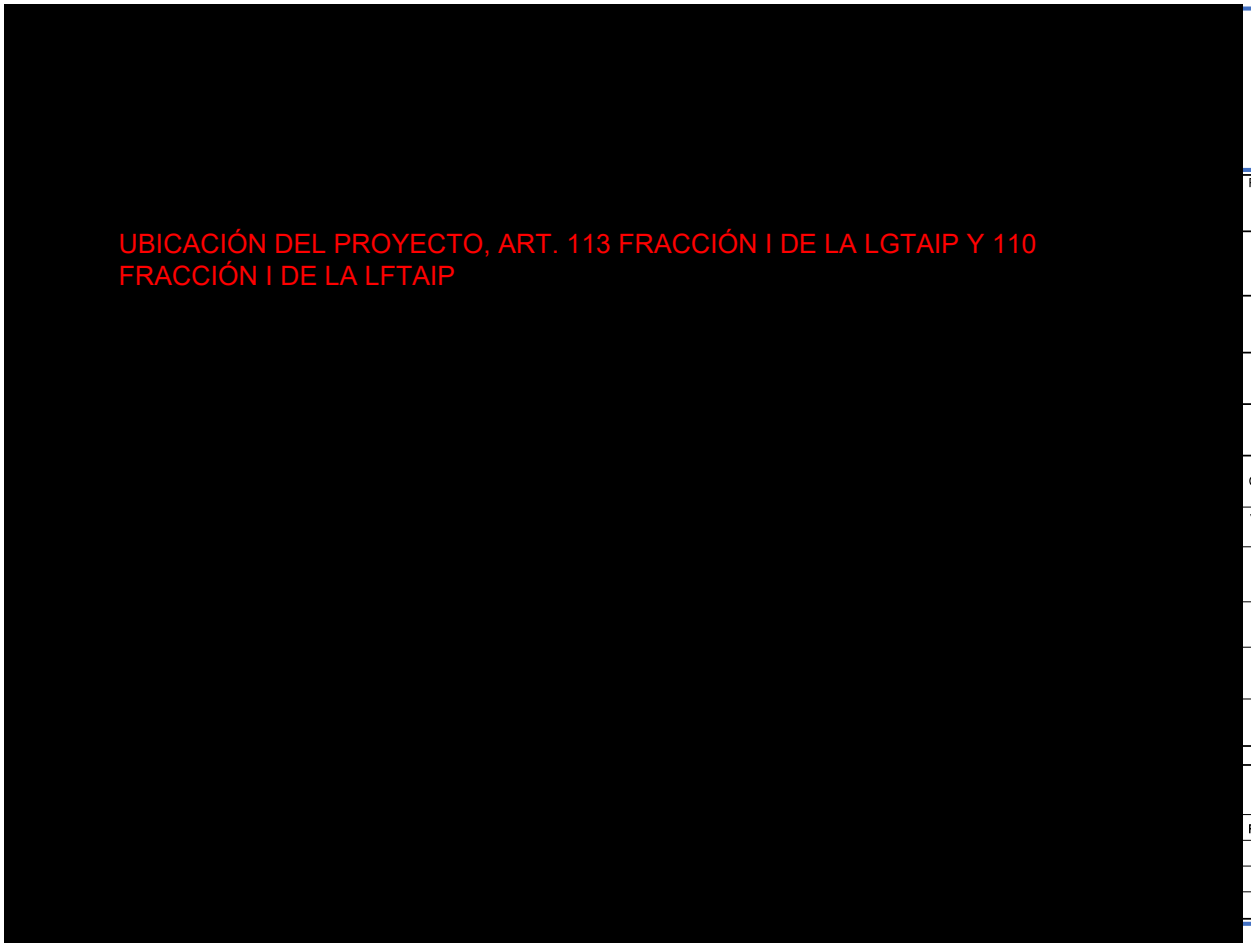
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**791.52**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**465.65**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**99.95**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: **ESC_16**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_16:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE..	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		**ESC 16_GAS EXPLOSION**	
REV:	**FECHA**	**NOMBRE**	**FIRMA**
1	**Junio 2023**	**Elaboró:** **B+F AMBIENTAL**	
1	**Junio 2023**	**Revisó:** **B+F AMBIENTAL**	
1	**Junio 2023**	**Aprobó:** **VPM**	

Figura. 108. Radios de afectación ESC_17_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

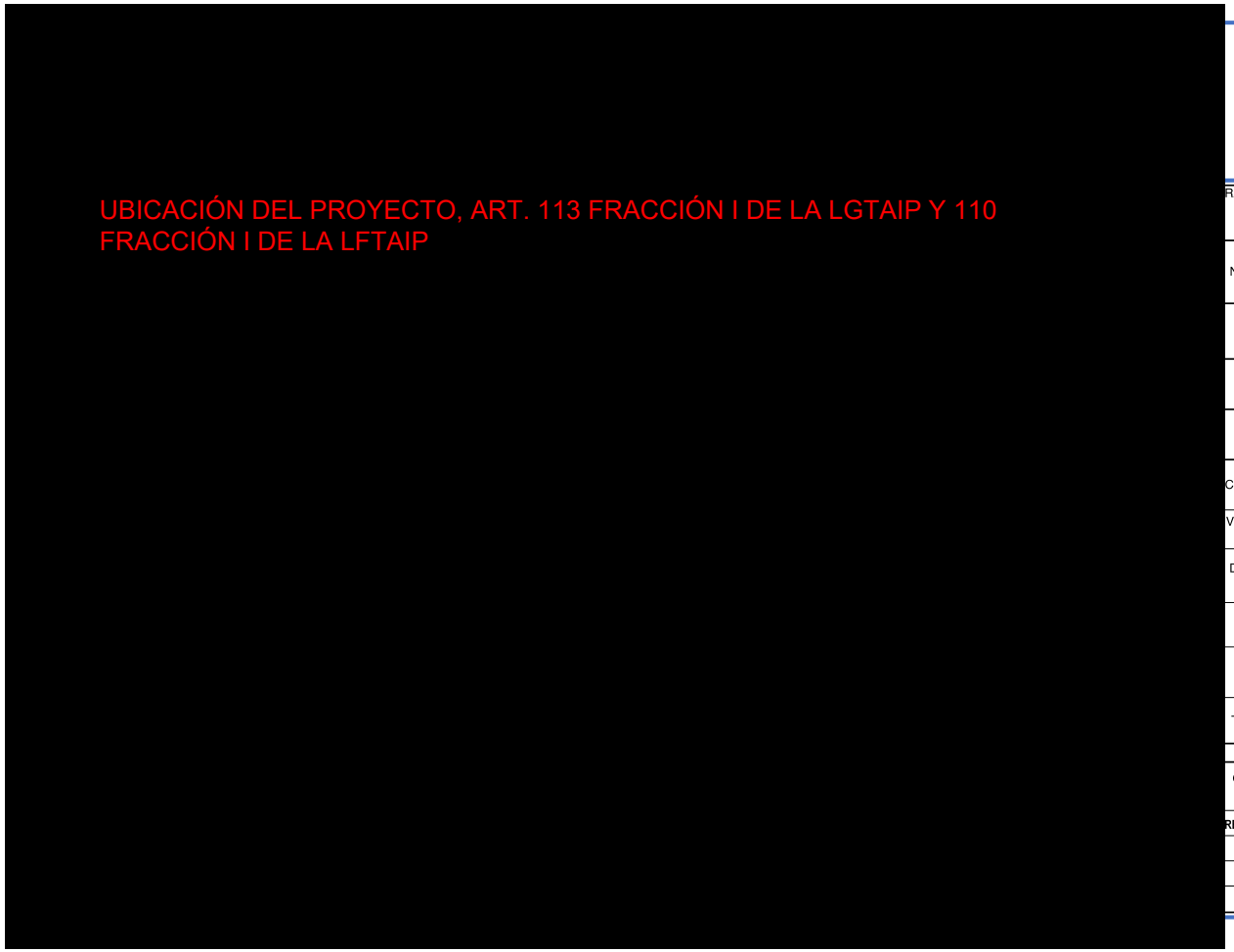
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	752.90
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	406.14
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	179.83

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: ESTACIÓN DE SERVICIO	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: ESC_17
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_17**: Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 17_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 109. Radios de afectación ESC_17_GLR_EXPLOSION

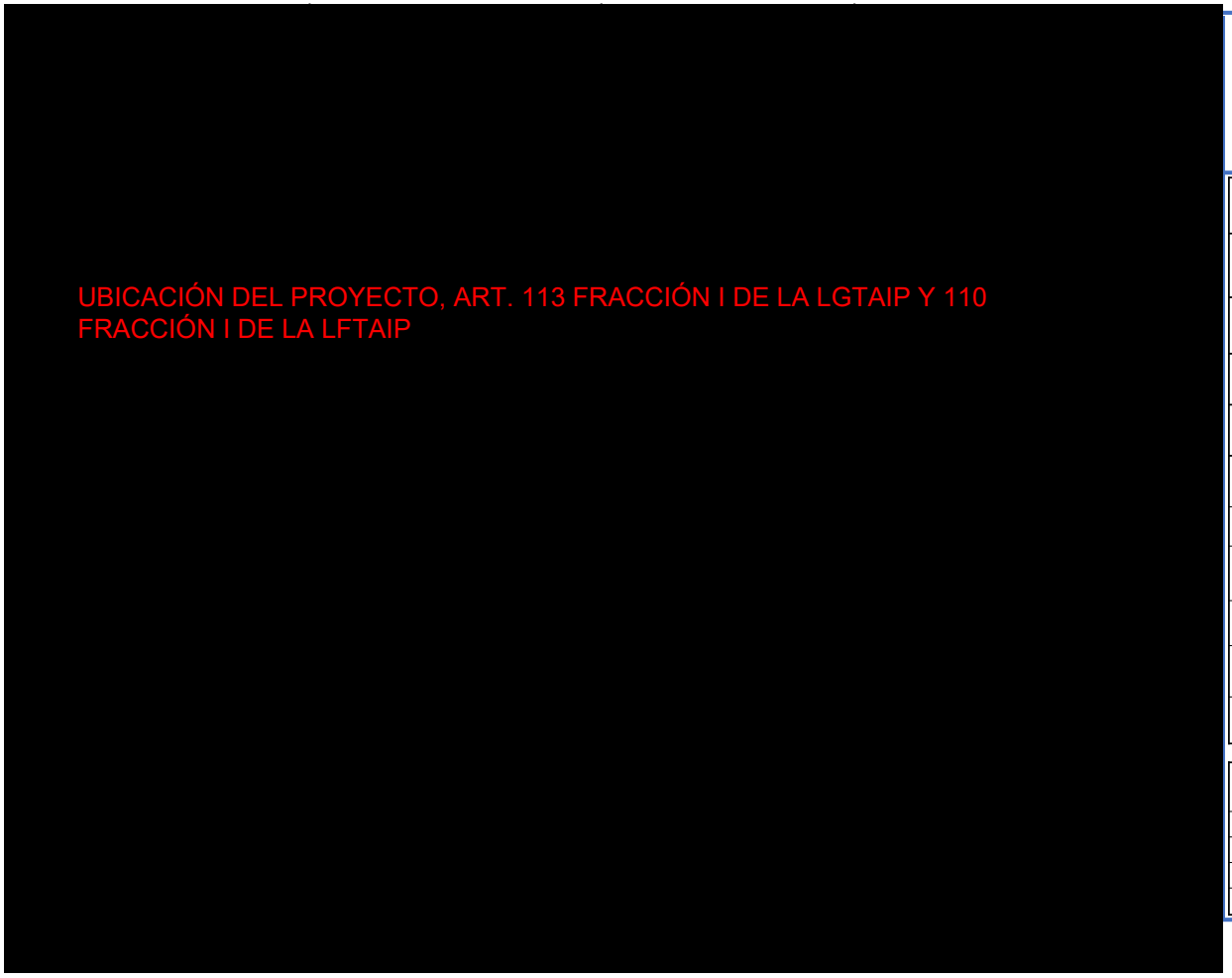


SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**2314.42**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**1361.56**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**292.27**
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	**4.8**	NODO: 1	EVENTO: **ESC_17**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_17**; Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	**31**		
ESTABILIDAD	**A**		
TEMPERATURA	**40**		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		**ESC 17_GAS EXPLOSION**	
REV:	**FECHA**	**NOMBRE**	**FIRMA**
1	**Junio 2023**	**Elaboró: B+F AMBIENTAL**	
1	**Junio 2023**	**Revisó: B+F AMBIENTAL**	
1	**Junio 2023**	**Aprobó: VPM**	

Figura. 110. Radios de afectación ESC_18_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	161.45
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	87.20
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	38.90

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: ESTACIÓN DE SERVICIO	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO:ESC_18
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_18:** Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24'Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 18_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 111. Radios de afectación ESC_18_GLR_EXPLOSION

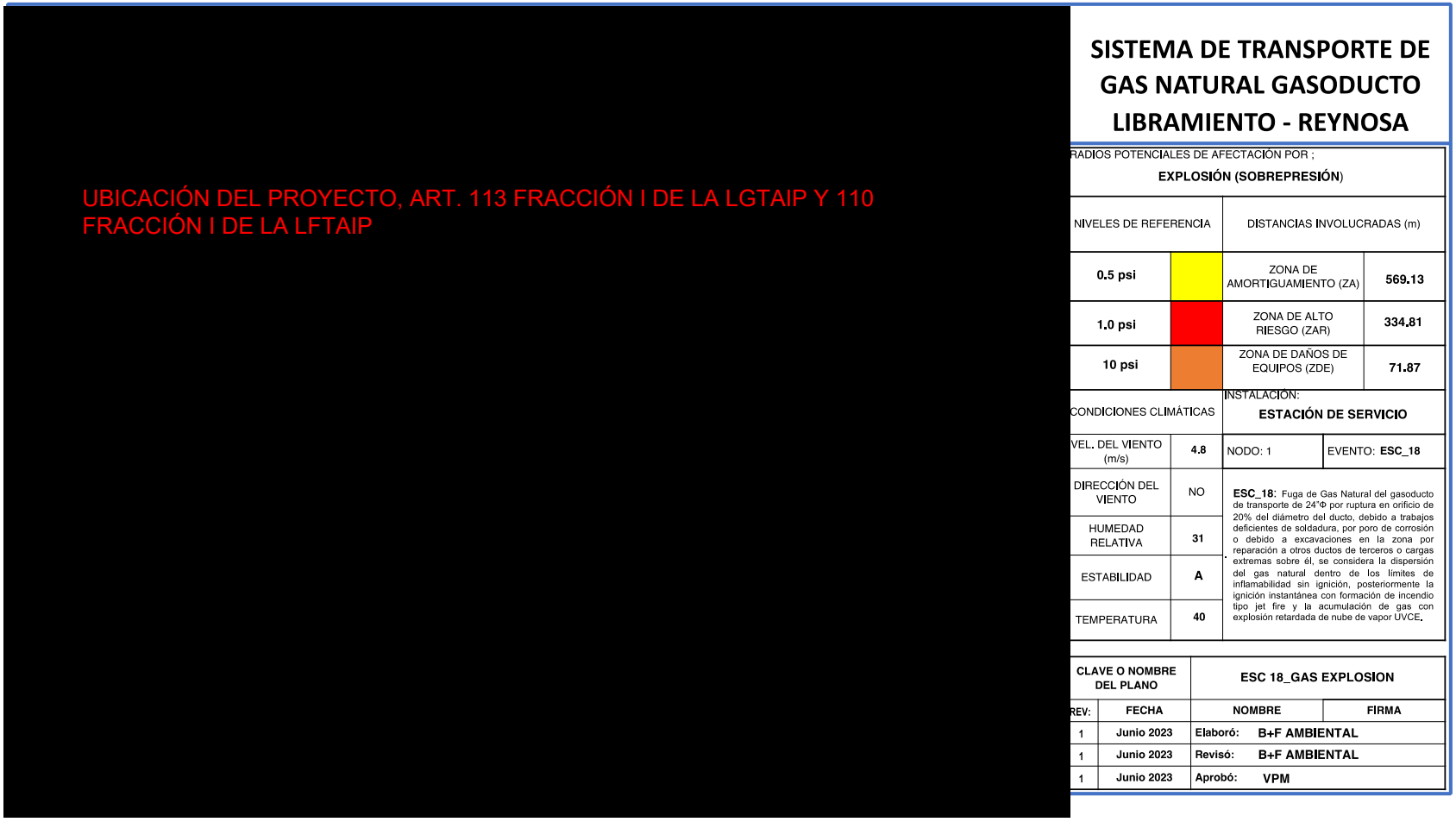
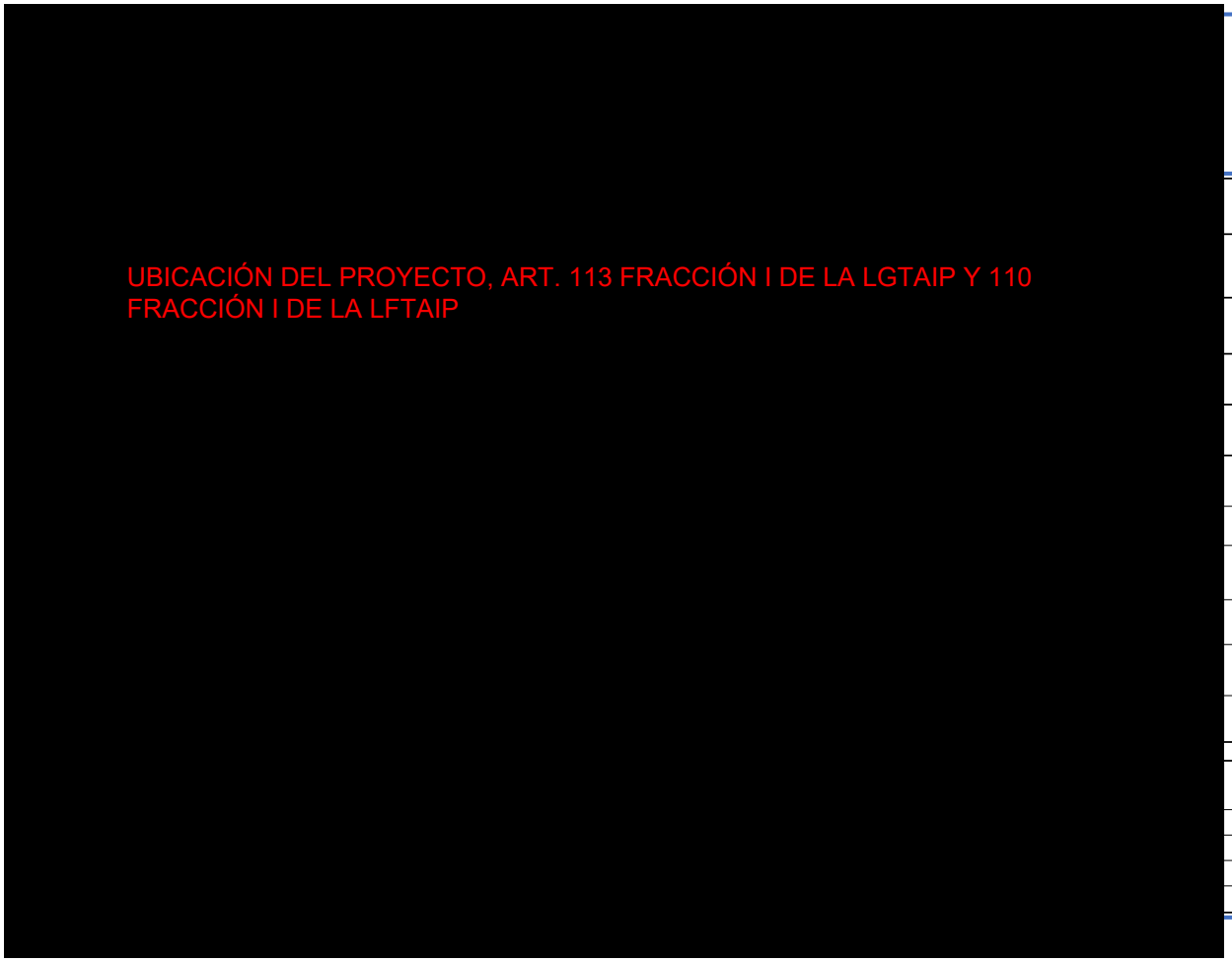


Figura. 112. Radios de afectación ESC_19_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

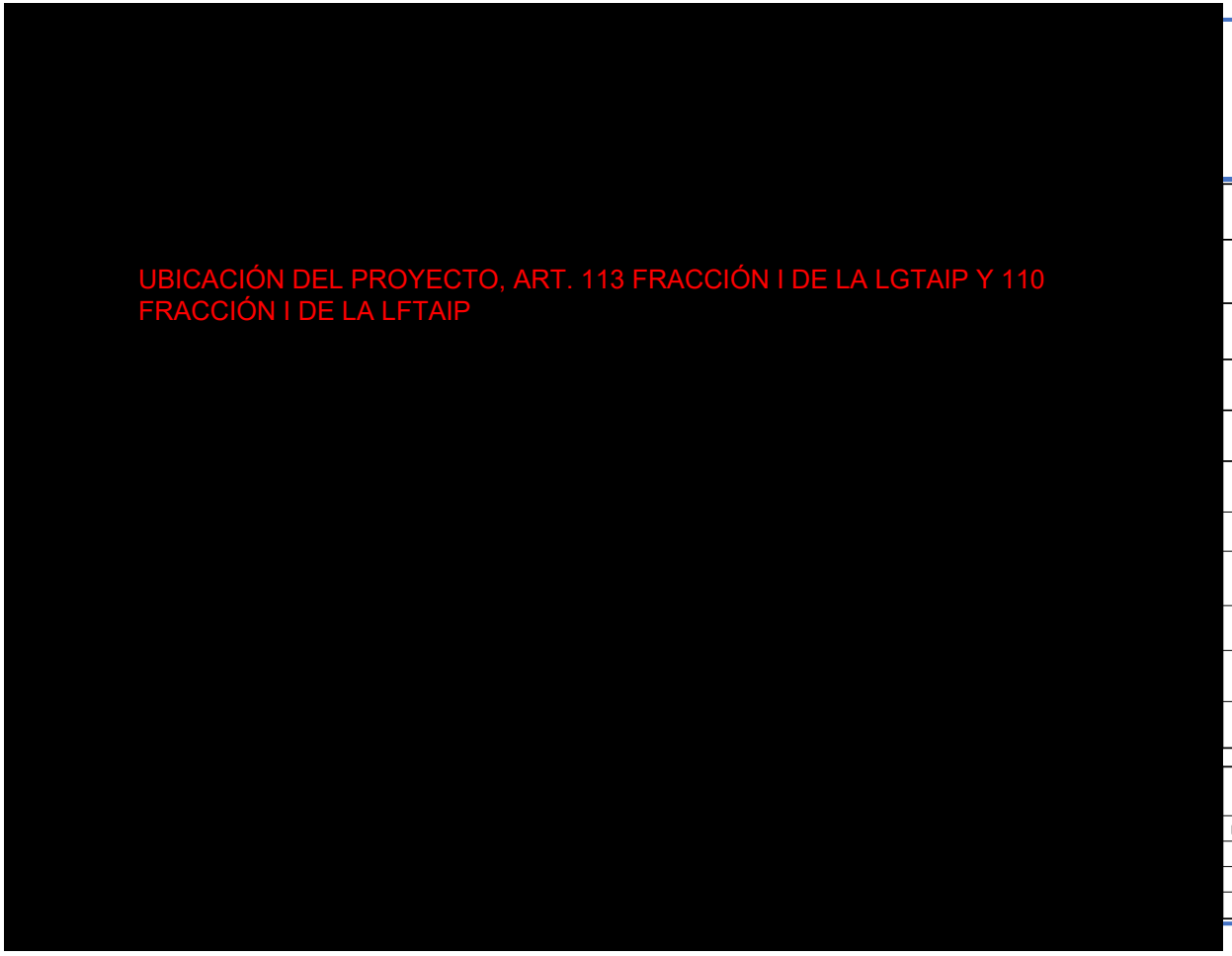
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	752.90
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	406.14
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	179.83

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: ESTACIÓN DE SERVICIO	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO:ESC_19
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_19**: Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 19_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 113. Radios de afectación ESC_19_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

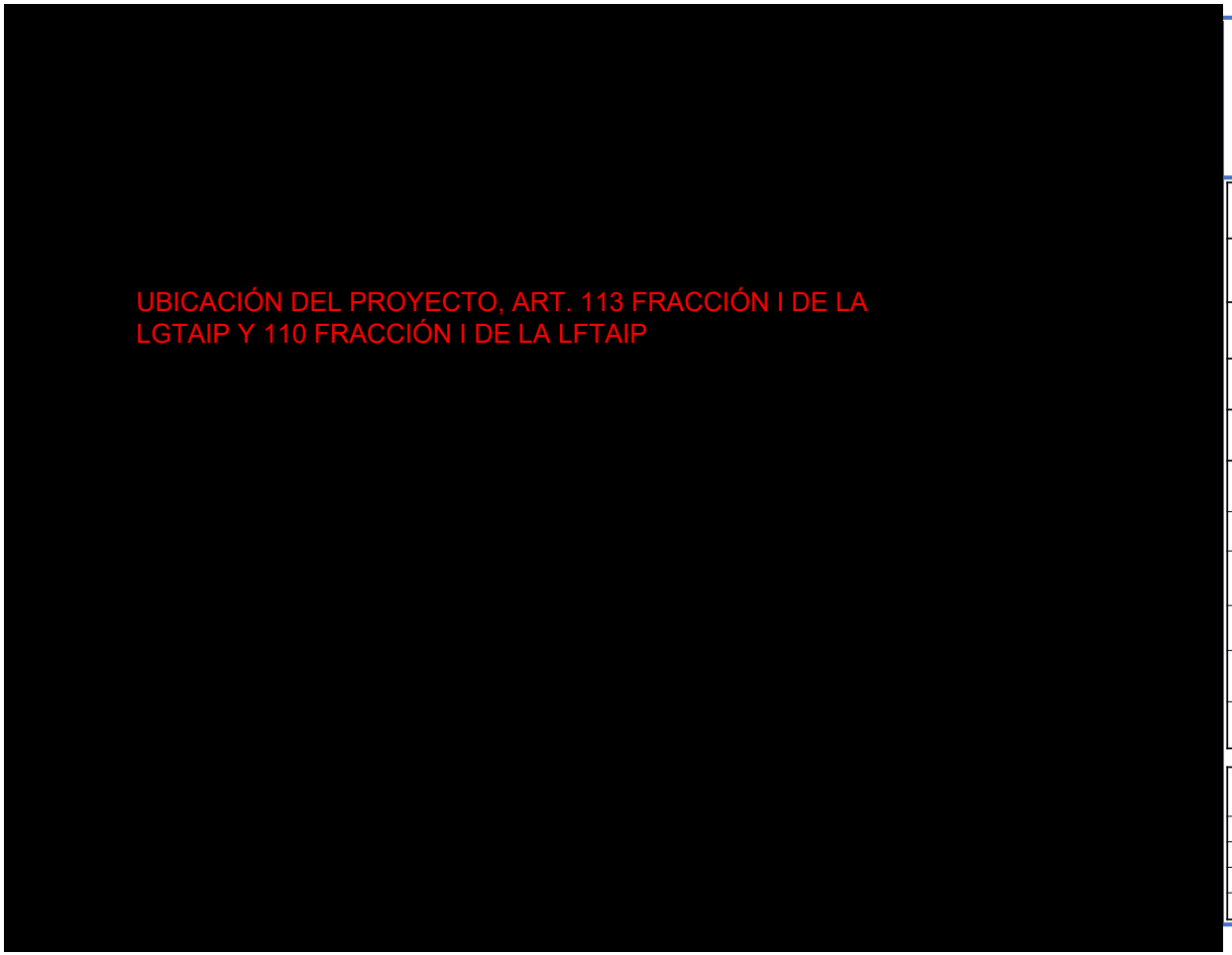
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	1625.93
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	956.52
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	205.33

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: ESTACIÓN DE SERVICIO	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 1	EVENTO: ESC_19
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_19**: Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 19_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 114. Radios de afectación ESC_20_GLR_JET FIRE

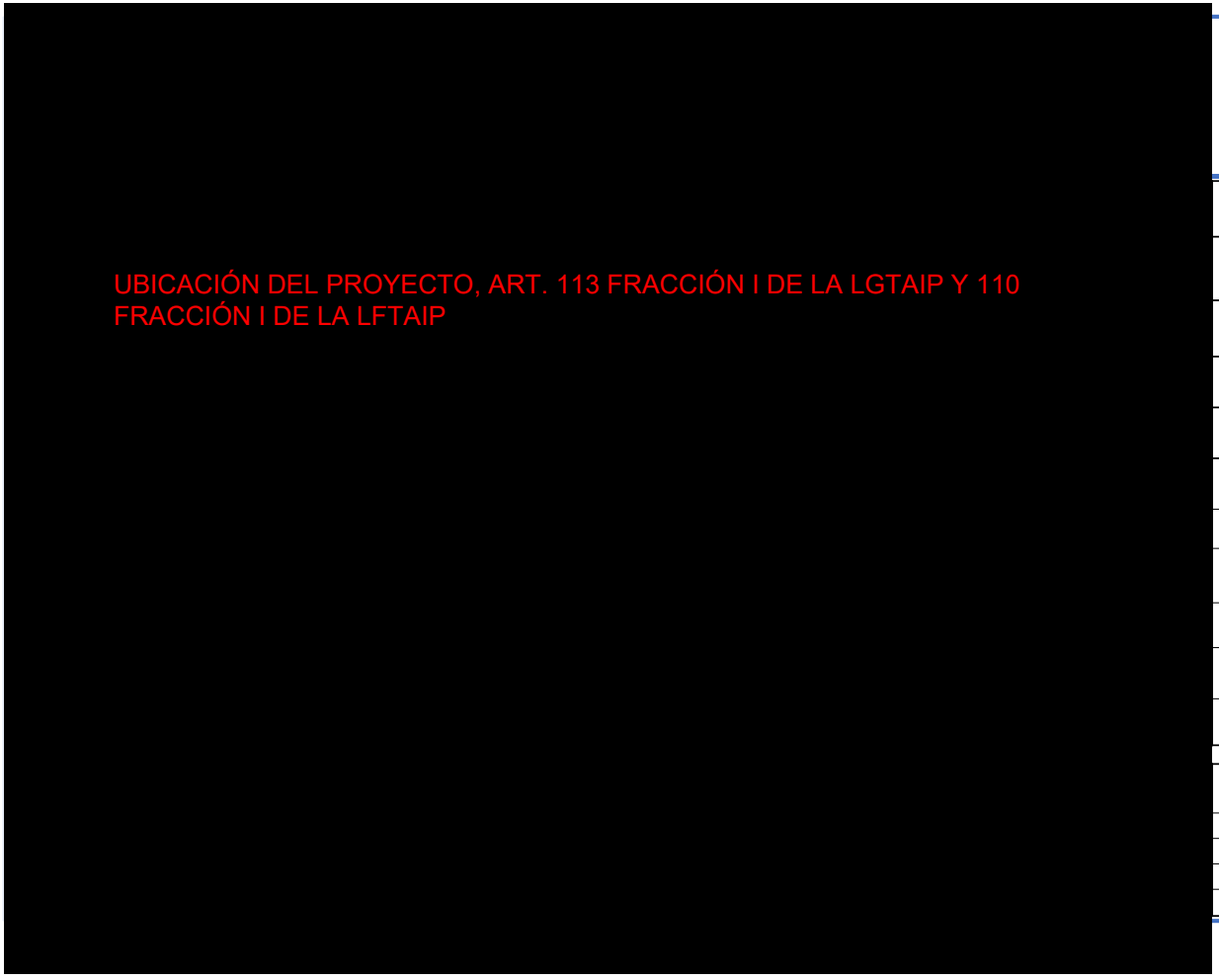


SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	1053.05
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	567.40
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	249.59
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	4.8	NODO: 2	EVENTO:**ESC_20**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_20**: Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 36" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Monterrey, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	A		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 20_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 115. Radios de afectación ESC_20_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

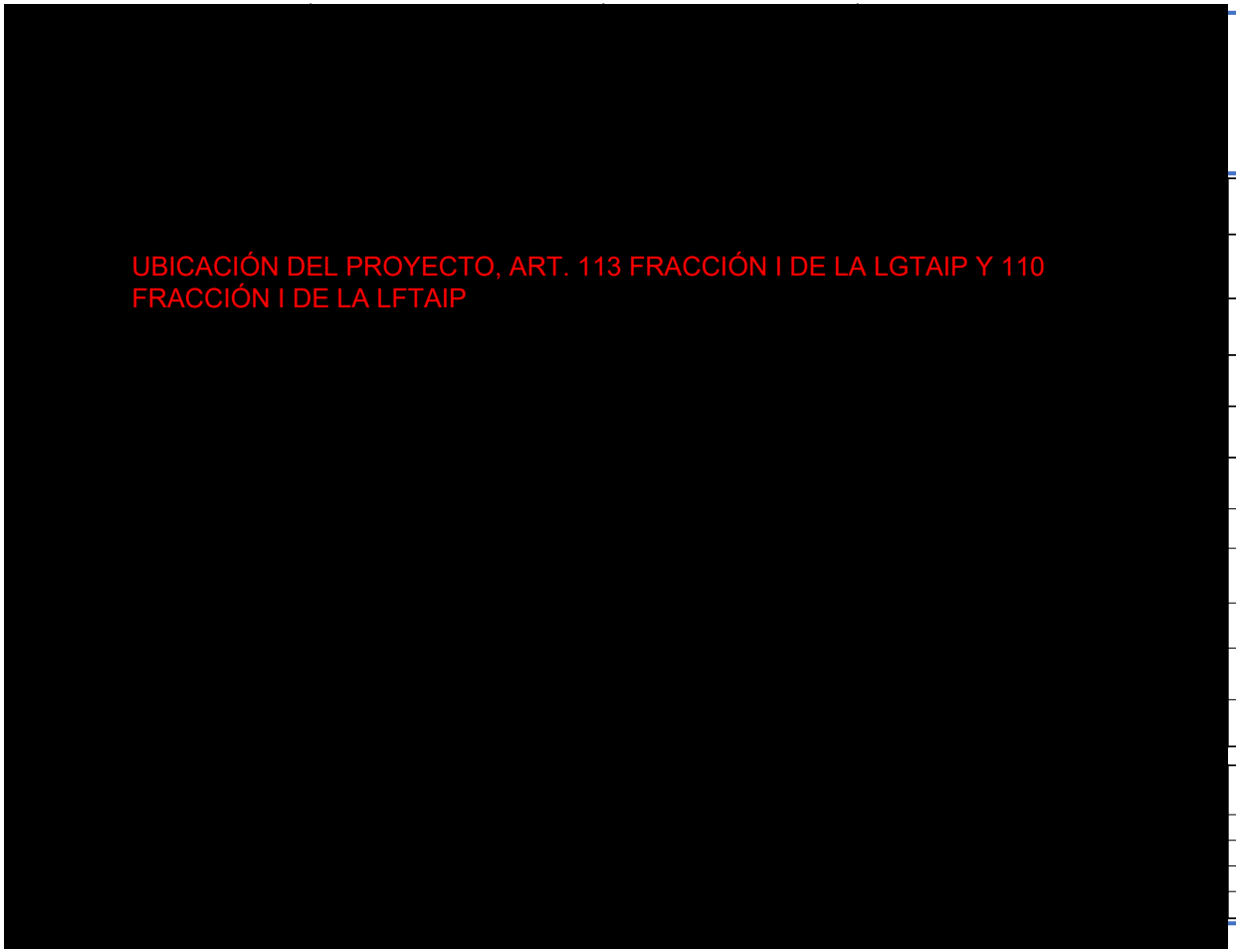
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**1055.68**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**621.05**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**133.31**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	**4.8**	NODO: 2	EVENTO: **ESC_20**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_20:** Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 36" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Monterrey, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	**31**		
ESTABILIDAD	**A**		
TEMPERATURA	**40**		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		**ESC 20_GAS EXPLOSION**	
REV:	**FECHA**	**NOMBRE**	**FIRMA**
1	**Junio 2023**	**Elaboró:** **B+F AMBIENTAL**	
1	**Junio 2023**	**Revisó:** **B+F AMBIENTAL**	
1	**Junio 2023**	**Aprobó:** **VPM**	

Figura. 116. Radios de afectación ESC_21_GLR_JET FIRE



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

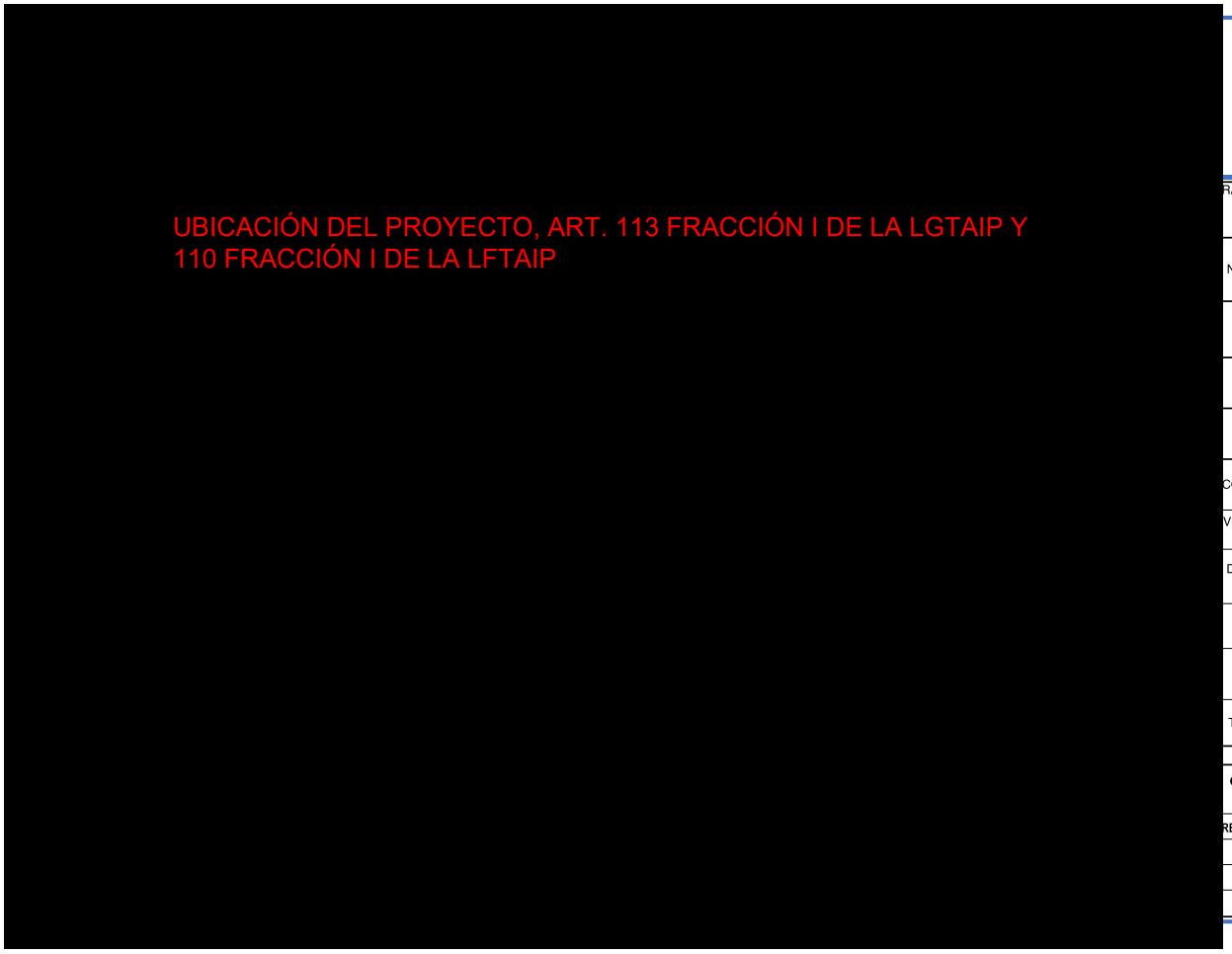
RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ;
CHORRO DE FUEGO (JET FIRE)

NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
1.40 kW/m²		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**462.0**
5.0 kW/m²		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**245.82**
25 kW/m²		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**99.69**

CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	**4.8**	NODO: 2	EVENTO:**ESC_21**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_21:** Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	**A**		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 21_GAS CHORRO DE FUEGO	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

Figura. 117. Radios de afectación ESC_20_GLR_EXPLOSION



SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL GASODUCTO LIBRAMIENTO - REYNOSA

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR ; **EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)**			
NIVELES DE REFERENCIA		DISTANCIAS INVOLUCRADAS (m)	
0.5 psi		ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)	**613.03**
1.0 psi		ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	**360.64**
10 psi		ZONA DE DAÑOS DE EQUIPOS (ZDE)	**77.41**
CONDICIONES CLIMÁTICAS		INSTALACIÓN: **ESTACIÓN DE SERVICIO**	
VEL. DEL VIENTO (m/s)	**4.8**	NODO: 2	EVENTO: **ESC_21**
DIRECCIÓN DEL VIENTO	NO	**ESC_21**: Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	
HUMEDAD RELATIVA	31		
ESTABILIDAD	**A**		
TEMPERATURA	40		

CLAVE O NOMBRE DEL PLANO		ESC 21_GAS EXPLOSION	
REV:	FECHA	NOMBRE	FIRMA
1	Junio 2023	Elaboró: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Revisó: B+F AMBIENTAL	
1	Junio 2023	Aprobó: VPM	

VI. ANALISIS DE VULNERABILIDAD.

VI.1. Análisis de Vulnerabilidad.

A continuación, se presenta en análisis de vulnerabilidad

Tabla 77. Descripción de los posibles receptores de riesgo

Hipótesis de Riesgo	Daño al Personal y a la Población	Daño al Ambiente	Daño a la infraestructura / sistema de transporte	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
ESC_1_GLR ESC_2_GLR ESC_3_GLR ESC_4_GLR ESC_5_GLR ESC_6_GLR ESC_7_GLR ESC_8_GLR ESC_9_GLR ESC_10_GLR ESC_11_GLR ESC_12_GLR ESC_13_GLR ESC_14_GLR ESC_15_GLR ESC_16_GLR ESC_17_GLR ESC_18_GLR ESC_19_GLR ESC_20_GLR ESC_21_GLR	**Radiación Térmica** Los receptores de riesgo serán principalmente trabajadores de la empresa contratada por el **CENAGAS** a lo largo de la trayectoria del **STGN** y en las **EMRyC Terminal 2, Anzaldúas Y Estación 19**, en cuanto a la población aledaña será aquella que se localice cercana a la **EMRyC Terminal 2**, así como personas que se encuentren en tránsito en un radio determinado de 800 metros como zonas vulnerables. Sin embargo, los efectos a los receptores se indican a continuación: **ZAR: Molestias** exposición aguda al personal de trabajo del **STGN**, población y 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. **Sobrepresión (Explosión)** Asimismo, como en el caso anterior es muy poco probable por la falta de presencia de trabajadores y poblaciones cercanas no se tendrían muertos y lesionados por onda de sobrepresión. **Radiación térmica** **ZA**: **Molestias** exposición crónica al personal de trabajo del **STGN**, población y personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos	**Radiación Térmica** **ZAR**: Existe diferentes tipos de vegetación la cual se causaría daños parciales presente en el área, por efecto de radiación térmica provocando incendios. Cabe mencionar que se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, la cual también sufriría daños. Por otro lado, se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se origina. **Sobrepresión (Explosión)** También, potencialmente existirá daños a la fauna presente, debido a la onda de sobrepresión que se derive del evento. **ZA**: se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se origina. **Sobrepresión (Explosión)** Asimismo, se tendrían especies de fauna lesionados por onda de sobrepresión. Cabe mencionar que se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de	**Radiación térmica** **ZAR**: Daños a la infraestructura de **STGN** por debilitamiento de los ductos de transporte, así como equipos y dispositivos en las **EMRyC Terminal 2, Anzaldúas Y Estación 19**, así como infraestructura de carreteras, caminos, líneas de transmisión otros ductos, por la exposición a la radiación térmica por el incendio que se pudiera presentar incrementa la póliza del seguro de daños a terceros. La imagen de la empresa causaría pérdida de credibilidad sus medidas y dispositivos de seguridad, así como desconfianza e incertidumbre sobre sus operaciones de transporte de gas natural en el futuro para el reinicio después del evento. **ZA**: Costos económicos para resarcir el daño ocasionado por el efecto de la radiación térmica, incrementando la póliza del seguro de daños a terceros. **Sobre presión (Explosión)** **ZAR**: Los daños a la infraestructura serían mayores principalmente en los cruces con otras infraestructuras urbanas existentes como, Líneas Eléctricas, caminos de terracería y carreteras estatales y federales **ZA**: Costos económicos para resarcir el daño ocasionado por muertes y lesionados por la onda expansiva incrementación la póliza del seguro de daños a terceros. La imagen de la empresa causaría pérdida de credibilidad sus medidas y dispositivos	• Sistema de comunicación SCADA. • Se cuenta con una conexione para alimentación al sistema a través del gasoducto de TETCO y Tennessee. • Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. • Línea de by-pass, 2”-GN para servicio en caso de emergencia. • Indicador de posición cerrado (ZIC-100, 101, 102, 107, 108, 109) • Indicador de posición abierto (ZIO-100, 101, 102, 107, 108, 109) • Transmisor indicador de presión (PIT-100, 200, 300, 301) Indicador de temperatura (TI-100, 101, 200, 201, 300, 301). • Contador de Flujo (FQI). • Válvula de Corte de Suministro (ESDV) • Válvula de Seguridad (PSV) • Válvula de Bloque (XV) • Ante un evento de emergencia, se ordenará cerrar alguna de las válvulas de seccionamiento en el trazo del sistema de transporte. • Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. • Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en la estación de compresión para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Libramiento-Reynosa.	• Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (TETCO y Tennessee). • Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural. • Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. • Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos. • Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento. • Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio. • Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual.

Hipótesis de Riesgo	Daño al Personal y a la Población	Daño al Ambiente	Daño a la infraestructura / sistema de transporte	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
	presentando severo dolor de cabeza por inhalación. **Sobrepresión (Explosión)** Asimismo, se tendrían lesionados por onda de sobrepresión	protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.	de seguridad, así como desconfianza e incertidumbre sobre sus operaciones de transporte de gas natural en el futuro para el reinicio después del evento.	• Las estaciones de regulación y control cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de regulación se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte. • Sistema de Control de Procesos (SCP). • Sistema de Fuego y Gas (SFG) • Sistema de Detección de Fugas (SDF) • Sistema SCADA. • Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. • Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar. • Válvulas Electrohidráulicas (SDV) Procedimiento de certificación de materiales. • Integridad y protección mecánicas • Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. • Procedimiento de certificación de materiales. • Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto V-400-sistema de protección catódica.pdf. • Especificaciones postes de medición V-300.pdf • Programa de vigilancia epidemiológica. • Pruebas PCR. • Medidas sanitarias. • En las memorias de cálculo y diseño se consideran las tensiones a las que está expuesto el ducto, según la clase de localización 4. • En cruzamientos se han tomado medidas de seguridad adicionales como mayor profundidad de ductos, encamisados, encofrados. • La zona sísmica del proyecto es la A y B, las de menor peligro en el país, zona donde comúnmente no se pueden presenciar sismos.	• Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. • Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. • Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia. • Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19) previo a la temporada de lluvias. • Instalar testigos de corrosión antes de iniciar operaciones en la llegada de la trampa de recibo y en la salida de la trampa de envío.

Hipótesis de Riesgo	Daño al Personal y a la Población	Daño al Ambiente	Daño a la infraestructura / sistema de transporte	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				• Ducto enterrado, el suelo proporciona aislamiento, en instalaciones superficiales se cuenta son sistema de gas y fuego. • La temperatura máxima de la superficie de cualquier equipo o línea ubicada en una zona de riesgo, en condiciones normales de funcionamiento y anormales, no excederá la clase de temperatura de la zona peligrosas designada (T1 = 450°C). • El diseño de las instalaciones superficiales en EMRyC, SDV's cuentan con drenaje pluvial. • Sistema de paro por producto fuera de especificación. • Doble tren de regulación para dar mantenimiento a uno sin interrumpir el suministro al cliente.	

VI.2. Interacciones de riesgo.

Cabe señalar que solo existe población cercana de la localidad de Reynosa al STGN en la EMRyC Terminal 2 y en primer segmento del gasoducto a la SDV 101, cabe señalar que los restantes transectos del STGN no existen poblaciones cercanas al radio de los 800 metros, sin embargo, si hay presencia de zonas vulnerables, las cuales se indican sus interacciones de riesgo con el proyecto. Las demás secciones del STGN tiene interacciones principalmente con la infraestructura presente, tales como líneas de transmisión, carreteras, caminos, veredas, entre otros.

Tabla 78. Interacciones de riesgo con las poblaciones dentro del radio de 800 metros

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
ESC_1_GLR	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición	EMRyC Terminal 2	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 184.51/415.80/770.54 **Sobrepresión** 106.36/495.51/842.28	EMRyC Terminal 2	0 a 20 personas	0	N, S, E ,O, NO, NE, SE Y SO	• Sistema de comunicación SCADA. • Se cuenta con una conexione para alimentación al sistema a través del gasoducto de TETCO y Tennessee. • Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. • Línea de by-pass, 2"-GN para servicio en caso de emergencia. • Indicador de posición cerrado (ZIC-100, 101, 102, 107, 108, 109)	• Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (TETCO y Tennessee). • Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural. • Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia.
				Edificación de inmuebles comerciales y de servicios, excepto la supervisión	11 a 30 personas	712.26	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.							• Indicador de posición abierto (ZIO-100, 101, 102, 107, 108, 109) • Transmisor indicador de presión (PIT-100, 200, 300, 301) • Indicador de temperatura (TI-100, 101, 200, 201, 300, 301). • Contador de Flujo (FQI). • Válvula de Corte de Suministro (ESDV) • Válvula de Seguridad (PSV) • Válvula de Bloque (XV) • Ante un evento de emergencia, se ordenará cerrar alguna de las válvulas de seccionamiento en el trazo del sistema de transporte. • Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. • Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en la estación de compresión para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Libramiento-Reynosa. • Las estaciones de regulación y control cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de regulación se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte. • Sistema de Control de Procesos (SCP). • Sistema de Fuego y Gas (SFG)	• Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos. • Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento. • Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio. • Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual. • Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. • Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. • Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia. • Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19) previo a la temporada de lluvias. Instalar testigos de corrosión antes de iniciar operaciones en la llegada de la trampa de recibo y en la salida de la trampa de envío.
ESC_2_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24”Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	Gasoducto de 24”	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 39.89/89.27/165.23 **Sobrepresión** 74.62/347.63/590.91	Impresión de formas continuas y otros impresos	0 a 5 personas	795.77	NE		
ESC_3_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24”Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de	Gasoducto de 24”	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 184.51/415.80/770.54 **Sobrepresión** 218.19/1,016.67/1,727.84	Panificación tradicional	0 a 5 personas	601.99	NE		
				Construcción de obras marítimas, fluviales y subacuáticas	11 a 30 personas	656.77	NE		
				Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	0 a 5 personas	409.15	NE		
				Captación, tratamiento y suministro de agua realizados por el sector público	0 a 5 personas	249.14	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes,	0 a 5 personas	594.46	N		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			ultramarinos y misceláneas				• Sistema de Detección de Fugas (SDF) • Sistema SCADA. • Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. • Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar. • Válvulas Electrohidráulicas (SDV) Procedimiento de certificación de materiales. • Integridad y protección mecánicas • Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. • Procedimiento de certificación de materiales. • Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto V-400-sistema de protección catódica.pdf. • Especificaciones postes de medición V-300.pdf • Programa de vigilancia epidemiológica. • Pruebas PCR. • Medidas sanitarias. • En las memorias de cálculo y diseño se consideran las tensiones a las que está expuesto el ducto, según la clase de localización 4. • En cruzamientos se han tomado medidas de seguridad adicionales como mayor profundidad de	
				Comercio al por mayor de equipo de telecomunicaciones, fotografía y cinematografía	6 a 10 personas	389.98	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	423.54	NE		
				Comercio al por mayor de productos farmacéuticos	0 a 5 personas	793.98	NE		
				Comercio al por mayor de abarrotes	0 a 5 personas	627.31	NE		
				Comercio al por mayor de desechos de plástico	0 a 5 personas	734.13	NE		
				Comercio al por mayor de fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra	6 a 10 personas	342.56	NE		
				Comercio al por mayor de materiales metálicos para la construcción y la manufactura	0 a 5 personas	454.56	NE		
				Comercio al por mayor de mobiliario, equipo e instrumental médico y de laboratorio	6 a 10 personas	571.62	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	515.51	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	350.85	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	353.66	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	237.64	NE	ductos, encamisados, encofrados. • La zona sísmica del proyecto es la A y B, las de menor peligro en el país, zona donde comúnmente no se pueden presenciar sismos. • Ducto enterrado, el suelo proporciona aislamiento, en instalaciones superficiales se cuenta son sistema de gas y fuego. • La temperatura máxima de la superficie de cualquier equipo o línea ubicada en una zona de riesgo, en condiciones normales de funcionamiento y anormales, no excederá la clase de temperatura de la zona peligrosas designada (T1 = 450°C). • El diseño de las instalaciones superficiales en EMRyC, SDV's cuentan con drenaje pluvial. • Sistema de paro por producto fuera de especificación. Doble tren de regulación para dar mantenimiento a uno sin interrumpir el suministro al cliente.	
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	146.71	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	574.58	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	408.51	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	517.92	NE		
				Comercio al por mayor de cemento, tabique y grava	0 a 5 personas	538.88	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	6 a 10 personas	514.78	N		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	455.64	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	563.55	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	565.28	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	400.08	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Comercio al por mayor de mobiliario, equipo e instrumental médico y de laboratorio	6 a 10 personas	596.06	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	697.11	N		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	565.80	NE		
				Fabricación n de productos de herrería	0 a 5 personas	533.81	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	623.91	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	661.63	NE		
				Comercio al por mayor de mobiliario y equipo de oficina	11 a 30 personas	768.89	NE		
				Comercio al por mayor de desechos de papel y de cartón	0 a 5 personas	577.57	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	758.07	N		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	774.23	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	561.91	NE		
				Comercio al por menor de productos naturistas, medicamentos homeopáticos y de	0 a 5 personas	491.27	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				complementos alimenticios					
				Comercio al por menor de auto	0 a 5 personas	795.99	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	607.07	NE		
				Comercio al por menor de cristalería, loza y utensilios de cocina	0 a 5 personas	461.98	N		
				Comercio al por menor de dulces y materias primas para repostería	0 a 5 personas	460.68	NE		
				Comercio al por menor de art	0 a 5 personas	631.91	N		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	463.38	N		
				Comercio al por menor de bisutería y accesorios de vestir	0 a 5 personas	435.18	N		
				Comercio al por menor de ropa, excepto de bebo y lencería	0 a 5 personas	466.06	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	516.39	NE		
				Comercio al por menor de dulces y materias primas para repostería	0 a 5 personas	482.11	NE		
				Comercio al por menor de otros artículos para la decoración de interiores	0 a 5 personas	680.11	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	723.62	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes,	0 a 5 personas	483.74	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				ultramarinos y misceláneas					
				Comercio al por menor de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones	0 a 5 personas	710.77	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	617.09	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	619.48	NE		
				Comercio al por menor de dulces y materias primas para repostería	0 a 5 personas	246.56	NE		
				Comercio al por menor de artículos	0 a 5 personas	491.27	N		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	372.16	NE		
				Comercio al por menor de otros artículos para la decoración de interiores	0 a 5 personas	721.42	NE		
				Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	0 a 5 personas	751.31	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de artesanías	0 a 5 personas	435.18	N		
				Comercio al por menor de gasolina y Diesel	11 a 30 personas	774.24	NE		
				Farmacias con minisúper	0 a 5 personas	666.62	NE		
				Farmacias con minisúper	0 a 5 personas	711.35	NE		
				Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	0 a 5 personas	377.51	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Comercio al por menor en tiendas de artesanías	0 a 5 personas	796.78	NE		
				Farmacias sin minis0per	0 a 5 personas	506.14	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	644.75	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	549.11	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	417.86	NE		
				Farmacias sin minisúper	0 a 5 personas	716.86	NE		
				Farmacias con minis per	6 a 10 personas	702.94	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	697.78	NE		
				Farmacias con minisúper	6 a 10 personas	648.95	NE		
				Farmacias con minisúper	6 a 10 personas	257.44	NE		
				Farmacias con minisúper	6 a 10 personas	687.94	NE		
				Farmacias con minisúper	0 a 5 personas	623.24	NE		
				Farmacias con minisúper	0 a 5 personas	180.47	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	616.89	NE		
				Comercio al por menor de gasolina y Diesel	6 a 10 personas	437.90	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	617.79	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	669.33	NE		
				Comercio al por menor de ropa de cuero y piel y de otros artículos de estos materiales	0 a 5 personas	458.47	NE		
				Comercio al por menor de libros	0 a 5 personas	459.08	NE		
				Comercio al por menor de ropa de cuero y piel y de otros artículos de estos materiales	0 a 5 personas	457.16	NE		
				Farmacias sin minisúper	11 a 30 personas	654.10	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	523.17	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	684.81	NE		
				Comercio al por menor de llantas y cámaras para automóviles, camionetas y camiones	6 a 10 personas	659.46	NE		
				Farmacias con minisúper	11 a 30 personas	731.99	NE		
				Farmacias con minisúper	11 a 30 personas	613.75	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	346.25	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Comercio al por menor de muebles para el hogar	0 a 5 personas	725.57	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	584.31	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	593.33	NE		
				Farmacias sin minis0per	0 a 5 personas	642.53	NE		
				Farmacias sin minisúper	0 a 5 personas	661.17	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	417.84	NE		
				Comercio al por menor de automóviles y camionetas usados	0 a 5 personas	783.49	NE		
				Comercio al por menor de paletas de hielo y helados	0 a 5 personas	497.06	NE		
				Comercio al por menor de art	0 a 5 personas	389.39	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	712.83	NE		
				Comercio al por menor de art	0 a 5 personas	310.98	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	608.91	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	786.78	NE		
				Comercio al por menor de teléfonos y otros aparatos de comunicación	0 a 5 personas	693.78	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	480.94	NE		
				Comercio al por menor de art	0 a 5 personas	776.59	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	789.15	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	674.88	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	6 a 10 personas	550.92	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	6 a 10 personas	716.71	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	430.52	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	6 a 10 personas	748.46	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	690.55	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	396.81	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	438.96	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	6 a 10 personas	721.78	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	702.00	NE		
				Comercio al por menor de art	0 a 5 personas	238.15	NE		
				Comercio al por menor en supermercados	51 a 100 personas	447.58	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	517.07	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	467.47	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	498.43	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	542.58	NE		
				Comercio al por menor de gasolina y Diesel	6 a 10 personas	424.38	NE		
				Comercio al por menor de regalos	0 a 5 personas	649.57	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	237.17	NE		
				Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	0 a 5 personas	478.48	NE		
				Comercio al por menor en minisúper	0 a 5 personas	313.16	NE		
				Comercio al por menor de art	0 a 5 personas	522.96	NE		
				Comercio al por menor de productos naturistas, medicamentos homeopáticos y de complementos alimenticios	0 a 5 personas	705.91	NE		
				Comercio al por menor de artículos	0 a 5 personas	408.01	NE		
				Comercio al por menor de artículos	0 a 5 personas	619.72	NE		
				Comercio al por menor de artículos	0 a 5 personas	494.98	NE		
				Comercio al por menor de regalos	0 a 5 personas	451.50	NE		
				Comercio al por menor de teléfonos	0 a 5 personas	408.25	NE		
				Servicios de agencias aduanales	0 a 5 personas	644.04	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Banca múltiple	0 a 5 personas	460.10	N		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	775.28	N		
				Servicios de agencias aduanales	6 a 10 personas	558.93	NE		
				Servicios de administración de carreteras, puentes y servicios auxiliares	6 a 10 personas	507.92	NE		
				Transporte colectivo foráneo de pasajeros de ruta fija	6 a 10 personas	519.90	NE		
				Transporte colectivo foráneo de pasajeros de ruta fija	31 a 50 personas	728.97	NE		
				Transporte colectivo foráneo de pasajeros de ruta fija	6 a 10 personas	489.09	NE		
				Exhibición de películas y otros materiales audiovisuales	11 a 30 personas	340.56	NE		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	235.36	NW		
				Servicios de agencias aduanales	6 a 10 personas	684.75	NE		
				Transporte colectivo foráneo de pasajeros de ruta fija	11 a 30 personas	475.42	NE		
				Otros servicios de intermediación	6 a 10 personas	362.58	NE		
				Servicios de agencias aduanales	0 a 5 personas	447.22	NE		
				Servicios de agencias aduanales	11 a 30 personas	760.91	NE		
				Transporte colectivo for5neo de pasajeros de ruta fija	31 a 50 personas	402.27	NE		
				Servicios de agencias aduanales	0 a 5 personas	539.01	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Transporte colectivo foráneo de pasajeros de ruta fija	6 a 10 personas	507.71	NE		
				Operadores de servicios de telecomunicaciones alámbricas	101 a 250 personas	373.23	N		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	317.89	N		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	719.91	N		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	693.85	N		
				Comercio al por menor de mascotas	0 a 5 personas	712.73	NE		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	662.39	NE		
				Centros cambiarios	0 a 5 personas	796.78	NE		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	318.97	N		
				Centros cambiarios	0 a 5 personas	483.78	N		
				Centros cambiarios	0 a 5 personas	139.52	N		
				Centros cambiarios	0 a 5 personas	481.89	NE		
				Centros cambiarios	0 a 5 personas	638.88	NE		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	467.00	N		
				Centros cambiarios	0 a 5 personas	371.77	N		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	463.23	N		
				Servicios de mensajer1a y paquetería	6 a 10 personas	481.36	NE		
				Autotransporte foráneo de materiales para la construcción	11 a 30 personas	640.99	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Servicios de mensajería	0 a 5 personas	588.55	NE		
				Banca de desarrollo	11 a 30 personas	563.75	N		
				Banca de desarrollo	0 a 5 personas	621.39	NE		
				Transporte colectivo for0neo de pasajeros de ruta fija	0 a 5 personas	420.76	N		
				Servicios de mensajer0a y paquetería local	6 a 10 personas	384.92	NE		
				Servicios de mensajería y paquetería foránea	6 a 10 personas	526.95	NE		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	440.33	N		
				Comercio al por menor de vidrios y espejos	0 a 5 personas	371.79	NE		
				Servicios de administración de carreteras, puentes y servicios auxiliares	6 a 10 personas	567.87	NE		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	235.36	W		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	430.95	N		
				Servicios de administración de carreteras, puentes y servicios auxiliares	6 a 10 personas	640.72	NE		
				Servicios de agencias aduanales	0 a 5 personas	784.14	NE		
				Transporte colectivo foráneo de pasajeros de ruta fija	0 a 5 personas	500.66	NE		
				Suministro de personal permanente	251 y más personas	658.18	NE		
				Otros servicios de apoyo a los negocios	0 a 5 personas	565.45	NE		
				Servicios de acceso a computadoras	0 a 5 personas	413.92	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Alquiler de mesas, sillas, vajillas y similares	0 a 5 personas	388.64	NE		
				Alquiler sin intermediación de salones para fiestas y convenciones	0 a 5 personas	756.82	NE		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	783.02	NE		
				Escuelas de educación primaria del sector público	6 a 10 personas	517.50	NE		
				Escuelas de educación secundaria general del sector público	51 a 100 personas	239.89	NE		
				Otros servicios relacionados con los servicios inmobiliarios	0 a 5 personas	739.79	NE		
				Alquiler sin intermediaci0n de salones para fiestas y convenciones	0 a 5 personas	704.18	NE		
				Escuelas de educación primaria del sector p	0 a 5 personas	512.50	NE		
				Agentes, ajustadores y gestores de seguros y fianzas	6 a 10 personas	596.79	NE		
				Centros cambiarios	0 a 5 personas	535.92	NE		
				Centros cambiarios	11 a 30 personas	728.97	NE		
				Escuelas del sector privado que combinan diversos niveles de educación	101 a 250 personas	643.25	NE		
				Escuelas de educación secundaria general del sector público	11 a 30 personas	64.94	NE		
				Bufetes jurídicos	0 a 5 personas	775.41	NE		
				Bufetes jurídicos	0 a 5 personas	791.89	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Uniones de crédito	6 a 10 personas	717.22	NE		
				Agencias de viajes	0 a 5 personas	583.01	NE		
				Servicios de limpieza de inmuebles	11 a 30 personas	429.45	N		
				Servicios veterinarios para mascotas prestados por el sector privado	0 a 5 personas	770.45	NE		
				Servicios de protección y custodia mediante el monitoreo de sistemas de seguridad	0 a 5 personas	422.72	NE		
				Alquiler de automóviles sin chofer	0 a 5 personas	720.48	NE		
				Servicios de fotógrafa y videograbación	0 a 5 personas	663.87	NE		
				Bufetes jurídicos	0 a 5 personas	593.56	NE		
				Escuelas de educación preescolar del sector público	0 a 5 personas	507.48	NE		
				Bufetes jurídicos	0 a 5 personas	368.21	NE		
				Servicios de contabilidad y auditoría	0 a 5 personas	683.75	NE		
				Escuelas de educación primaria del sector público	0 a 5 personas	248.14	NE		
				Servicios de contabilidad y auditoría	0 a 5 personas	510.92	NE		
				Escuelas de educación primaria del sector privado	0 a 5 personas	324.94	NE		
				Escuelas de idiomas del sector privado	101 a 250 personas	683.50	NE		
				Escuelas de educación superior del sector privado	101 a 250 personas	519.59	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Servicios de consultoría en administración	0 a 5 personas	663.72	NE		
				Servicios de acceso a computadoras	0 a 5 personas	523.27	NE		
				Otros servicios relacionados con la contabilidad	6 a 10 personas	783.05	NE		
				Banca múltiple	0 a 5 personas	456.71	NE		
				Administración de cajas de pensión y de seguros independientes	11 a 30 personas	778.95	NE		
				Escuelas de educación preescolar del sector público	6 a 10 personas	518.28	NE		
				Administración de cajas de pensión y de seguros independientes	0 a 5 personas	605.11	NE		
				Escuelas de educación primaria del sector publico	6 a 10 personas	630.04	NE		
				Banca de desarrollo	11 a 30 personas	667.51	NE		
				Banca de desarrollo	0 a 5 personas	667.51	NE		
				Escuelas de educación preescolar del sector público	6 a 10 personas	726.14	NE		
				Servicios de levantamiento geofísico	0 a 5 personas	724.28	NE		
				Notarías públicas	6 a 10 personas	798.92	NE		
				Escuelas de educación primaria del sector público	6 a 10 personas	629.77	NE		
				Cl1nicas de consultorios médicos del sector público	11 a 30 personas	515.06	NE		
				Consultorios de psicología del sector privado	0 a 5 personas	642.53	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	509.07	NE		
				Otros servicios de orientación y trabajo social prestados por el sector p	11 a 30 personas	709.85	NE		
				Consultorios de nutri0logos y dietistas del sector privado	0 a 5 personas	683.88	NE		
				Consultorios de nutri0logos y dietistas del sector privado	0 a 5 personas	491.27	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	785.56	NE		
				Consultorios del sector privado de audiología y de terapia ocupacional, f	0 a 5 personas	127.43	NE		
				Hospitales generales del sector privado	31 a 50 personas	557.02	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	795.70	NE		
				Escuelas de educación media superior del sector público	0 a 5 personas	248.37	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	626.93	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	675.68	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	621.72	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	621.72	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	622.10	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Escuelas de educación superior del sector privado	31 a 50 personas	779.69	NE		
				Consultorios de quiropráctico del sector privado	0 a 5 personas	615.88	NE		
				Consultorios de nutriólogos y dietistas del sector privado	0 a 5 personas	660.21	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	6 a 10 personas	798.66	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	166.98	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	6 a 10 personas	504.00	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	582.08	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	675.68	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	525.59	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	642.53	NE		
				Hospitales del sector privado de otras especialidades médicas	11 a 30 personas	534.77	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	657.19	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	684.50	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	180.62	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	643.89	NE		
				Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas	562.30	NE		
				Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas	659.55	N		
				Clínicas de consultorios médicos del sector privado	0 a 5 personas	632.23	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	658.67	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	579.27	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	582.08	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	675.68	NE		
				Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas	787.62	NE		
				Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas	617.27	NE		
				Cl1nicas de consultorios médicos del sector privado	0 a 5 personas	260.88	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	734.76	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	625.74	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	11 a 30 personas	659.55	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	11 a 30 personas	429.25	NE		
				Consultorios del sector privado de audiología y de terapia ocupacional, f	0 a 5 personas	779.24	NE		
				Consultorios del sector privado de audiología y de terapia ocupacional, f	0 a 5 personas	669.81	NE		
				Laboratorios médicos y de diagnostico	11 a 30 personas	579.27	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	260.88	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	6 a 10 personas	65.97	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	181.13	NE		
				Hospitales del sector privado de otras especialidades médicas	11 a 30 personas	617.27	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	181.16	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	180.82	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	180.60	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	180.87	NE		
				Otros consultorios del sector privado para el cuidado de la salud	0 a 5 personas	180.73	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	180.74	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	180.91	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	196.03	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	181.15	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	575.00	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	575.00	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	180.68	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	575.00	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	575.00	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Cl1nicas de consultorios médicos del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Hospitales generales del sector privado	0 a 5 personas	651.53	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	659.55	NE		
				Consultorios de psicolog0a del sector privado	0 a 5 personas	659.55	NE		
				Hospitales generales del sector privado	0 a 5 personas	651.53	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	634.52	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	659.55	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	634.52	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	480.16	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	634.52	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	634.52	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	634.52	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	409.90	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	409.90	NE		
				Consultorios de psicolog0a del sector privado	0 a 5 personas	469.59	NE		
				Hospitales generales del sector privado	11 a 30 personas	398.97	NE		
				Hospitales generales del sector privado	0 a 5 personas	480.16	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	787.62	NE		
				Otros consultorios del sector privado para el cuidado de la salud	0 a 5 personas	260.88	N		
				Otros consultorios del sector privado para el cuidado de la salud	0 a 5 personas	260.88	N		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	599.43	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	599.43	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	599.43	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	651.26	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	651.26	N		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	651.26	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	651.26	N		
				Hospitales generales del sector privado	0 a 5 personas	218.43	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	665.72	N		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	664.68	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	195.85	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	665.19	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	665.50	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	665.02	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	665.27	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	665.65	N		
				Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas	665.48	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	640.54	N		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	640.54	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	670.38	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	765.17	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	650.26	NE		
				Consultorios de optometr0a	0 a 5 personas	589.89	NE		
				Centros de acondicionamiento físico del sector privado	0 a 5 personas	541.39	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	640.54	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	640.54	N		
				Consultorios de psicolog0a del sector privado	0 a 5 personas	640.54	N		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	640.54	N		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	640.54	N		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	640.54	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	260.88	N		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	260.88	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	260.88	N		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	260.88	N		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	260.88	N		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	260.88	N		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	260.88	N		
				Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas	307.55	NE		
				Consultorios de nutrición	0 a 5 personas	260.88	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	260.88	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	260.88	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	260.88	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	127.43	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	599.43	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	775.85	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	181.08	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	638.43	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	731.27	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	179.62	NE		
				Consultorios de nutri0logos y dietistas del sector privado	0 a 5 personas	480.16	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	795.06	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	291.13	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	783.11	NE		
				Otros consultorios del sector privado para el cuidado de la salud	0 a 5 personas	638.71	NE		
				Consultorios de optometr0a	0 a 5 personas	729.20	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	670.83	NE		
				Hospitales generales del sector privado	11 a 30 personas	693.05	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	746.68	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	6 a 10 personas	596.36	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	617.27	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	692.30	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	617.27	NE		
				Cl1nicas de consultorios médicos del sector privado	0 a 5 personas	405.25	NE		
				Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas	666.09	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	646.51	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	447.59	NE		
				Hospitales generales del sector privado	6 a 10 personas	649.74	NE		
				Hospitales del sector privado de otras especialidades médicas	101 a 250 personas	252.03	NE		
				Hospitales del sector privado de otras especialidades médicas	251 y más personas	705.79	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	774.89	NE		
				Guarderías del sector privado	11 a 30 personas	731.16	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	480.16	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	199.77	NE		
				Hospitales generales del sector privado	0 a 5 personas	643.00	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Centros de acondicionamiento físico del sector privado	0 a 5 personas	509.07	NE		
				Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas	182.07	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	181.21	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	180.63	NE		
				Cl1nicas de consultorios médicos del sector privado	0 a 5 personas	180.95	NE		
				Cl1nicas de consultorios médicos del sector privado	0 a 5 personas	195.77	NE		
				Cl1nicas de consultorios médicos del sector privado	0 a 5 personas	181.00	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	181.14	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	181.16	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	181.21	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	180.69	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	180.75	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	0 a 5 personas	180.71	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	6 a 10 personas	781.65	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	654.34	NE		
				Consultorios de medicina especializada del sector privado	11 a 30 personas	761.27	NE		
				Otros consultorios del sector privado para el cuidado de la salud	0 a 5 personas	795.55	NE		
				Venta de billetes de lotería, pronósticos deportivos y otros boletos de sorteo	11 a 30 personas	619.89	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	676.59	N		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	668.60	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	648.09	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	136.52	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	634.52	NE		
				Escuelas de educación n preescolar del sector público	0 a 5 personas	247.91	NE		
				Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	668.20	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	373.26	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	621.72	NE		
				Parques acuáticos	0 a 5 personas	602.84	NE		
				Escuelas de educación superior del sector privado	11 a 30 personas	548.68	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	601.25	NE		
				Consultorios dentales del sector privado	0 a 5 personas	373.26	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar	0 a 5 personas	492.17	NE		
				Restaurantes de autoservicio	0 a 5 personas	442.60	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación de pizzas, hamburguesas, hot dogs y pollos rostizados para llevar	6 a 10 personas	390.02	NE		
				Servicios de preparación	0 a 5 personas	526.17	NE		
				Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresqueras y similares	0 a 5 personas	435.93	N		
				Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresqueras y similares	0 a 5 personas	430.68	NE		
				Servicios de preparaci0n de otros alimentos para consumo inmediato	0 a 5 personas	530.80	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida	11 a 30 personas	671.76	NE		
				Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar	0 a 5 personas	617.12	NE		
				Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar	0 a 5 personas	674.56	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida	6 a 10 personas	775.12	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida	6 a 10 personas	545.25	N		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Hoteles con otros servicios integrados	31 a 50 personas	448.20	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación	0 a 5 personas	520.19	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida	11 a 30 personas	485.21	NE		
				Hoteles con otros servicios integrados	11 a 30 personas	524.98	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación	11 a 30 personas	613.98	NE		
				Hoteles sin otros servicios integrados	6 a 10 personas	740.36	NE		
				Centros nocturnos, discotecas y similares	11 a 30 personas	417.68	NE		
				Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar	0 a 5 personas	600.64	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación n de alimentos a la carta o de comida corrida	0 a 5 personas	516.13	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	749.69	N		
				Estacionamientos y pensiones para vehículos automotores	0 a 5 personas	139.90	NE		
				Otros servicios de reparaci5n y mantenimiento de automóviles y camiones	0 a 5 personas	774.25	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	0 a 5 personas	566.11	NE		
				Lavado y lubricado de autom2viles y camiones	6 a 10 personas	569.79	NE		
				Otras reparaciones mec0nicas de automóviles y camiones	0 a 5 personas	522.96	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Asociaciones y organizaciones civiles	0 a 5 personas	690.29	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	0 a 5 personas	599.29	NE		
				Estacionamientos y pensiones para vehículos automotores	0 a 5 personas	725.97	NE		
				Estacionamientos y pensiones para vehículos automotores	0 a 5 personas	515.90	NE		
				Estacionamientos y pensiones para vehículos automotores	0 a 5 personas	458.11	NE		
				Sanitarios públicos y boleras	0 a 5 personas	533.03	N		
				Salones	0 a 5 personas	424.18	N		
				Lavado y lubricado de autom4viles y camiones	0 a 5 personas	766.70	NE		
				Lavado y lubricado de autom3viles y camiones	0 a 5 personas	774.41	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación n de alimentos a la carta o de comida corrida	51 a 100 personas	373.23	NE		
				Asociaciones y organizaciones civiles	0 a 5 personas	532.41	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación n de tacos y tortas	0 a 5 personas	604.57	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación n de tacos y tortas	0 a 5 personas	690.85	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación n de tacos y tortas	0 a 5 personas	540.99	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación n de tacos y tortas	0 a 5 personas	474.54	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Salones y clínicas de belleza y peluquería	0 a 5 personas	472.44	N		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	682.92	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	0 a 5 personas	531.20	NE		
				Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	0 a 5 personas	774.22	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	635.41	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	308.29	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	141.64	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	6 a 10 personas	348.34	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	11 a 30 personas	325.51	NE		
				Salones y clínicas de belleza y peluqueras	0 a 5 personas	731.22	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	647.97	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	464.27	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	609.42	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	6 a 10 personas	707.75	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Reparaci2n y mantenimiento de equipo electrónico de uso doméstico	0 a 5 personas	728.09	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	516.63	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	565.61	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	524.72	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	661.87	NE		
				Salones y clínicas de belleza y peluquería	0 a 5 personas	509.07	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	779.22	NE		
				Reparación n menor de llantas	0 a 5 personas	628.79	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	6 a 10 personas	636.98	NE		
				Reparación n menor de llantas	0 a 5 personas	566.42	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	421.42	NE		
				Lavanderías y tintorer0as	0 a 5 personas	736.58	NE		
				Salones y clínicas de belleza y peluquería	0 a 5 personas	637.20	NE		
				Salones y clínicas de belleza y peluquería	0 a 5 personas	691.88	NE		
				Salones y clínicas de belleza y peluquería	0 a 5 personas	796.78	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Otros servicios de reparaci8n y mantenimiento de automóviles y camiones	0 a 5 personas	553.46	NE		
				Salones y cl1nicas de belleza y peluquerías	0 a 5 personas	755.66	NE		
				Lavado y lubricado de autom9viles y camiones	6 a 10 personas	754.01	NE		
				Salones y clínicas de belleza y peluquerías	0 a 5 personas	651.94	NE		
				Salones y clínicas de belleza y peluquerías	0 a 5 personas	408.26	NE		
				Salones y clínicas de belleza y peluquerías	0 a 5 personas	451.08	NE		
				Reparación n menor de llantas	0 a 5 personas	774.25	NE		
				Reparación n menor de llantas	0 a 5 personas	627.68	NE		
				Hojalatería y pintura de automóviles y camiones	0 a 5 personas	480.11	NE		
				Hojalatería y pintura de automóviles y camiones	0 a 5 personas	584.53	NE		
				Salones y clínicas de belleza y peluquerías	0 a 5 personas	796.78	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	359.76	NE		
				Hojalatería y pintura de automóviles y camiones	0 a 5 personas	410.71	NE		
				Baños públicos	0 a 5 personas	663.89	NE		
				Salones y cl1nicas de belleza y peluquerías	0 a 5 personas	381.06	NE		
				Reparación mecánica en general de automóviles y camiones	0 a 5 personas	472.22	NE		
				Asociaciones y organizaciones civiles	0 a 5 personas	416.75	NE		
				Reparación mec9nica en general de automóviles y camiones	0 a 5 personas	677.08	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Asociaciones y organizaciones laborales y sindicales	6 a 10 personas	689.70	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	548.40	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	356.02	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	567.26	NE		
				Asociaciones y organizaciones religiosas	0 a 5 personas	388.39	NE		
				Reparación mecánica en general de automóviles y camiones	0 a 5 personas	466.88	NE		
				Reparación mecánica en general de automóviles y camiones	0 a 5 personas	477.17	NE		
				Hojalatería y pintura de automóviles y camiones	0 a 5 personas	416.75	NE		
				Reparación y mantenimiento de otro equipo electrónico y de equipo de precisión	0 a 5 personas	408.75	NE		
				Administración pública en general	6 a 10 personas	752.23	NE		
				Administración pública en general	0 a 5 personas	662.39	NE		
				Administración pública en general	0 a 5 personas	662.39	NE		
				Impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público	11 a 30 personas	752.90	NE		
				Regulación n y fomento del desarrollo económico	0 a 5 personas	67.33	NE		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Asentamiento	Personas	Distancia (metros)	Orientación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Administración pública en general	0 a 5 personas	576.67	NE		
				Regulación y fomento del desarrollo económico	11 a 30 personas	662.39	NE		
				Administración pública en general	0 a 5 personas	662.39	NE		
				Regulación y fomento del desarrollo económico	0 a 5 personas	510.92	NE		
				Impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público	0 a 5 personas	476.18	NE		
				Administración pública en general	0 a 5 personas	662.39	NE		
				Reparación menor de llantas	0 a 5 personas	669.19	NE		
				Administración pública	6 a 10 personas	555.76	N		
				Administración pública en general	101 a 250 personas	679.24	NE		
				Administración pública en general	11 a 30 personas	402.18	NE		
				Administración pública en general	0 a 5 personas	473.77	NE		
				Impartición n de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público	0 a 5 personas	662.39	NE		
				Regulación y fomento de actividades para mejorar y preservar el medio ambiente	6 a 10 personas	632.57	NE		
				Actividades de seguridad nacional	11 a 30 personas	771.17	NE		

Tabla 79. Interacciones de riesgo con infraestructura en un radio de 800 metros

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
ESC_4_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 39.89/89.27/165.23 **Sobrepresión** 38.69/180.25/306.4	Vía férrea	Trasporte de carga-En operación	0	N, S, E, W	• Sistema de comunicación SCADA. • Se cuenta con una conexione para alimentación al sistema a través del gasoducto de TETCO y Tennessee. • Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. • Línea de by-pass, 2"-GN para servicio en caso de emergencia. • Indicador de posición cerrado (ZIC-100, 101, 102, 107, 108, 109) • Indicador de posición abierto (ZIO-100, 101, 102, 107, 108, 109) • Transmisor indicador de presión (PIT-100, 200, 300, 301) • Indicador de temperatura (TI-100, 101, 200, 201, 300, 301). • Contador de Flujo (FQI). • Válvula de Corte de Suministro (ESDV) • Válvula de Seguridad (PSV) • Válvula de Bloque (XV) • Ante un evento de emergencia, se ordenará cerrar alguna de las válvulas de seccionamiento en el trazo del sistema de transporte. • Sistema de comunicación	• Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (TETCO y Tennessee). • Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural. • Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. • Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos. • Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento. • Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para
				LT	L.T. Rio Bravo - Parque Industrial	0	N, S, E, W		
ESC_5_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 184.51/415.80/770.54 **Sobrepresión** 38.69/180.25/306.40	LT	L.T. Pemex - Jarachina	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.							SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. • Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en la estación de compresión para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Libramiento-Reynosa. • Las estaciones de regulación y control cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de regulación se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte. • Sistema de Control de Procesos (SCP). • Sistema de Fuego y Gas (SFG) • Sistema de Detección de Fugas (SDF) • Sistema SCADA. • Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. • Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar. • Válvulas Electrohidráulicas (SDV) Procedimiento de certificación de materiales. • Integridad y protección mecánicas	asegurar las condiciones seguras del sitio. • Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual. • Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. • Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. • Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia. • Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19) previo a la temporada de lluvias. • Instalar testigos de corrosión antes de iniciar operaciones en la llegada de la trampa de recibo y en la salida de la trampa de envío.
ESC_6_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24”Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	Gasoducto de 24”	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 39.89/89.27/165.23 **Sobrepresión** 61.88/288.27/490.01	LT	L.T. Anzaldúas-Petrolera	0	N, S, E, W		
ESC_7_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24”Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con	Gasoducto de 24”	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 184.51/415.80/770.54 **Sobrepresión** 180.83/842.90/1432.79	LT	L.T. Aeropuerto - Villa De García	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.							• Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. • Procedimiento de certificación de materiales. • Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto V-400-sistema de protección catódica.pdf. • Especificaciones postes de medición V-300.pdf • Programa de vigilancia epidemiológica. • Pruebas PCR. • Medidas sanitarias. • En las memorias de cálculo y diseño se consideran las tensiones a las que está expuesto el ducto, según la clase de localización 4. • En cruzamientos se han tomado medidas de seguridad adicionales como mayor profundidad de ductos, encamisados, encofrados. • La zona sísmica del proyecto es la A y B, las de menor peligro en el país, zona donde comúnmente no se pueden presenciar sismos. • Ducto enterrado, el suelo proporciona aislamiento, en instalaciones superficiales se cuenta son sistema de gas y fuego. • La temperatura máxima de la	
ESC_8_GLR	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 12” Φ a la salida del patín de regulación hacia City Gate Parque Puente, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	EMRyC Anzaldúas	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 64.59/151.20/281.98 **Sobrepresión** 24.09/112.22/190.76	LT	L.T. Anáhuac - Aeropuerto	0	N, S, E, W		
ESC_9_GLR	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 18” Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de	Gasoducto de 24”	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 69.95/175.57/330.78 **Sobrepresión** 60.16/280.27/476.72	LT	L.T. Huinalá-Aeropuerto	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.							superficie de cualquier equipo o línea ubicada en una zona de riesgo, en condiciones normales de funcionamiento y anormales, no excederá la clase de temperatura de la zona peligrosas designada (T1 = 450°C). • El diseño de las instalaciones superficiales en EMRyC, SDV's cuentan con drenaje pluvial. • Sistema de paro por producto fuera de especificación. • Doble tren de regulación para dar mantenimiento a uno sin interrumpir el suministro al cliente.	
ESC_10_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 39.63/88.72/164.22 **Sobrepresión** 37.70/175.52/298.53	LT	L.T. Aeropuerto-Rio Bravo	0	N, S, E, W		
ESC_11_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 179.83/406.14/752.90 **Sobrepresión** 110.23//513.52/872.91	LT	L.T. Aeropuerto-El Cuchillo	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.								
ESC_12_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 39.90/87.28/161.45 **Sobrepresión** 78.01/363.43/617.78	LT	L.T. Rio Bravo - Petrolera	0	N, S, E, W		
ESC_13_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 179.83/406.14/752.90 **Sobrepresión** 228.11//1062.89/1806.40	LT	L.T. Rio Bravo - Aeropuerto	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.								
ESC_14_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 39.90/87.28/161.45 **Sobrepresión** 37.79/175.62/298.53	Carretera	Número 97-Dos carriles-Federal	0	N, S, E, W		
ESC_15_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 179.83/406.14/752.90 **Sobrepresión** 110.23//513.52/872.91	Carretera	Sin Nombre-Dos carriles-Estatal	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.								
ESC_16_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 38.20/87.20/161.45 **Sobrepresión** 99.95/465.65/791.52	Carretera	N/A-Un carril-N/A	0	N, S, E, W		
ESC_17_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 179.83/406.14/752.90 **Sobrepresión** 292.27/1361.56/2314.42	Carretera	N/A-Dos carriles-N/A	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.								
ESC_18_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 39.90/87.20/161.45 **Sobrepresión** 71.87/334.81/569.13	Carretera	N/A-Dos carriles-N/A	0	N, S, E, W		
ESC_19_GLR	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de	Gasoducto de 24"	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 179.83/406.14/752.90 **Sobrepresión** 205.33/956.52/1625.95	Carretera	N/A-Un carril-N/A	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.								
ESC_20_GLR	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 36" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Monterrey, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	EMRyC Estación 19	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 249.59/567.40/1053.05 **Sobrepresión** 133.31/621.05/1055.58	Carretera	N/A-Un carril-N/A	0	N, S, E, W		
ESC_21_GLR	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de	EMRyC Estación 19	**Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA** 99.69/245.82/462.0 **Sobrepresión** 77.41/360.64/613.03	Carretera	N/A-Un carril-N/A	0	N, S, E, W		
				Carretera	Número 2-Seis carriles-Federal	0	N, S, E, W		
				Carretera	Número 2-Cuatro carriles-Federal	0	N, S, E, W		
				Carretera	Sin Nombre-Dos carriles-Estatal	0	N, S, E, W		
				Carretera	Sin Nombre-Dos carriles-Estatal	0	N, S, E, W		
				Carretera	N/A-Un carril-N/A	0	N, S, E, W		
				Carretera	N/A-Un carril-N/A	0	N, S, E, W		
				Carretera	Número 40-Cuatro carriles-Federal	0	N, S, E, W		
				Calle de Primer Orden	Calle de Primer Orden - Luis Echeverría	0	N, S, E, W		
				Calle de Primer Orden	Calle de Primer Orden - Luis Echeverría	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
	gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			Calle De Tercer Orden	Calle de tercer orden-Alondra	275.88	NW		
				Calle De Tercer Orden	Alsacia	164.45	NW		
				Calle De Tercer Orden	Alsacia	273.99	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	169.21	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	218.24	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	119.81	NW		
				Calle De Tercer Orden	Bustamante	263.19	NW		
				Calle De Tercer Orden	Calandrias	271.23	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	215.89	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	215.89	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	217.05	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	117.81	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	166.22	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	215.46	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	358.04	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	216.10	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	335.31	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	125.15	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	247.62	NW		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	184.55	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	246.05	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	278.50	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	207.65	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	154.28	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	285.70	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	238.05	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	327.74	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	243.16	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	321.16	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	268.78	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	265.74	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	363.74	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	493.35	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	496.42	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	640.89	NW		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	455.23	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	406.55	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	342.43	NW		
				Calle De Tercer Orden	Cenzontle	273.11	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	96.75	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	272.40	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	23.53	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	337.88	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	453.57	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	50.41	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	428.06	NW		
				Calle De Tercer Orden	Comales	204.61	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	293.80	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	474.23	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	216.83	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	142.56	NW		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	205.49	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	182.68	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Ninguno	131.42	NW		
				Calle De Tercer Orden	Del Niño	303.98	NW		
				Calle De Tercer Orden	Pedregal	48.36	NW		
				Calle De Tercer Orden	Pedregal	120.55	NW		
				Calle De Tercer Orden	Prado De Oriente	121.35	NW		
				Calle De Tercer Orden	Prado Del Centro	92.28	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Prado	131.42	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Prados Del Norte	219.11	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Prisco	414.36	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Retorno De La Curva	350.26	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Retorno Tucanes	328.22	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Soria	406.52	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Terán	128.73	NW		
				Calle De Tercer Orden	Elpidio Javier	362.32	NW		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Calle De Tercer Orden	Ferrocarril	343.77	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ferrocarril Oriente	277.78	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ferrocarril Poniente	52.20	NW		
				Calle De Tercer Orden	Prado Del Centro	158.18	NW		
				Calle De Tercer Orden	Prados De Estío	119.41	NW		
				Calle De Tercer Orden	Prados De Primavera	119.81	NW		
				Calle De Tercer Orden	Prados Del Norte	216.95	NW		
				Calle De Tercer Orden	Principal	272.15	NW		
				Calle De Tercer Orden	Principal	184.55	NW		
				Calle De Tercer Orden	Privado	342.16	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Valle Hermoso	245.26	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Villarreal	324.31	NW		
				Calle De Tercer Orden	Golondrinas	317.38	NW		
				Calle De Tercer Orden	Retorno A Corrales 1	400.32	NW		
				Calle De Tercer Orden	Retorno A Corrales 2	384.19	NW		
				Calle De Tercer Orden	Río Bravo	262.58	NW		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Calle De Tercer Orden	Gorrión	275.35	NW		
				Calle De Tercer Orden	Guadalupe López Velarde	236.81	NW		
				Calle De Tercer Orden	Río Hondo	299.83	NW		
				Calle De Tercer Orden	Santa Eustolia	286.56	NW		
				Calle De Tercer Orden	León De La Barra	124.39	NW		
				Calle De Tercer Orden	Toulon	49.95	NW		
				Calle De Tercer Orden	Lorena	92.08	NW		
				Calle De Tercer Orden	Luxemburgo	29.50	NW		
				Calle De Tercer Orden	Manuel González	259.94	NW		
				Calle De Tercer Orden	Manzano	153.69	NW		
				Calle De Tercer Orden	Mariano Escobedo	128.42	NW		
				Calle De Tercer Orden	Valentín Gómez Farías	32.18	NW		
				Calle De Tercer Orden	Valle Hermoso	90.81	NW		
				Calle De Tercer Orden	Venustiano Carranza	143.23	NW		
				Calle De Tercer Orden	Venustiano Carranza	236.90	NW		
				Calle De Tercer Orden	Mirlo	276.85	NW		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Calle De Primer Orden	Luis Echeverría	356.94	NW		
				Calle De Cuarto Orden	A	80.31	NW		
				Calle De Cuarto Orden	B	37.01	NW		
				Calle De Cuarto Orden	C	53.28	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Coronado	361.84	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Cristóbal Colón	522.80	NW		
				Calle De Cuarto Orden	D	10.27	NW		
				Calle De Cuarto Orden	De La Rosa	334.50	NW		
				Calle De Cuarto Orden	G. Robinson Deandar	204.61	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	422.00	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	462.45	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	477.98	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	543.39	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	543.39	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	543.39	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	545.42	NW		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	140.45	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	155.67	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	140.45	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	211.75	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	351.55	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	453.87	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	453.87	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	534.29	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	381.75	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	442.89	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	536.38	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	381.75	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	418.74	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	361.39	NW		
				Calle De Tercer Orden	Ninguno	399.27	NW		
				Calle De Cuarto Orden	Mariano Escobedo	284.35	NW		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Vereda	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	0	N, S, E, W		
				Camino	Vereda	0	N, S, E, W		
				Camino	Brecha	747.65	N		

Hipótesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Elemento	Descripción	Distancia al proyecto (m)	Ubicación (N,S,E,O,SE,NO,SO, NE)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Brecha	227.99	E		
				Camino	Brecha	251.17	W		
				Camino	Brecha	367.39	W		
				Camino	Brecha	61.59	E		
				Camino	Brecha	199.45	N		

VII. REPOSICIONAMIENTO DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO

El árbol de sucesos es una sencilla técnica de análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos que permite estudiar procesos secuenciales de hipotéticos accidentes a partir de sucesos iniciales indeseados, verificando así́ la efectividad de las medidas preventivas existentes y valorar de manera adecuada la frecuencia y consecuencia de los riesgos identificados y analizados.

Ante un determinado y posible accidente (normalmente grave) que puede ser generado por una multiplicidad de causas y circunstancias adversas, trata de conocer todas las posibles vías desencadenantes, identificando los fallos básicos y originarios.

La probabilidad de materialización de tales fallos también deberá ser averiguada, para poder estimar cual es la del acontecimiento final en cuestión. Es, como vemos, una técnica inductiva de tipo cualitativo y cuantitativo, más compleja que la anterior, debido a que incorpora el análisis probabilístico.

El **"árbol de sucesos"**, es una técnica de algún modo complementaria al **"árbol de fallos y errores"**. Esta técnica del árbol de sucesos, desarrolla un diagrama grafico secuencial a partir de sucesos "iniciadores" o desencadenantes de incidencia significativa y, por supuesto indeseados, para averiguar todo lo que puede acontecer y, en especial, comprobar si las medidas preventivas existentes o previstas son suficientes para limitar o minimizar los efectos negativos.

Evidentemente tal suficiencia vendrá determinada por el correspondiente análisis probabilístico que esta técnica también acomete.

VII.1. Metodología de árbol de sucesos

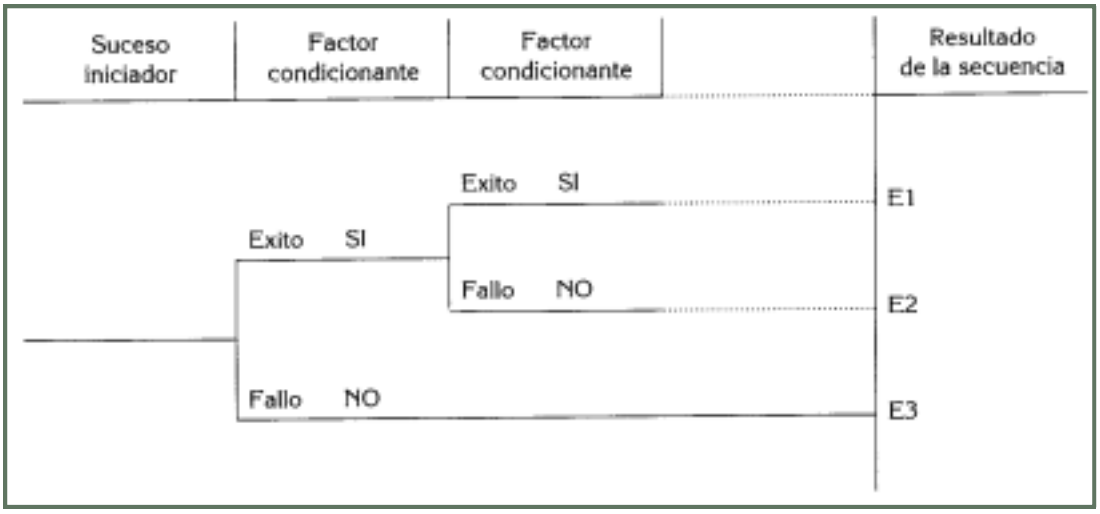
El árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos es un método inductivo que describe la evolución de un suceso iniciador sobre la base de la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas.

Partiendo del suceso iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a distintos eventos.

VII.1.1. Construcción de árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos

La construcción del árbol comienza por la identificación de los N factores condicionantes de la evolución del suceso iniciador. A continuación, se colocan estos como cabezales de la estructura gráfica. Partiendo del iniciador se plantea sistemáticamente dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso condicionante y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia de este.

Figura. 118. Esquema general de un árbol de sucesos.



Se obtienen así 2^N combinaciones o secuencias teóricas. Sin embargo, las dependencias entre los sucesos hacen que la ocurrencia o éxito de uno de ellos pueda eliminar la posibilidad de otros, reduciéndose así el número total de secuencias. La disposición horizontal de los cabezales se suele hacer por orden cronológico de evolución del accidente.

VII.1.2. Evaluación del árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos

El árbol de sucesos así definido tiene las siguientes características:

- El suceso iniciador viene determinado por una frecuencia (f), expresada normalmente en eventos por año.
- Los N factores condicionantes son sucesos definidos por su probabilidad de ocurrencia: pi, i=1,N.
- Los sucesos complementarios de estos tienen asociados, según una probabilidad de 1-pi, i=1,N.

Como se considera que los factores condicionantes son sucesos independientes, cada una de las secuencias, s, tiene asociada una frecuencia, f, de:

$$\mathbf{F_s = f \prod p_i\ (1\text{-}p_i) = 1.\ N_{ij} = 1,\ n_j}$$

Siendo:

N_i: el número de sucesos de éxito de la secuencia s.

N_j: el número de sucesos de fallo de la secuencia s.

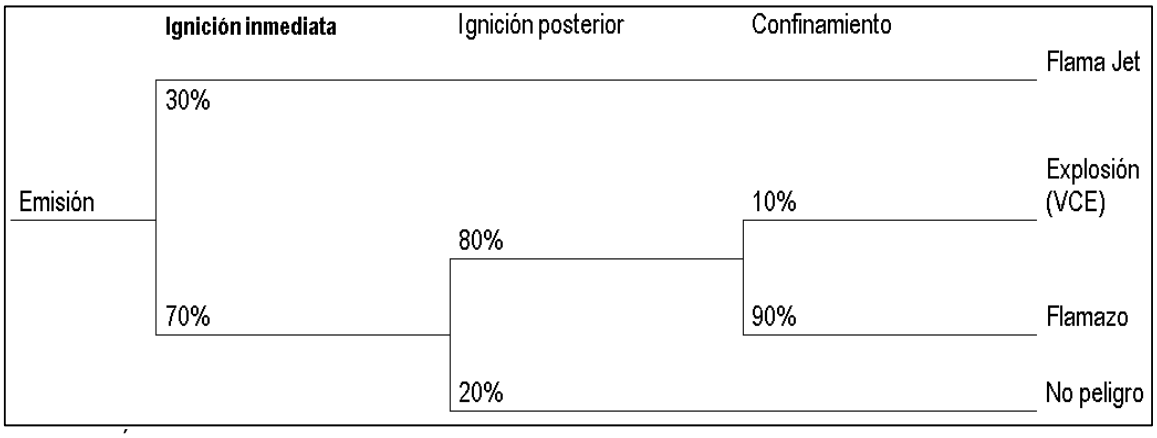
De esta forma también se cumple que la suma de las frecuencias de todas las secuencias accidentales es igual a la frecuencia del iniciador:

$$\mathbf{\prod f_s = f}$$

La obtención de los valores p_i se basa generalmente en datos bibliográficos, estimaciones de expertos o en la aplicación de la técnica del árbol de fallos descrita en el punto anterior.

Una vez dado el incidente de fuga y mediante el estudio y análisis de varios casos de fugas de gas natural en ductos (Ref.: (Mathurkar H.N., Gupta A)[7], se llegó a la conclusión que el gas natural emitido puede desencadenar una serie de eventos, los cuales se describen con sus probabilidades en la siguiente figura.

Figura. 119. Árbol de eventos derivados de una fuga de gas



Fuente: Mathurkar H.N., Gupta A, National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), Nagpur, India

VII.1.3. Evaluación del árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos establecidos

Suceso 1: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 1.84E-04

Suceso 2: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 1.25E-03

Factores condicionantes de la evolución del suceso que se indican en la cabecera del esquema:

- **Ignición inmediata**. Representa la probabilidad de que se produzca la ignición en el momento de la fuga. Se considera que la probabilidad de que esto ocurra es de 0.3.
- **Ignición retardada.** La probabilidad de encendido retardado depende del punto final del cálculo. En el cálculo del riesgo específico del lugar solo se tienen en cuenta las fuentes de ignición en el lugar del establecimiento.

[7] Cross-country Pipeline Safety Assessment Mathurkar H.N., Gupta A, National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), Nagpur, India

La probabilidad de ignición retardada está dada por:

- $P_{\text{ignición retardada}} = 1 - P_{\text{ignición directa}}$

El suceso complementario tiene una probabilidad de 1-0.3 = 0.7.

- **Correcto funcionamiento de la Válvula de seccionamiento (MLV's).** Se refiere a la puesta de cierre, en caso de una caída súbita de presión (line break) en el ducto en un lapso; esta detección se realizará a través del Transmisor de Presión dedicado para esta función, el cual enviará una señal al Controlador de la MLV para energizar la válvula solenoide del Sistema de Emergencia de la SDV (módulo ESD) y llevarla a su posición Cerrada. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema de Control de Proceso.** Se refiere a las funciones de control y supervisión de toda la instrumentación de campo y equipos paquete involucrados con el sistema. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema de Detección de Fugas.** La función principal del SPE es monitorear las variables relacionadas con las funciones de seguridad y en caso de presentarse alguna condición no segura, activar los elementos finales de control para mantener el área de compresión segura y salvaguardar la integridad del personal operativo y de las instalaciones. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto Funcionamiento del Sistema de Fuego y Gas**. Las Estaciones de Compresión contaran con un sistema de detección de fuego y gas, el cual estará localizado en el **CCP**; tendrá como función principal detectar oportunamente un conato de incendio o fuga de gases/vapores inflamables para alertar al personal y para ejecutar las funciones de seguridad necesarias para la protección de las personas y se minimicen los daños materiales y perdidas económicas. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema SCADA.** Se refiere al correcto monitoreo satelital de los sistemas de control o salvaguardas. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Condiciones para generar una UVCE.** Representa la probabilidad de que el gas entre límites de inflamabilidad sea suficiente para dar lugar a una explosión no confinada. Se estima esta probabilidad en 0.1.

Tabla 80. Sistemas de seguridad o salvaguardas principales para los componentes del STGN presentes en los sucesos del árbol de eventos

SUCESO	DESCIPCIÓN	SCADA	SCP	MLV'S	SPE	SFG
1	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	X	X	X		
2	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.		X		X	X

Tabla 81. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 1

Evento	Frecuencia eventos/año
Jet Fire	7.77E-09
Explosión	1.45E-09
Dispersión	2.82E-04

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

Descripción de las consecuencias Suceso 1

Primera consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 24" Ø
- Funcionamiento correcto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento SDV's.
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 2.56E-04.

Segunda consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 24" Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA,
- Funcionamiento correcto Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento SDV's.
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 2.56E-05.

Tercera consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 24" Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA y Sistema de Control de Proceso (SCP)
- Funcionamiento correcto Válvulas de seccionamiento SDV's.
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 2.56E-07.

Cuarta consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 24" Ø

- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento SDV's.
- Funcionamiento correcto
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Chorro de Fuego (Jet Fire) con frecuencia de 7.77E-09.

Quinta consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 24" Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento SDV's.
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Ignición retardada de la nube inflamable
- Condiciones para generar UVCE
- Explosión (Sobrepresión) con frecuencia de 1.45E-09.

Sexta consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 24" Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento SDV's.
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Ignición retardada de la nube inflamable
- No hay condiciones para generar UVCE
- Dispersión con frecuencia de 1.63E-09.

Séptima consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 24" Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento SDV's.
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- No hay ignición retardada de la nube inflamable
- Dispersión con frecuencia de 3.63E-10.

Tabla 82. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 2

Suceso	Frecuencia eventos/año
Jet Fire	1.46E-10
Explosión	2.72E-10
Dispersión	5.29E-04
Conato de incendio controlado	1.44E-07

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

Descripción de las consecuencias Suceso 2

Primera consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de salida del patín de regulación en las estaciones de **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19 nueva**.
- Funcionamiento correcto del Sistema de Control de Proceso (SCP), Sistema de Paro de Emergencia (SPE) y Sistema de Fuego y Gas (SFG).
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 4.81E-04.

Segunda consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de salida del patín de regulación en las estaciones de **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19 nueva**.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP)
- Funcionamiento correcto Sistema de Paro de Emergencia (SPE) y Sistema de Fuego y Gas (SFG).
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 4.81E-05.

Tercera consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de salida del patín de regulación en las estaciones de **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19 nueva**.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento correcto Sistema de Fuego y Gas.
- Conato de incendio controlado con frecuencia de 1.44 E-07.

Cuarta consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de salida del patín de regulación en las estaciones de **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19 nueva**.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Chorro de Fuego (Jet Fire) con frecuencia de 1.46E-10.

Quinta consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de salida del patín de regulación en las estaciones de **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19 nueva**.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Ignición retardada de la nube inflamable
- Condiciones para generar UVCE
- Explosión (Sobrepresión) con frecuencia de 2.72E-10.

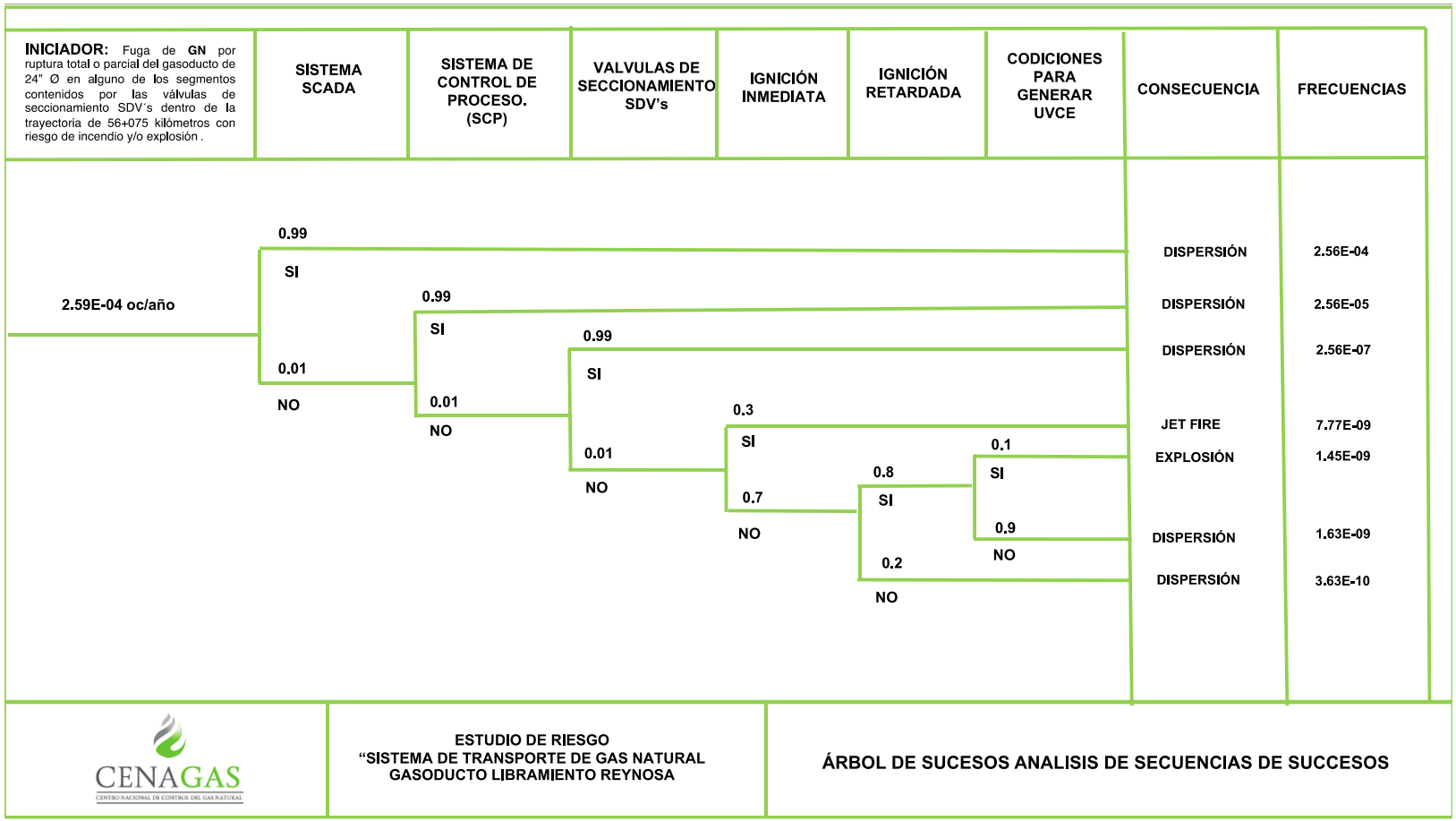
Sexta consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de salida del patín de regulación en las estaciones de **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19 nueva**.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Ignición retardada de la nube inflamable
- No hay condiciones para generar UVCE
- Dispersión con frecuencia de 3.06E-09.

Séptima consecuencia

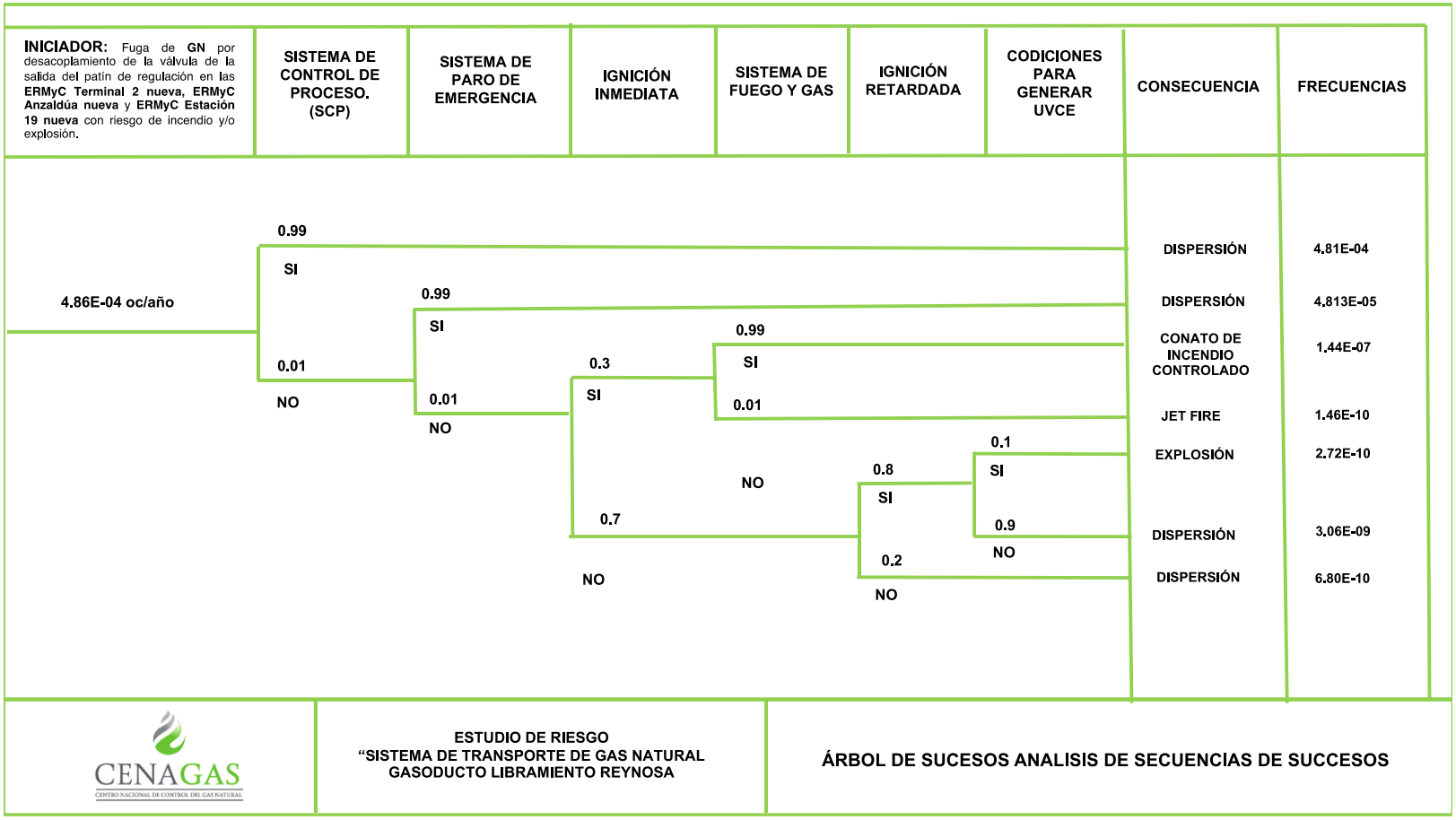
- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de salida del patín de regulación en las estaciones de **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19 nueva**.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- No hay ignición retardada de la nube inflamable
- Dispersión con frecuencia de 6.80E-10.

Figura. 120. Análisis de árbol de eventos del Suceso 1



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

Figura. 121. Análisis de árbol de eventos del Suceso 2



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

Cabe señalar que en el análisis **HAZOP** a fin de estimar los máximos daños posibles, en identificación y jerarquización de riesgos, no se han considerado los controles y medidas de reducción de riesgos (salvaguardas, protecciones o barreras) para asignar los valores de frecuencia y consecuencia. En este sentido, haciendo un reposicionamiento de escenarios de riesgo donde se consideran las medidas preventivas de seguridad y mitigación de riesgos y los protocolos de respuesta a emergencias para la reducción de frecuencias se tienen los siguientes resultados.

Tabla 83. Frecuencias utilizadas en el HAZOP y frecuencias calculadas con base en las salvaguardas establecidas

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/año	Tipo
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)	Sin considerar las salvaguardas establecidas del STGN (>1.0E-01 a ≤2.0E-01)
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)	Considerando las salvaguardas del STGN. (1.45E-09 a 3.66E-10)

Con base en lo anterior se estima el riesgo inherente y el riesgo residual

Riesgo Inherente: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán Riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el Riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de Riesgos. El riesgo inherente es el valor obtenido del análisis del árbol de fallas, considerando las probabilidades de las tasas de falla que se presentan.

Riesgo Residual: Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo Inherente; el Riesgo Residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido. El riesgo residual es el valor obtenido del análisis del árbol de sucesos a partir del valor del riesgo inherente considerando las medidas de reducción y mitigación de riesgos.

A continuación de se presentan el reposicionamiento de los escenarios de riesgo identificados dentro del **HAZOP** para el **STGN Gasoducto Libramiento Reynosa**.

Con base en los resultados del reposicionamiento de los escenarios de riesgo se tiene con los sistemas de seguridad establecidos para el proyecto **STGN** **los escenarios de riesgo que posiblemente se esperarían se encuentran la región de riesgo tolerable.**

Tabla 84. Sobreposición de los escenarios de riesgo

Escenario	Desviación	Descripción	Sin medidas de reducción y mitigación de riesgos				Con medidas de reducción y mitigación de riesgos			
			Nivel de riesgos	Frecuencia	Consecuencia	Riesgo inherente	Nivel de riesgos	Frecuencia	Consecuencia	Riesgo residual
ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) Más corrosión	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	**16 B**	4	4	1.849E-04	**4 D**	1	4	7.77E-09
ESC_2	Más flujo	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.		4	4	1.25E-03		1	4	2.72E-10

VIII. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO

VIII.1.- SISTEMAS DE SEGURIDAD

VIII.1.1.- Sistema de Fuego y Gas

VIII.1.1.1. Lógica de operación

Inmediatamente después de haberse generado el estado de alarma o falla de un solo detector de fuego, se deberá generar un desplegado gráfico de forma automática y en tiempo real en la pantalla de la estación de operación (**IHM**) del Sistema de Gas y Fuego. Dicho desplegado gráfico deberá mostrar: la identificación de los detectores, el estado de los detectores (condición normal, alarma, falla o en calibración), su ubicación, la hora del evento de alarma, falla o calibración de los dispositivos.

El Sistema de Gas y Fuego (**SGF**) debe estar configurado para que con la activación de dos detectores de fuego (confirmación de fuego), se deberá generar un desplegado gráfico en la estación de operación (**IHM**) del Sistema de Gas y Fuego, donde se muestren los detectores de fuego en alarma.

Así mismo, se desactivarán la Alarmas Visibles color Verde y se activará la Alarmas Visibles color Rojo, así como también las alarmas Audibles con tono de Sirena y mensaje de “Fuego” de los semáforos ubicados en campo. Ambas alarmas (visible color roja y audible, serán desactivadas cuando deje de existir la condición que origino la señal de alarma), encendiéndose las Alarmas Visibles color Verde de los semáforos de estado en campo, siempre y cuando no existan más condiciones de alarma presentes.

El orden de prioridad de los eventos del tipo de detección automática ó manual se indica en la siguiente.

Los detectores deben ejecutar pruebas en activación manual y automática de integridad óptica y deben tener salida analógica de 0 mA-20 mA, los cuales enviaran las señales analógicas al **SGF**, el cual registrará y notificará las siguientes condiciones:

- Falla del detector.
- Falla del suministro de energía
- Lente sucio.
- Operación normal.
- Alarma por fuego.
- Fuego confirmado.

VIII.1.1.2. Ubicación

Para definir la ubicación de los detectores de flama se debe cumplir con el traslape de los campos de visión en el área a proteger, así como la relación entre la sensibilidad y la separación del detector de flama.

La ubicación y el espaciamiento de los detectores deben resultar de una evaluación basada en los criterios de la ingeniería que incluyan:

a) El tamaño del incendio esperado.

b) El combustible involucrado.

c) La sensibilidad del detector.

d) El campo de visión del detector.

e) La distancia entre el incendio y el detector.

f) La absorción de energía radiante de la atmósfera.

g) La presencia de fuentes de emisiones radiantes ajenas.

h) El propósito de la instalación o proceso a proteger.

i) El tiempo de respuesta requerido.

Los detectores de flama (tipo **IR3**) se instalarán en el exterior, en áreas de trampas de diablos, sistema de filtrado, regulación de flujo, regulación de presión y medición de flujo de gas, deben detectar flama a largas distancias en tres bandas del espectro IR. El ángulo del campo de visión debe ser de al menos 95° en vertical y 100° en horizontal, deben estar dirigidos siempre por debajo de la horizontal entre 10° y 20° por lo menos para prevenir el reflejo de la luz en el horizonte. La cobertura del detector debe ser como mínimo de 45 m para detectar flamas de diésel y de 65 m para detectar flamas de gasolina.

De acuerdo a la aplicación, el detector debe responder a la radiación en el rango de 4,2-4.7 micrones, buscando patrones específicos de parpadeo de una flama por hidrocarburos, para confirmar fuego.

Los detectores deben usar tecnología de microprocesadores para analizar las longitudes de onda IR detectadas, así́ como información térmica de múltiples fuentes de combustión, para posteriormente relacionarlas entre sí con patrones de flama preprogramadas, minimizando falsas alarmas.

La posición del detector debe reducir al mínimo la acumulación de contaminantes en la ventana de visión como, suciedad, aceite y rociado de pintura, que pueden ser capaces de atenuar la radiación IR afectando la respuesta del detector, además se debe cuidar que no sea bloqueado el campo de visión por elementos estructurales.

VIII.1.1.3. Detección de gas combustible (mezclas explosivas)

Lógica de operación

La lógica de operación será que al activarse uno de los detectores de gas combustible (GC) por detección de baja concentración de gas combustible (20% LEL) al cual fue configurado, se desactivarán las Alarmas Visibles color Verde y se activarán las Alarmas Visibles Amarillas (estroboscópicas) de los semáforos localizados en campo (30 segundos activado y 30 segundos desactivado) mientras se mantenga el mismo nivel de concentración de gas. Si la presencia de gas continúa y el detector censa que se ha alcanzado el nivel alta concentración de gas combustible (40% **LEL**) al cual fue configurado, se activará la Alarma Audible (tono de corneta continua y mensaje

hablado de “alta concentración de gas combustible”). Si la presencia de gas continúa y el detector censa que se ha alcanzado el nivel de muy alta concentración de gas combustible (60% **LEL**) al cual fue configurado, se activará la alarma audible (tono de corneta continua y mensaje hablado de “muy alta concentración de gas combustible”) y las Alarma Visible Amarillas (estroboscópicas) se activarán de manera permanente en todos los semáforos localizados en campo. Ambas alarmas (audible y visible) serán desactivadas cuando deje de existir la condición que genera la señal de alarma, y se activarán las Alarmas Visibles color Verde de todos los semáforos localizados en campo, siempre y cuando no existan más alarmas presentes.

Así mismo inmediatamente después de haberse generado el estado de alarma o falla de cualquier detector de gas combustible, se deberá generar un desplegado gráfico de forma automática y en tiempo real en la pantalla de la estación de operación (**IHM**) del Sistema de Gas y Fuego. Dicho desplegado gráfico deberá mostrar: la identificación de los detectores, el estado de los detectores (condición normal, alarma, falla o en calibración), su ubicación, la hora del evento de alarma, falla o calibración de los dispositivos.

Los Detectores de Gas Combustible (**GC**) deberán contar con un transmisor que convierta la salida del sensor infrarrojo (**IR**) a una señal analógica de 0-20 mA (0-4 mA para diagnóstico; 4-20 mA para medición), para comunicación con el Sistema de Gas y Fuego (**SDGF**).

Los Detectores de Gas Combustible deberán operar bajo el principio de rayos infrarrojos (**IR**), con un rango de 0-100% **LEL**. Los transmisores enviarán la señal analógica 4-20 mA correspondiente al **SDGF**, el cual registrará y notificará las siguientes condiciones:

- Detección de Gas Combustible **AAL** (baja concentración, 20% **LEL**).
- Detección de Gas Combustible **AAH** (alta concentración, 40% **LEL**).
- Muy alto nivel de Gas Combustible AAHH (muy alta concentración, 60% **LEL**)
- Condición Normal.
- Falla del Detector.
- Detector en Calibración.

La calibración debe ser no intrusiva y en la pantalla del detector se debe indicar en modo de calibración.

Los indicadores visuales de estado en la pantalla local del transmisor deben indicar las siguientes condiciones:

- Error en la calibración.
- Falla del detector.
- Falla en el procesador.
- Alto/bajo voltaje.

Ubicación

El elemento sensor del detector de hidrógeno se debe instalar dentro del cuarto de baterías y el transmisor debe quedar en la entrada, fuera del cuarto a una altura tal que sea fácil su lectura por el personal.

Alarmas audibles generales y generador de tonos

El objetivo de estas alarmas es dar a conocer a todo el personal que se encuentre en las diferentes áreas, sobre la presencia de una condición anormal (fuego, detección de gas combustible, y detección de gas hidrógeno.

Para el caso de las Alarmas Audibles, el **SDGF**, dará prioridad a los eventos, haciendo sonar el tono de la alarma correspondiente por medio del generador de tonos.

El generador de tonos será capaz de producir distintos tonos. Los diferentes tipos de tonos serán utilizados para distinguir el tipo de riesgo detectado a través de los sensores y/o estaciones manuales de alarma. Las alarmas audibles contaran con amplificador para emitir los tonos y mensajes pregrabados en el generador de tonos.

La señal de audio hacia las Alarmas Audibles se originará en el generador de tonos, que, a su vez, recibirá señales digitales (contactos secos) para la activación de cada uno de ellos desde el Sistema de Gas y Fuego (**SDGF**).

Las Alarmas Audibles serán silenciadas automáticamente al desaparecer la señal del dispositivo que la origino, esto se hará desde el **SDGF**.

La siguiente tabla muestra las características de prioridad, Riesgo / Mensaje y Tono / Sonido que deben tener el Generador de Tonos.

Tabla 85. Tonos del sistema de fuego y gas

Prioridad	Riesgo / mensaje	Tono	Audio frecuencia	Modulación (hertz)
Primera	Fuego	Sirena rápida	560 – 1055 hz	3.3. ciclos/s
Segunda	Alta concentración de gas combustible	Corneta continua	470 hz	Continuo
Tercera	Prueba / simulacro	Corneta intermitente lenta	470 hz	50 ciclos/s

Las bocinas para áreas exteriores serán del tipo corneta y aprobadas para instalación del área en que serán instaladas, de acuerdo con el plano de clasificación de áreas.

En el caso de presentarse varios eventos al mismo tiempo, solo sonará la alarma del evento que tenga mayor prioridad.

Alarmas visibles del sistema de fuego y gas

El objetivo de estas alarmas es dar a conocer a todo el personal que se encuentre en las diferentes áreas del **EMRyC**, sobre la presencia de una condición anormal (fuego y detección de gas combustible).

Las alarmas visibles deben ser aprobadas para instalación en áreas exteriores y serán del tipo continuo (luz verde) y del tipo estroboscópico (luz amarilla, y roja) y aprobadas para instalación del

área en que serán instaladas, de acuerdo con el plano de clasificación de áreas. Cada uno de los semáforos de estado estarán integrados por cuatro (3 luces).

Estaciones manuales de alarma por fuego

Lógica de operación

El objetivo de las Estaciones Manuales de Alarma por Fuego (**EMF**) es activar los dispositivos de notificación de alarma de forma manual para notificar de manera oportuna al resto del personal que se encuentre en el área, que existe un evento de alarma por fuego, y se tomen acciones inmediatas.

Cuando el Sistema de Gas y Fuego reciba la señal de activación de una de las Estaciones Manuales de Alarma por Fuego localizadas en las áreas de proceso se procederá a la ejecución de la siguiente lógica:

- Desplegado gráfico de la detección de fuego confirmado y activación de alarma audible en la estación de operación (HMI) del **SGF**.
- Desactivación de Alarmas Visibles color Verde en campo.
- Activación de Alarmas Visibles color Rojo en campo.
- Conjuntamente activación inmediata de las alarmas audibles, (tono de sirena rápida y mensaje pregrabado de: “Fuego”, mediante el generador de tonos).
- Así mismo, inmediatamente después de haberse generado el estado de alarma o falla de cualquier Estación Manual de Alarma de Fuego, se generará un reporte, el cual se guardará en el archivo histórico en los servidores redundantes, dicho reporte indicará: la identificación de la estación, ubicación, la hora del evento, y/o la falla.

Las estaciones manuales de alarma serán restablecidas en campo manualmente (mediante llave) por el operador.

Las alarmas Audibles y Visibles en campo seguirán activas hasta que el operador restablezca a condiciones normales mediante un botón de restablecimiento configurado en la estación de operación, entonces se ejecutará la siguiente lógica:

- Activación de Alarmas Visibles correspondientes a condición normal (verdes)
- Desactivación de Alarmas Visibles color Rojo.
- Desactivación de las Alarmas Audibles.
- La pantalla en la estación de operación desplegará condición normal.

En caso de que se presente una falla en el circuito del dispositivo, la pantalla en la estación de operación regresará a condición normal hasta que la señal de falla desaparezca.

Ubicación

Las estaciones manuales se deben instalar, en puntos estratégicos que permitan accionar y anunciar a distancia situaciones de emergencia, y transmitir una señal de alarma al sistema de gas y fuego.

Se deben localizar a lo largo de las rutas de escape más probables, parte alta y baja de una escalera, dentro de áreas de cobertizos, entradas exteriores a los cuartos, etc.

VIII.1.2. Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) para las EMRyC´s

El sistema de circuito cerrado de televisión apoyará en las operaciones del personal de seguridad y tendrá la facilidad de realizar un monitoreo continuo en las áreas operativas y de proceso de **EMRyC** las 24 horas, los 365 días del año.

Sus funciones son las de brindar vigilancia, supervisión e investigación de las operaciones y de incidentes mediante funciones de videovigilancia. En áreas críticas, detectando oportunamente la presencia de personas (empleados o visitantes) que no tengan una misión específica que realizar, así como detección oportuna de cualquier situación anómala, sospechosa o de agresión, que ponga en riesgo la seguridad física del personal y de las instalaciones.

El sistema de CCTV debe contar con las siguientes características:

- Ser de tecnología IP y tener integración con la red administrativa y corporativa del cliente.
- Llevar registro y grabación de eventos de interés permitiendo contar con un sistema integral de seguridad en las instalaciones.
- Permitir el monitoreo, control y administración del sistema por medio de perfiles de usuario con diferentes niveles de acceso a través de estaciones de operación y/o monitoreo de forma local y remota.
- Contar con respaldo de información por medio de unidades de videograbación.
- Permitir el respaldo de información de video a través de eventos programables, movimiento, horarios y calendario entre otros.
- Contar con un sistema de administración vía software con interfaz de usuario simple y amigable.
- Tener las licencias necesarias para la operación.
- Tener la capacidad de expansión de 30% para satisfacer necesidades futuras.
- Interactuar el sistema de control de acceso de la terminal de forma nativa.
- Contar con capacidades de integración con sistemas de terceros como son: alarma de incendio, gas y fuego, entre otros.

Las cámaras de video son el instrumento que proporcionará la información visual necesaria para la realización de las actividades de monitoreo. Constituyen el elemento base en el sistema de CCTV, ya que transforman la imagen óptica en una señal eléctrica de fácil transmisión.

Las cámaras estarán ubicadas en puntos estratégicos de tal manera que permitan tener la mayor cobertura y nivel de detalle posible para el monitoreo de las actividades en las áreas de interés. Deben contar con procesamiento digital de la señal para proporcionar imágenes claras y nítidas. Así mismo deberán ser capaces de adaptarse a los diferentes niveles de intensidad de luz ambiental de

forma autónoma. Las áreas de cobertura deberán estar lo suficientemente iluminadas o las cámaras deberán contar con tecnología infrarroja.

El monitoreo de eventos se hará mediante estaciones de monitoreo para videovigilancia instaladas en casetas de vigilancia y cuartos de control. El control y selección de las cámaras con movimiento (PTZ) y fijas se podrá realizar mediante teclado de control tipo joystick o a través del teclado y ratón de la estación.

La visualización del video en vivo se realizará a través de monitores de pantalla de cristal líquido LCD/LED) con resolución de 1920 X 1080 pixeles como mínimo. Estos deberán ser apropiados para operación continua 24/7/365.

La administración grabación y almacenamiento de video se hará desde el gabinete de CCTV centralizado en donde se alojará el equipo principal del sistema.

El sistema soportará el almacenamiento de video en forma continua o de acuerdo con la detección de las operaciones considerando 360 horas de respaldo como mínimo. La grabación deberá estar basada en calendarios, alarmas, eventos y por detección de movimiento, totalmente programables canal por canal.

Durante la fase de detalle se deberá presentar la memoria de cálculo para la capacidad de almacenamiento del sistema de grabación de video la cual está en función de la cantidad de cámaras en el sistema, la resolución de video, el tiempo de respaldo y el % de crecimiento adicional a futuro.

La transmisión de la señal de video se realizará a través de equipos de conmutación de datos (switch), de la LAN. El sistema de CCTV tendrá capacidades para la integración con la red de corporativa empresarial del cliente a fin de poder monitorear las cámaras de video que integran el sistema y consultar la grabación digital de las mismas de forma local y desde sitios remotos.

Se considerará un software de administración con las licencias necesarias para garantizar el acceso al sistema únicamente a los usuarios autorizados. Este tendrá la capacidad de dar acceso a los usuarios con licencia para operar en forma local o remota, simultáneamente a través de la LAN. Dicho acceso contará con diferentes niveles de seguridad y permisos correspondientes configurados por usuario para configuración, monitoreo, consulta o respaldo de información y/o para operación de las cámaras de video.

Durante la fase de detalle el contratista en conjunto con el cliente, definirán los detalles de operación del sistema, así como la cantidad y niveles de usuario, eventos de alarma, tipo de respaldo, permisos y detalles de la integración con la red LAN empresarial durante la fase de implementación del sistema en sitio.

VIII.1.3. Sistema de Control de Proceso (SCP) para las EMRyC´s

El Sistema de Control de Proceso estará diseñado para cubrir el control y supervisión del proceso y equipos de la terminal. Las señales de la instrumentación para el Sistema de Control de Proceso serán 4-20 mA y HART, alimentado en 24 VCD desde el lazo.

El Sistema de Control de Proceso contará con consolas localizadas en el cuarto de gabinetes. Todos los sistemas (Sistema de Control de Proceso, Sistema de Gas y Fuego) estarán integrados como

único sistema automatizado de supervisión y protección mediante protocolo libre (Modbus TCP/IP, Ethernet TCP/IP, etc.) en el Sistema de Control Supervisión y Adquisición de Datos (**SCADA**).

Se contempla el monitoreo de la medición electrónica de presión, temperatura, nivel, flujo lo cual permitirá contar con datos en tiempo real de las variables operativas asociadas a los procesos de la Terminal.

Componentes del sistema

Adquisición de Datos, Control Regulatorio, Control Lógico y Control Secuencial. EI Sistema propuesto debe ser apropiado para cumplir totalmente con todos los requerimientos establecidos en esta Especificación General.

EI Sistema de Control de Proceso contará con módulos de administración de la terminal, los cuales se ubicarán en el Cuarto de Control, así como las interfaces para el enlace de Comunicación con el Sistema **SCADA**. Debe tener la capacidad de realizar funciones de Control de Procesos en el propio Sistema, sin tener la necesidad de contar con otra plataforma.

No se aceptará un Sistema de Control de Proceso que considere los siguientes puntos:

- EI uso de computadoras personales para la ejecución de funciones de control.
- La integración de equipos, accesorios y programas de uso comercial que no sean homologados por el fabricante.
- EI manejo de distintas bases de datos que no sean parte de una relacional única y que, para los fines de configuración del Sistema de Control de Proceso, se requieran efectuar diferentes operaciones para la adición y modificación de puntos y funciones en el Sistema de Control de Proceso. Un cambio o modificación de un punto, debe verse automáticamente reflejado en todas las funcionalidades tales como algoritmos de control, desplegados gráficos, reportes, balances, sumarios o grupos.
- Requerir des energizar el Sistema de Control de Proceso para aplicar cambios en la configuración.
- Soluciones hibridas o equipos de prueba.

El Sistema de Control de Proceso debe tener la capacidad para soportar futuras expansiones y/o modificaciones (arquitectura abierta). El Sistema de Control de Proceso deberá manejar funciones de control, supervisión y proporcionar al operador todas las provisiones para mantener una completa, continua y fácil operación en toda la planta. En el Sistema de Control de Proceso, deberán integrarse otros sistemas, incluyendo los equipos paquete. Para la comunicación por fibra óptica de estos sistemas será instalado en el Cuarto de Control un gabinete de parcheo el cual será de 800 mm ancho x 800mm de profundidad, en la etapa de IPC se confirmará las dimensiones y características técnicas

Requerimientos básicos del control de proceso

El Sistema de Control de Proceso (SCP) debe llevar a cabo la automatización y control de la **EMRyC** empleando un Controlador Lógico Programable “PLC” de Arquitectura Abierta y Escalable. En esta

unidad, se concentrarán todas las señales de los instrumentos electrónicos, se ejecutará las rutinas de control regulatorio y control lógico/secuencial y se generarán las señales de control (regulatorio y on- off).

El Sistema de Control de Proceso (SCP) debe tener capacidad para monitorear y controlar las variables de proceso en tiempo real de la **EMRyC**, debe ser de tecnología reciente y ampliamente probada para estas aplicaciones, totalmente escalable, con direccionamiento en hardware y software basado en tags o etiquetas y con capacidad para desarrollar todas las funciones que se describen en esta especificación y en la filosofía básica de operación y control incluyendo control modulante, control regulatorio, control lógico/secuencial, Control Avanzado de Bajo Nivel, Control Supervisorio, adquisición de Datos, simulación, entrenamiento y funciones de arranque y paro.

El Sistema de Control de Proceso debe contar con redundancia uno a uno en: módulos controladores, módulos de comunicación, fuentes de alimentación, módulos de entrada/salida y servidores.

La arquitectura del Sistema de Control de Proceso, debe tener la característica de poder distribuir funcionalmente todos sus componentes, de manera que satisfaga las estrategias de control y los requerimientos de seguridad de los procesos de control de la **EMRyC**.

Debe ser un sistema autónomo capaz de desempeñar las funciones de procesamiento y transferencia de información, mediante un conjunto de elementos integrado por controladores, estaciones de trabajo, servidores, software asociado, periféricos terminales y medios de transferencia de información.

Todos los componentes del sistema ofertado deben estar desarrollados con tecnología reciente, probada en operación en procesos iguales o similares al de esta aplicación, a fin de que cumplan con las características mínimas de funcionamiento indicadas en esta especificación, estos componentes deben basarse en el uso de microprocesadores.

El contratista debe implantar la integración del Sistema de Control de Proceso a la red **LAN SCADA** de misión crítica en el Cuarto de Control, que permita efectuar la transferencia automática de información.

VIII.1.4. Sistema de Detección de humo y supresión de incendio a base de agente limpio HFC-227EA para las EMRyC´s

El Sistema de Detección, Alarma y Supresión de Incendio a base de agente limpio, deberá monitorear y controlar las acciones de los dispositivos de detección de humo y alarmas de estado por medio de un panel de control dedicado.

La interconexión de los dispositivos direccionables del Sistema debe ser mediante un lazo de comunicación (SLC) con protocolo del fabricante, cableado Clase “A”, de acuerdo con la NFPA 72 (última edición). Los circuitos de dispositivos de notificación (NAC) deben ser Clase “B”. Los circuitos de dispositivos iniciadores (IDC) deben ser Clase “B”.

Los Tableros de Control del Sistema de Detección, Alarma y Supresión, deberán tener interfaz para comunicación al Sistema de Gas y Fuego, vía Modbus TCP/IP.

Los Cuartos de Control que contienen equipo electrónico y que se encuentran ocupados por personal operativo se deberá proteger con un sistema de agente limpio tal como se especifica en la NFPA-2001 “Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems” y NFPA 72 “National Fire Alarm Code".

El Sistema de Detección, Alarma y Supresión de incendio debe estar constituido por los siguientes elementos y dispositivos:

- Tablero de control del sistema de detección, alarma y supresión.
- Detectores de humo-temperatura direccionables.
- Estaciones manuales de alarma.
- Alarmas audiovisuales.
- Módulos de control de salida (24 VCD).
- Módulos de control de relevador.
- Módulos de control de entrada (contacto seco).
- Módulos aisladores de lazo (SLC).
- Agente limpio a base de heptafluoro de propano (HFC-227EA).
- Sistema de fuerza ininterrumpible (SFI, por depto. Eléctrico).
- Banco de cilindros con agente limpio.
- Bastidor para cilindros.
- Cabezales de descarga.
- Válvulas y mangueras flexibles para descarga.
- Cabezas de control eléctricas.
- Manifold, conformado por válvulas de retención (check), indicadores visuales de descarga, interruptor por alta presión.
- Boquillas de descarga.
- Tuberías y conexiones.
- Interruptor selector de posición Principal/Reserva.
- Interruptor selector Automático/Mantenimiento.
- Interruptor supervisor de cabeza de control eléctrica.
- Instrumentación: estación manual de descarga, botón de aborto, alarmas visibles, alarmas audibles, detectores de humo.
- Señalización: Juego de letreros sobre indicación y advertencia en los accesos y en el interior de los cuartos de control, que indiquen la condición de cada una de las alarmas visibles.

- Materiales eléctricos como cables, tubería conduit, conexiones, soportes para la integración eléctrica.
- Extintores portátiles (equipo contra incendio complementario).
- Equipo de respiración autónomo (equipo de rescate complementario).

Los dispositivos del Sistema de Detección, Alarma y Supresión se instalarán en las siguientes áreas:

- Cuarto Gabinetes
- Cuarto Eléctrico
- Cuarto UPS
- Cuarto TELECOM

El Tablero de Control del Sistema de Detección, Alarma y Supresión de Incendio debe ser monitoreado por el Sistema de Gas y Fuego, desde el HMI de este.

Dicho monitoreo debe incluir al menos todas las fallas y alarmas del Sistema de Detección, Alarma y Supresión, así como el desplegado de gráficos dinámicos de dicho sistema.

La interconexión entre los sistemas debe incluir los accesorios y programas correspondientes para comunicarse a base del protocolo TCP/IP, y además incluir la tabla de asignación de variables para facilitar su configuración.

El Tablero de Control debe proporcionar mediante su autodiagnóstico las señales para identificar, localizar y reportar el estado general del sistema, indicando:

- Falla de algún componente.
- Falla de memoria.
- Falla del microprocesador.
- Falla de comunicación.
- Falla de la interfase.
- Falla de la fuente de poder.
- Problema en los detectores.
- Ausencia de algún componente

El agente de extinción a emplear debe ser heptafluoro de propano (HFC-227EA), deberá cumplir con NFP A-2001.

La cantidad de agente limpio en el sistema debe ser suficiente para mitigar el riesgo por fuego, se deberá alcanzar una concentración de diseño del 8.0% en volumen en las diferentes áreas (piso falso, área plena, falso plafón según aplique), al agente extintor deberá ser descargado en un tiempo máximo de 10 segundos.

Una vez activada la secuencia de disparo del sistema de supresión de incendios, se debe iniciar la descarga del agente extintor en un tiempo máximo de 60 seg, tiempo suficiente para permitir acciones de emergencia como la evacuación del recinto, el cierre de compuertas, y el apagado del sistema HVAC.

No se consideran áreas abiertas que requieran compensación del agente limpio (el sistema de aire acondicionado se detendrá y el cierre de compuertas se activaran cuando se descargue el agente limpio).

El sistema de supresión de incendio debe tener la capacidad necesaria para extinguir el evento de incendio en la zona de riesgo. Así mismo la capacidad de reserva debe ser igual a la requerida para ese evento.

El proveedor del agente limpio, que implemente e instale el sistema de inundación total en el Cuarto de Control y Subestación Eléctrica debe indicar el tiempo necesario de descarga y permanencia del agente limpio, asegurando la concentración requerida para la total supresión de fuego en el área de riesgo, como se indica en NFPA-2001.

Los cilindros de almacenamiento del agente extinguidor (principal y reserva) se deben diseñar y construir de acuerdo con el numeral 6.2.4 de la ISO-14520-1, o con el código DOT o equivalente.

Cada cilindro tendrá una placa de acero inoxidable en la cual se indiquen como mínimo:

- Nombre del agente contenido
- Peso neto y/o volumen contenido del agente limpio
- Peso del cilindro incluyendo el peso del agente limpio
- Presión de diseño del cilindro
- Presión y temperatura normal dentro del cilindro.
- Marca, modelo y número de serie del proveedor.
- Fecha de: instalación, última inspección (prueba hidrostática) y fabricación del cilindro.

Cada cilindro tendrá un indicador de presión y adicionalmente tendrá un interruptor por baja Presión para indicar al Panel de Control del Sistema de supresión si el cilindro tiene fuga y se está descargando.

Los contenedores de HFC-227EA deberán cumplir con las siguientes características:

- Densidad de llenado máximo para las condiciones indicadas: 1154.4 kg/m^3 (72.0 lb/ft^3)
- Nivel de presión de trabajo para diseño mínimo del contenedor: 35.15 kg/m^2 (500 psi).
- Nivel de presión total: 25.31 kg/m^2 21 °C (360 psi) 70 °F.

La presión máxima de operación del sistema de supresión de fuego nunca deberá exceder de 500 lbs/$pulg^2$ a condiciones ambientales para evitar problemas tales como: elongaciones, “latigueo” y fracturas producidas por obstrucciones en la red de aspersión, que origine riesgos al personal y a las instalaciones.

Cada cilindro deberá tener un indicador de presión (manómetro) para presentar la presión interna del cilindro y la caratula tendrá tres áreas claramente distinguibles para señalar:

- El rango de presión en que el sistema no puede operar adecuadamente.
- El rango de presión para operación normal.
- El rango de sobrepresión del contenido del cilindro.

Además, cada válvula de descarga del cilindro tendrá un dispositivo de seguridad para prevenir el exceso de presión arriba del 10% de la presión de trabajo máxima permisible, se tendrán tapones roscados para cubrir la descarga y el puerto de actuación de cada cilindro para cuando no estén conectados a su respectivo sistema contra incendio. También en cada cilindro se contará con un dispositivo para indicar que el agente extinguidor contenido este en la cantidad y condiciones requeridas por el diseño.

Los contenedores de agente limpio deberán ubicarse fuera del Cuarto de Gabinetes o Sala de Control (Edificio Administrativo y de Operaciones), así como fuera del Cuarto de CCM (en Subestación Eléctrica), en bastidores.

Tabla 86. Planos del sistema de control e instrumentación

Nombre	Clave de plano	Anexo
Layout CCTV	M-001 REV.C CCTV-Layout1.pdf	**Anexo_ER_17**, Carpeta Planos de sistema de control e instrumentación
Layout sistema de instrumentación	P-001 REV.C ARQ-SI&C-Layout1.pdf	
Layout Sistema de comunicación	P-002 REV.C Comunicacion-Layout1.pdf	
Layout Sistema de Fuego y Gas	S-001 REV.C ARQ SGF-Layout1.pdf	

VIII.2.- RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

A continuación, se presentan las recomendaciones técnico – operativas, derivas de las metodologías Hazid y Hazop.

Tabla 87. Recomendaciones técnico-operativas del Hazid y Hazop

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
1	Mantener actualizado y vigente el PPA, en particular: • Procedimiento Especifico para la Comunicación de Riesgos. • Procedimiento Específico para la Respuesta a Emergencias interno y externo • Programa de Simulacros • Plan de ayuda mutua, en caso de poder desarrollarlo con otras empresas donde existen cruces de otros gasoductos (CENAGAS).	Hazid	XIV.3. Procedimientos para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales.	1.1.2	Falta de información a la población de las actividades STGN, creando bloqueos a las instalaciones.	Área de operaciones CENAGAS.	D
2	Cumplir con las recomendaciones establecidos en la EVI's autorizada.	Hazid	XIV.3. Procedimiento para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales			Área de permisos y CENAGAS.	
3	Establecer un Plan de Manejo Social, asociado a la autorización de la EVI's	Hazid	XIV.3. Procedimiento para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales	1.1.4	Bloqueo a las instalaciones por demandas sociales o de seguridad por parte de las ONG de la defensa de los derechos indígenas.	Área de permisos y CENAGAS.	C
4	Valorar la posibilidad de contratar los servicios de un asesor de seguridad para estrategias y acciones para salvaguardar la integridad física de las personas operativas de las instalaciones superficiales.	Hazid	XII. Procedimiento para la seguridad de contratistas.	1.1.5	Delincuencia organizada que afecte al personal operativo y contratistas.	Área de permisos y CENAGAS.	C
5	Asegurar la capacitación del personal para el combarte de los diferentes tipos de incendio dentro y fuera de la instalación.	Hazid	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento	2.2.1	Incendio entorno al DDV del gasoducto o fuera del polígono de las instalaciones superficiales (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19).	Área de permisos y CENAGAS.	C
6	Mantenimiento de inventarios suficientes de equipos de protección personal y combate a incendios.	Hazid	XIV.1. Procedimientos de monitoreo de aspectos ambientales y riesgos			Área de operaciones CENAGAS.	
7	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia.	Hazid	XIV.2. Procedimientos para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos.	2.2	Inundación de las instalaciones con afectación a los equipos en las instalaciones superficiales (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19) Falla en el suministro de energía eléctrica.	Área de operaciones CENAGAS	D
8	Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (Trampas de Diablos de Envío y Recibo, SDV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias. .						

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
9	Obtener el dictamen de la Unidad de Verificación de conformidad a la integridad mecánica del ducto o segmento de acuerdo con la NOM-009-ASEA-2017.	Hazid	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de la calidad.	2.7	Posibles fracturas en la estructura del gasoducto 24" y las instalaciones superficiales (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19).	Área de permisos y CENAGAS.	D
10	Contratar el Estudio de Perdida Máxima Probable con un tercer acreditado por parte de la ASEA para la determinación del monto del Seguro de RC y daños al ambiente.	Hazid	XIV.3. Procedimiento para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales	4.1	Afectación a las vías generales de comunicación por un evento no deseado de fuga de GN con posibilidad de incendio y explosión.	Área de permisos y CENAGAS.	C
11	Considerar e incluir en el ARSH desarrollado para la etapa de operación el análisis del efecto domino para modelar los posibles efectos y radios de afectación con los gasoductos de CENAGAS o PEMEX.	Hazid	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos.	6.1	Afectación de los gasoductos existentes de CENAGAS y PEMEX por eventos no deseados de fuga con posibilidad de incendio o explosión.	Área de permisos y CENAGAS	C
12	Evaluar la efectividad de la barrera física perimetral existente para salvaguardar la integridad física de la instalación.	Hazid	II. Procedimiento para la identificación de peligros y de aspectos ambientales y para la evaluación de riesgos e impactos ambientales.	7.1	Sabotaje o terrorismo	Área de ingeniería CENAGAS	B
13	Evaluar la protección de las instalaciones por empresas de seguridad privada o pública						
14	Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.	Hazid	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	8.6	Riesgo eléctrico	Área de operaciones CENAGAS	C
15	Realizar análisis de riesgo en trabajos especiales de inspección y mantenimiento en el gasoducto de 24" e instalaciones superficiales (Trampas de Diablos de Envío y Recibo, SDV's y EMRyC). .	Hazid	II. Procedimiento para la identificación de peligros y de aspectos ambientales y para la evaluación de riesgos e impactos ambientales.	9.1	Operación inadecuada con fuga de GN con posibilidad de incendio o explosión	Área de operaciones CENAGAS.	D
16	Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (TETCO y Tennessee)	HAZOP	XIV.3. Procedimientos para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales.	1,2	Falta de producto para el suministro de gas al gasoducto	Área de operaciones CENAGAS	D
17	Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural	HAZOP	XIV.3. Procedimientos para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales.	1,2	Respaldo de suministro de gas con otros proveedores	Área de operaciones CENAGAS	C
18	Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad	HAZOP	II. Procedimiento para la identificación de peligros y de aspectos ambientales y para la evaluación de riesgos e impactos ambientales.	1,2	Programas de Respuesta a Emergencia donde se incluirán los escenarios de riesgos generados en el análisis de consecuencias.	Área de operaciones CENAGAS	B

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia						
19	Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos	HAZOP	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	1,2	Fugas o rupturas en el trayecto del gasoducto o fallas en las estaciones de regulación, medición y control	Área administrativa México CENEGAS	C
20	Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento	HAZOP	XIV.3. Procedimientos para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales.	1,2	Contar con personal de respaldo para conformar las brigadas de mantenimiento durante la operación del gasoducto.	Área administrativa México CENAGAS	C
21	Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.	HAZOP	XIV.3. Procedimientos para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales.	1,2	Respaldo o repuesto de materiales cuando presenten fallas mecánicas y evitar la suspensión del servicio	Área de operaciones CENAGAS	C
22	Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual.	HAZOP	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento	1,2	Continuar con los programas de capacitación al personal para evitar errores operativos	Área de operaciones CENAGAS	C
23	Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria	HAZOP	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento	1,2	Tener un programa de prevención ante las pandemias, así como un monitoreo constante al personal operativo y administrativo	Área de operaciones CENAGAS	C
24	Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo	HAZOP	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento	1,2	Evitar errores humanos por falta de capacitación del personal tanto operativo como administrativo	Área de operaciones CENAGAS	D
25	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia	HAZOP	XIV.3. Procedimiento para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales	1,2	Considerar los escenarios de consecuencias para los planes de respuesta a emergencia	Área de operaciones CENAGAS	D
26	Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (, SDV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias	HAZOP	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos.	1,2	Inundación de las instalaciones con afectación a los equipos en las instalaciones superficiales (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19)	Área de operaciones CENAGAS	C
27	Instalar testigos de corrosión antes de iniciar operaciones en la llegada de la trampa de recibo y en la salida de la trampa de envío.	HAZOP	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	1,2	Durante las corridas de diablos, se verificará con el testigo de corrosión el desgate de la tubería por corrosión interna durante su operación	Área de operaciones CENAGAS	C

Tabla 88. Programa para la implementación de las recomendaciones

Escenario de Riesgo	Recomendaciones por implementar				Fecha o perído para suimplementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Falta de información a la población de las actividades STGN, creando bloqueos a las instalaciones.	1	D	Mantener actualizado y vigente el PPA, en particular: • Procedimiento Especifico para la Comunicación de Riesgos. • Procedimiento Específico para la Respuesta a Emergencias interno y externo • Programa de Simulacros • Plan de ayuda mutua, en caso de poder desarrollarlo con otras empresas donde existen cruces de otros gasoductos (CENAGAS).	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
	2		Cumplir con las recomendaciones establecidos en la EVI's autorizada	Área de permisos y CENAGAS	2024 una vez autorizado
Bloqueo a las instalaciones por demandas sociales o de seguridad por parte de las ONG de la defensa de los derechos indígenas	3	C	Establecer un Plan de Manejo Social, asociado a la autorización de la EVI's	Área de permisos y CENAGAS	2024 una vez autorizado
Delincuencia organizada que afecte al personal operativo y contratistas	4	C	Valorar la posibilidad de contratar los servicios de un asesor de seguridad para estrategias y acciones para salvaguardar la integridad física de las personas operativas de las instalaciones superficiales.	Área de permisos y CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Incendio entorno al DDV del gasoducto o fuera del polígono de las instalaciones superficiales (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19).	5	D	Asegurar la capacitación del personal para el combarte de los diferentes tipos de incendio dentro y fuera de la instalación.	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
	6		Mantenimiento de inventarios suficientes de equipos de protección personal y combate a incendios.		2025 después del inicio de operaciones
Inundación de las instalaciones con afectación a los equipos en las instalaciones superficiales (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19) Falla en el suministro de energía eléctrica.	7	D	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia.	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
	8		Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (Trampas de Diablos de Envío y Recibo, SDV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias. .		2025 después del inicio de operaciones
Posibles fracturas en la estructura del gasoducto 24" y las instalaciones superficiales (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19).	9	D	Obtener el dictamen de la Unidad de Verificación de conformidad a la integridad mecánica del ducto o segmento de acuerdo con la NOM-009-ASEA-2017.	Área de operaciones CENAGAS	2024 durante el desarrollo de la ingeniería básica
Afectación a las vías generales de comunicación por un evento no deseado de fuga de GN con posibilidad de incendio y explosión.	10	C	Contratar el Estudio de Perdida Máxima Probable con un tercer acreditado por parte de la ASEA para la determinación del monto del Seguro de RC y daños al ambiente.	Área de permisos y CENAGAS.	2025 después del inicio de operaciones

Escenario de Riesgo	Recomendaciones por implementar				Fecha o perído para suimplementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Afectación de los gasoductos existentes de CENAGAS y PEMEX por eventos no deseados de fuga con posibilidad de incendio o explosión	11	C	Considerar e incluir en el ARSH desarrollado para la etapa de operación el análisis del efecto domino para modelar los posibles efectos y radios de afectación con los gasoductos de CENAGAS o PEMEX.	Área de permisos y CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Sabotaje o terrorismo	12	B	Evaluar la efectividad de la barrera física perimetral existente para salvaguardar la integridad física de la instalación.	Área de ingeniería CENAGAS	2024 durante el proceso de construcción
	13		Evaluar la protección de las instalaciones por empresas de seguridad privada o pública	Área de permisos y CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Riesgo eléctrico	14	C	Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Operación inadecuada con fuga de GN con posibilidad de incendio o explosión	15	D	Realizar análisis de riesgo en trabajos especiales de inspección y mantenimiento en el gasoducto de 24" e instalaciones superficiales (Trampas de Diablos de Envío y Recibo, SDV's y EMRyC).	Área de operaciones CENAGAS.	2025 después del inicio de operaciones
Falta de producto para el suministro de gas al gasoducto	16	D	Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (TETCO y Tennessee)	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Respaldo de suministro de gas con otros proveedores	17	C	Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Programas de Respuesta a Emergencia donde se incluirán los escenarios de riesgos generados en el análisis de consecuencias	18	B	Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Fugas o rupturas en el trayecto del gasoducto o fallas en las estaciones de regulación, medición y control	19	C	Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos	Área administrativa México CENEGAS	2025 después del inicio de operaciones
Contar con personal de respaldo para conformar las brigadas de mantenimiento durante la operación del gasoducto.	20	C	Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Respaldo o repuesto de materiales cuando presenten fallas mecánicas y evitar la suspensión del servicio	21	C	Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Continuar con los programas de capacitación al personal para evitar errores operativos	22	C	Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual.	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Tener un programa de prevención ante las pandemias, así como un monitoreo constante al personal operativo y administrativo	23	C	Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones

Escenario de Riesgo	Recomendaciones por implementar				Fecha o perído para suimplementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Evitar errores humanos por falta de capacitación del personal tanto operativo como administrativo	24	D	Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Considerar los escenarios de consecuencias para los planes de respuesta a emergencia	25	D	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Inundación de las instalaciones con afectación a los equipos en las instalaciones superficiales (EMRyC Terminal 2, EMRyC Anzaldúas y EMRyC Estación 19)	26	C	Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (, SDV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones
Durante las corridas de diablos, se verificará con el testigo de corrosión el desgate de la tubería por corrosión interna durante su operación	27	C	Instalar testigos de corrosión antes de iniciar operaciones en la llegada de la trampa de recibo y en la salida de la trampa de envío.	Área de operaciones CENAGAS	2025 después del inicio de operaciones

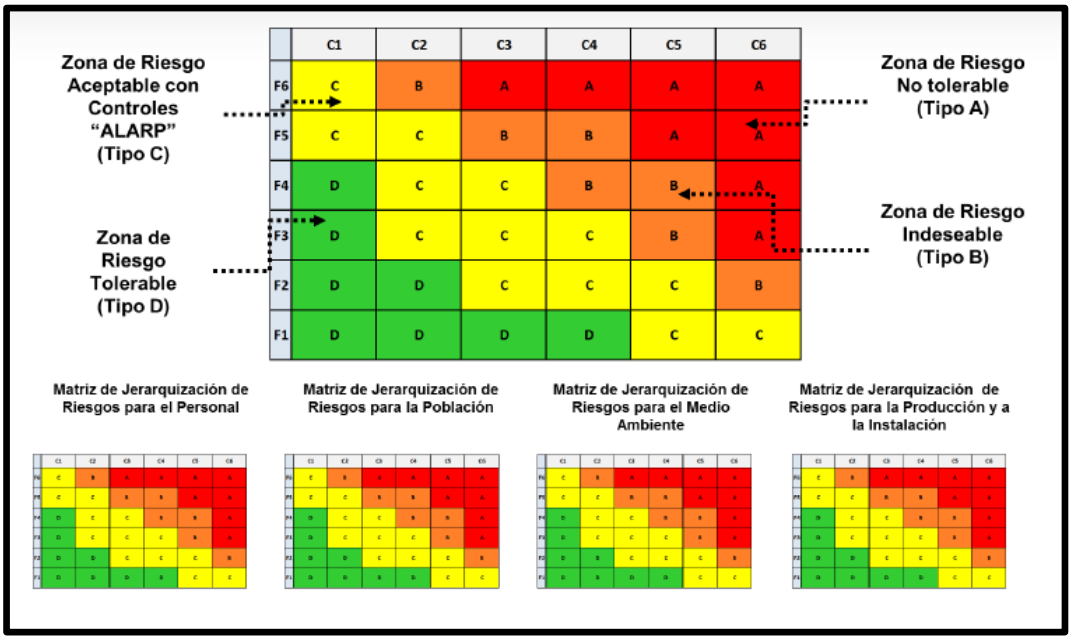
IX. CONCLUSIONES

Para el análisis preliminar de peligros se utilizó la metodología denominada **Hazid (Hazard Identification)** para la identificación de peligros de tipo externos y ambientales, a la instalación, a la salud y problemas de implementación del proyecto.

El riesgo es una combinación de la frecuencia por las consecuencias. La combinación de frecuencia y consecuencias 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)

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.

Matriz de jerarquización de riesgo



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 **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.

Dentro de los resultados de HazOp se encontraron 144 desviaciones, de las cuales 58 pertenecen a riesgo tolerable, 85 a riesgo aceptable con controles y 1 de riesgo indeseable, tal como se indicad en el cuadro siguiente.

Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el Hazid

Consecuencia	Categorías de Riesgo (Cantidad)			
	Riesgo no tolerable "A"	Riesgo indeseable "B"	Aceptable con controles "C"	Riesgo tolerable "D"
Grado de riesgo	0	1	85	58

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "A"** indican que en este nivel no hay afectación al personal, a la población, al medio ambiente ni a las instalaciones.

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "B"** presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes:

- Daños al personal: 0%
- Daños a la población: 0%
- Daños al medio ambiente: 0%
- Daños a la instalación/producción: 100%

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "C"**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 22.35%

- Daños a la población: 28.24%
- Daños al medio ambiente: 25.88%
- Daños a la instalación/producción: 23.53%

Los niveles de riesgo en la zona **tolerable tipo "D"**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 20.00%
- Daños a la población: 14.12%
- Daños al medio ambiente: 16.47%
- Daños a la instalación/producción: 17.65%

De los resultados obtenidos del Hazip los riesgos identificados que se integran para el análisis **Hazop** solo se considerarán los riesgos indeseables obtenidos daños a la instalación. Que en este análisis está representado por la seguridad física determinado por el sabotaje o terrorismo con daños específicos a la instalación y transporte de **GN**.

Por otro lado, con base, en los datos de accidentes e incidentes en proyectos similares las causas más recurrentes son las que se indican en el cuadro siguiente.

Principales causas de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2010-2019

Causa	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Todas las otras causas	16.7%	-	-	-	-	-	-	-	33.3%	50.0%
Corrosión	-	-	-	100%	-	-	25.0%	-	-	-
Excavaciones	**33.3%**	**-**	**33.3%**	**-**	**-**	**66.7%**	**25.0%**	**33.3%**	**-**	**-**
Operación Incorrecta	-	100%		-	-	33.3%	-	66.7%	-	-
Materiales/uniones/falla de equipo	50.0%	-	33.3%	-	100%	-	25.0%	-	33.3%	-
Daños por fuerzas naturales	-	-		-	-	-	-	-	-	50.0%
Otros daños por fuerzas externas	-	-	33.3%	-	-	-	25.0%	-	33.3%	-
No. total, de incidentes	**6**	**1**	**3**	**1**	**2**	**3**	**4**	**3**	**3**	**2**

Fuente: https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/pipeline-incident-20-year-trends

Con base en estos antecedentes se procedió a la identificación de peligros y escenarios de riesgo mediante la metodología denominada **HaZop (Hazardous Operability Analysis),** es una técnica cualitativa que permite identificar postulados de accidentes que pudieran ocurrir en la instalación.

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).

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, perdidas de producción).

Se terminaron 2 nodos de acuerdo a los diagramas de proceso, los diagramas de tuberías e instrumentación del STGN, los cuales se muestran en el cuadro siguiente.

Nodo	Condiciones de diseño / Parámetros
1.- Sistema de Transporte de GN en el tramo Gas Natural Gasoducto Libramiento – Reynosa.	Gasoducto de 24" Ø de aproximadamente 56 kilómetros, con un flujo de 60 MMPCD con una presión de 990 psig.
Nodo 2: Estaciones de Regulación, Medición y Control de GN existentes en la trayectoria del Gasoducto Libramiento - Reynosa	Estación de Regulación, Medición y Control Terminal 2 con un flujo de diseño de 280 MMPCSD y una presión de 900 psig.
	Estación de Regulación, Medición y Control Anzaldúas con un flujo de diseño de 32 MMPCSD y una presión de 848.5 psig.
	Estación de Regulación, Medición y Control Terminal 19 con un flujo de diseño de 280 MMPCSD y una presión de 775 psig.

Dentro de os resultados de HazOp se encontraron 288 desviaciones, de las cuales 179 pertenecen a riesgo tolerable, 103 a riesgo aceptable con controles y 6 de riesgo indeseable, tal como se indicad en el cuadro siguiente.

Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el HazOp

Índice de Riesgo	Daños al Personal (DP)	Daños a la Población (EP)	Impacto Ambiental (IA)	Daños a la instalación/producción (DIP)	Total
Nodo 1					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	3	3
C	17	14	19	12	62
D	23	26	21	25	95
Subtotal 1	**40**	**38**	**40**	**40**	**160**
Nodo 2					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	3	3
C	14	5	13	10	42
D	19	27	19	18	83
Subtotal 2	**33**	**32**	**32**	**31**	**128**

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "A"** indican que en este nivel no hay afectación al personal, a la población, al medio ambiente ni a las instalaciones.

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "B"** presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes:

- Daños al personal: 0.0%
- Daños a la población: 0%
- Daños al medio ambiente: 0%
- Daños a la instalación/producción: 100.0%

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo "C"**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 29.52%
- Daños a la población: 18.10%
- Daños al medio ambiente: 30.48%
- Daños a la instalación/producción: 21.90%

Los niveles de riesgo en la zona **tolerable tipo "D"**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 23.60%
- Daños a la población: 29.78%
- Daños al medio ambiente: 22.47%
- Daños a la instalación/producción: 24.16%

De acuerdo con el tipo de Zona de Riesgo en que se encuentran los escenarios, es la gravedad y la clase de aceptación del riesgo dentro del estudio, en la tabla siguiente se muestran dichos eventos. En las zonas de tipo A, B, C y D existe la posibilidad del establecimiento de controles adecuados, con un margen de tiempo suficiente, para la eliminación del posible riesgo involucrado en dichas operaciones.

Los riesgos Tipo B los cuales serán analizados mediante metodologías de análisis detallado de frecuencias para determinar su probabilidad. Cabe mencionar que, en esta primera instancia de jerarquización de riesgos, la calificación global no considera las medidas de seguridad con las que cuenta el **STGN**.

A continuación, se muestran los escenarios identificados a partir del análisis **HAZOP** en la región **ALARP.**

Escenarios identificados al análisis de frecuencias

Escenario	Desviación	Descripción	Nivel de riesgos	Nivel de riesgo	Nodo	Consecuencia
ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) Más corrosión	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Gasoducto Libramiento - Reynosa.	B	16	1	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión
ESC_2	Más flujo	Aumento de presión en la válvula del patín de medición de la Terminal 2 y/o Terminal 19 y/o Anzaldúas			2	Fuga de gas natural en válvula de patín de filtración con riesgo de incendio o explosión
ESC_3	Menos Flujo	Ruptura parcial o total de ducto que conduce al patín de filtración o hasta el sistema de medición, regulación y control EMRyC			2	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión

Escenario	Desviación	Descripción	Nivel de riesgos	Nivel de riesgo	Nodo	Consecuencia
ESC_4	Más presión	Desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión del patín de medición			2	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión

Eventos de riesgo identificados para el análisis de consecuencias

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
Transporte de GN por un gasoducto de 24" Ø de aproximadamente 56+075.42, con un flujo de 280 MMPCSD con una presión de 900 PSIG del 0+00 hasta una presión 775 psig con un flujo de hasta 56+075.42.						
EVE_1_GLR	Fuga de GN por la válvula de salida de la EMR y C por alta presión en el sistema del ducto con riesgo de incendio o explosión.	100% (CMP)	891	280	EMRyC	20
EVE_2_ GLR	Fuga de GN por un gasoducto de 24" Ø por más presión con riesgo de incendio o explosión	20% (CMP)	891	280	EMRyC	20
EVE_3_ GLR	Fuga de GN por un gasoducto de 24" Ø por más presión con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	891	280	EMRyC	30,100
EVE_4_ GLR		20% (CMP)				
EVE_5_ GLR	Fuga de GN por un gasoducto de 24" Ø por más presión con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	891	280	Gasoducto de 24" Ø	30,600
EVE_6_ GLR		20% (CMP)				
EVE_7_ GLR	Fuga de GN por un gasoducto de 24" Ø por más presión con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	891	280	MLV-60103-MLV-10404	27,750
EVE_8_ GLR		20% (CMP)				
EVE_9_ GLR	Fuga de GN por un gasoducto de 24" Ø por más presión con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	891	280	MLV-10404-MLV-60205	32,000
EVE_10_ GLR		20% (CMP)				
EVE_11_ GLR	Fuga de GN por un gasoducto de 24" Ø por más presión con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	891	280	MLV-60205-MLV-60206	32,000
EVE_12_ GLR		20% (CMP)				
EVE_13_ GLR	Fuga de GN por un gasoducto de 24" Ø por más presión con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	891	280	MLV-60206-MLV-60207	32,000
EVE_14_ GLR		20% (CMP)				
EVE_15_ GLR	Fuga de GN por un gasoducto de 24" Ø por más presión con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	891	280	MLV-60207-MLV-60208	31,000
EVE_16_ GAS		20% (CMP)				
EVE_17_ GLR	Fuga de GN por un gasoducto de 24" Ø por más presión con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	891	280	MLV-60208-MLV-20409	32,000
EVE_18_ GLR		20% (CMP)				
EMRYC Terminal 2, Anzaldúas y Terminal 19						
EVE_19_ GLR	Fuga de GN por la válvula de salida de la EMR y C por alta presión en el sistema del ducto con riesgo de incendio o explosión.	2" (CA)	775	280	EMRyC1	500
EVE_20_ GLR	Fuga de GN por la válvula de salida de la EMR y C, Estación 19 Nueva, por alta presión en el sistema del	Coso Más Probable	775	280	EMRyC Terminal 19	500

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
	ducto con riesgo de incendio o explosión.					
EVE10_57_ GLR	Fuga de GN por la válvula de salida de la EMR y C Estación 19 Nueva por alta presión en el sistema del ducto con riesgo de incendio o explosión.	Coso Más Probable	775	280	EMRyC2 Terminal 19	50

Para aquellos escenarios de riesgo identificados dentro de las regiones de riesgo regiones de riesgo **ALARP** y no tolerable se realizó un análisis detallado de frecuencias y para algunos que son de interés particular. La metodología seleccionada para este análisis fue el árbol de fallas por ser considerara pertinente y aplicable, de conformidad con las características del **STGN**.

El árbol de falla se utiliza para cuantificar las consecuencias de accidente. Un árbol de sucesos refleja los posibles caminos de éxito y de fracaso en el tratamiento de la secuencia accidental que deriva de un suceso iniciador determinado, como el paro indeseado de un proceso. Esto se realiza conociendo al iniciador del evento. Este análisis considera que el operador y el responsable del sistema de seguridad están fuera al iniciarse algún evento. El resultado de este análisis es un conjunto secuencial de fallas y errores que definen todas las posibles salidas de un incidente.

Los escenarios para el análisis de fallas son los que en encuentran en la zona **ALARP**, los cuales se encuentran en la tabla siguiente.

Escenarios para la metodología de árbol de fallas

No.	Evento	Desviación	Suceso
1	SUC_1	Menos Flujo, Menos presión, Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) y Más corrosión	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.
2	SUC_2	Más flujo	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.

Para que se produzca esta fuga de gas natural inaceptable y subsiguiente estallido e incendio, es necesario que se presenten dos sucesos simultáneamente:

- Que haya fallado la salvaguarda (Sistema SCADA, Válvula de seccionamiento, Válvula de cierre manual, Sistema Básico de Proceso, Paro de emergencia entre otros)
- Que falla sea de la tubería y accesorio de conexión por deficiencias en el diseño, construcción o materiales, errores humanos, daño por terceros, o deficiencias por falta de mantenimiento o corrosión.

A continuación, se presentan las probabilidades de ocurrencia de los sucesos planteados de acuerdo con el análisis **HAZOP** de los riesgos identificados en la región **ALARP.**

Resultados de la solución de árboles de falla para los sucesos planteados

Suceso	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Elementos que contribuyen

1	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	1.84E-04	0.000184	Todos los elementos son contribuyentes
2	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.	1.25E-03	0.00125	No actúa el vandalismo de la zona

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

Valores de frecuencia de los sucesos analizados

Suceso	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Categoría
1	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	1.84E-04	0.000184	F1: Extremadamente raro
2	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.	1.25E-03	0.00125	F1: Extremadamente raro

De acuerdo al análisis de frecuencias, sus probabilidades de fallo en los equipos y elementos analizados, cuyos resultados se muestran a continuación:

- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 1 en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV's dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros tienen una tasa de falla (fÉ) de 0.000184, es decir un 0.00184% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 100,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 1.84 ocasiones, categorizado como extremadamente raro.
- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 2 por desacoplamiento de la válvula del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva**, **EMRyC Anzaldúas nueva y EMRyC Estación 19 nueva**, tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.00125, es decir un 0.0125% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 1.25 ocasiones, categorizado como categorizado como extremadamente raro.

Aunque son todas la hipótesis son de categoría de extremadamente raro, la hipótesis de mayor probabilidad de ocurrencia es:

SUCESO 2: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.

Para el análisis de consecuencias se realizaron las simulaciones mediante el software SCRI Fuego V2. Una vez llevadas a cabo las simulaciones de las hipótesis mencionadas en el capítulo anterior

se arrojaron diferentes tipos escenarios de acuerdo con el 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:

- **Chorro 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):** 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.

Escenarios para simular con los datos a ser alimentados en el software SCRI Fuego V2

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
1	ESC_1_GLR	EMRyC Terminal 2 Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]	[redacted]	4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	20	1,977.43	20,130.42
2	ESC_2_GLR	Ducto de 42" EMRyC Terminal Nueva-SDV-101	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	8,650	79.09	6,951.06
3	ESC_3_GLR	Ducto de 42" EMRyC Terminal Nueva-SDV-101	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a			4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	8,650	1,977.43	173,776.48

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
4	ESC_4_GLR	Ducto de 42" SDV-101-SDV-102	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]		4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	250	79.09	969.01
5	ESC_5_GLR	Ducto de 42" SDV-101-SDV-102	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición			4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	250	1,977.43	24,225.27

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
6	ESC_6_GLR	Ducto de 42" SDV-102-EMRyC-Anzaldúas	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP		4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	4,455	79.09	3,963.60
7	ESC_7_GLR	Ducto de 42" SDV-102-EMRyC-Anzaldúas nueva	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	891	40	280	24	4,455	1,977.43	99,089.90

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
8	ESC_8_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 12" Φ a la salida del patín de regulación hacia City Gate Parque Puente, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]	[redacted]	4.8	101,325.35	31	15.53	32.12	12	12	15	16.71	233.86
9	ESC_9_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 18" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	250	32.12	20	18	35	329.24	3,642.99
10	ESC_10_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva-SDV-105-	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	200	75.38	896.29

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
11	ESC_11_GLR	EMRyC Anzaldúas Nueva-SDV-105-	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]	[redacted]	4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	200	1,884.64	22,407.17
12	ESC_12_GLR	SDV-105-SDV106	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	10,095	75.38	7,943.0

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
13	ESC_13_GLR	SDV-105-SDV106	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]	[redacted]	4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	10,095	1,884.53	198,573.84
14	ESC_14_GLR	SDV-106-SDV107	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]	[redacted]	4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	200	75.38	896.29

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
15	ESC_15_GLR	SDV-106-SDV107	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]	[redacted]	X	101,325.35	31	848.5	40	280	24	200	1,884.64	22,407.17
16	ESC_16_GLR	SDV-107-SDV108	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	22,400	75.38	16,705.99
17	ESC_17_GLR	SDV-107-SDV108	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	22,400	1,884.64	417,649.66

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.											
18	ESC_18_GLR	SDV108-EMRyC Estación 19 nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	[redacted]	[redacted]	4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	7,075	75.38	6,210.25
19	ESC_19_GLR	SDV108-EMRyC Estación 19 nueva	Peor Caso	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de			4.8	101,325.35	31	848.5	40	280	24	7,075	1,884.64	144,807.71

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Clave	Equipo	Tipo	Descripción	Latitud	Longitud	Velocidad del viento (m/s)	Presión atmosférica (Pa)	Humedad relativa (%)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Flujo (MMSCFD)	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Tasa de fuga (kg/s)	Inventario de fuga (kg)
				incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.												
20	ESC_20_GLR	EMRyC Estación 19 Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 36" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Monterrey, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP		4.8	101,325.35	31	759.5	40	100	36	40	3,803.23	39,634.67
21	ESC_21_GLR	EMRyC Estación 19 Nueva	Caso Más Probable	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.			4.8	101,325.35	31	300	40	20	24	50	687.08	7,761.04

Resultados de las simulaciones realizadas en el software SCRI Fuego v2 de los escenarios planteados

Escenario	Nodo	Descripción	Escenario	Radios de afectación		
				ZA (m)	ZAR (m)	ZDE (m)
ESC_1_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la salida del patín de regulación, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	770.54	415.80	184.51
			Explosión	842.28	495.51	106.36
ESC_2_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	165.23	89.27	39.89
			Explosión	590.91	347.63	74.62
ESC_3_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	770.54	415.80	184.51
			Explosión	1727.84	1016.67	218.19
ESC_4_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	165.23	89.27	39.89
			Explosión	306.40	180.25	38.69
ESC_5_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	770.54	415.80	184.51
			Explosión	306.40	180.25	38.69
ESC_6_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la	**Jet Fire**	165.23	89.27	39.89
			Explosión	490.01	288.27	61.88

Escenario	Nodo	Descripción	Escenario	Radios de afectación		
				ZA (m)	ZAR (m)	ZDE (m)
		acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.				
ESC_7_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	770.54	415.80	184.51
			Explosión	1432.79	842.90	180.93
ESC_8_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 12" Φ a la salida del patín de regulación hacia City Gate Parque Puente, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	281.98	151.20	64.59
			Explosión	190.76	112.22	24.09
ESC_9_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 18" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	330.78	175.57	69.95
			Explosión	476.42	280.27	60.16
ESC_10_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	164.22	88.72	39.63
			Explosión	298.53	175.62	37.70
ESC_11_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.90	406.14	179.83
			Explosión	872.91	513.52	110.23
ESC_12_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	161.45	87.20	38.90
			Explosión	617.78	363.43	78.01

Escenario	Nodo	Descripción	Escenario	Radios de afectación		
				ZA (m)	ZAR (m)	ZDE (m)
ESC_13_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.88	406.12	179.83
			Explosión	1806.40	1062.69	228.11
ESC_14_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	161.45	87.20	38.90
			Explosión	298.53	175.62	37.70
ESC_15_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.90	406.14	179.83
			Explosión	872.91	513.52	110.23
ESC_16_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	161.45	87.20	38.20
			Explosión	791.52	465.65	99.95
ESC_17_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.90	406.14	179.83
			Explosión	2314.42	1361.56	292.27
ESC_18_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 20% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	161.45	87.20	38.90
			Explosión	569.13	334.81	71.87

Escenario	Nodo	Descripción	Escenario	Radios de afectación		
				ZA (m)	ZAR (m)	ZDE (m)
ESC_19_GLR	1	Fuga de Gas Natural del gasoducto de transporte de 24"Φ por ruptura en orificio de 100% del diámetro del ducto, debido a trabajos deficientes de soldadura, por poro de corrosión o debido a excavaciones en la zona por reparación a otros ductos de terceros o cargas extremas sobre él, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	752.90	406.14	179.83
			Explosión	1625.95	956.52	205.33
ESC_20_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 36" Φ a la salida del patín de regulación hacia gasoducto Monterrey, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	1053.05	567.40	249.59
			Explosión	1055.68	621.05	133.31
ESC_21_GLR	2	Fuga de Gas Natural por desacoplamiento mecánico en la Válvula de 24" Φ a la sálida del patín de regulación hacia gasoducto Matamoros, debido por mal apriete de espárragos o alineación de juntas en trabajos de mantenimiento o por mayor presión, se considera la dispersión del gas natural dentro de los límites de inflamabilidad sin ignición, posteriormente la ignición instantánea con formación de incendio tipo jet fire y la acumulación de gas con explosión retardada de nube de vapor UVCE.	**Jet Fire**	462.0	245.82	99.69
			Explosión	613.03	360.64	77.41

Para el análisis de vulnerabilidad de acuerdo a los escenarios de riesgo se tiene lo siguiente:

Daño al personal y la población

Radiación Térmica

Los receptores de riesgo serán principalmente trabajadores de la empresa contratada por el **CENAGAS** a lo largo de la trayectoria del **STGN** y en las **EMRyC Terminal 2, Anzaldúas Y Estación 19**, en cuanto a la población aledaña será aquella que se localice cercana a la **EMRyC Terminal 2**, así como personas que se encuentren en tránsito en un radio determinado de 800 metros como zonas vulnerables. Sin embargo, los efectos a los receptores se indican a continuación:

ZAR: Molestias exposición aguda al personal de trabajo del **STGN**, población y 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.

Sobrepresión (Explosión)

Asimismo, como en el caso anterior es muy poco probable por la falta de presencia de trabajadores y poblaciones cercanas no se tendrían muertos y lesionados por onda de sobrepresión.

Radiación térmica

ZA: **Molestias** exposición crónica al personal de trabajo del **STGN**, población y personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos presentando severo dolor de cabeza por inhalación.

Sobrepresión (Explosión) Asimismo, se tendrían lesionados por onda de sobrepresión

Daño al ambiente

Radiación Térmica

ZAR: Existe diferentes tipos de vegetación la cual se causaría daños parciales presente en el área, por efecto de radiación térmica provocando incendios. Cabe mencionar que se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, la cual también sufriría daños.

Por otro lado, se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se origina.

Sobrepresión (Explosión)

También, potencialmente existirá daños a la fauna presente, debido a la onda de sobrepresión que se derive del evento.

ZA: se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se origina.

Sobrepresión (Explosión)

Asimismo, se tendrían especies de fauna lesionados por onda de sobrepresión. Cabe mencionar que se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

Daño a la infraestructura / sistema de transporte

Radiación térmica

ZAR: Daños a la infraestructura de **STGN** por debilitamiento de los ductos de transporte, así como equipos y dispositivos en las **EMRyC Terminal 2, Anzaldúas Y Estación 19**, así como infraestructura de carreteras, caminos, líneas de transmisión otros ductos, por la exposición a la radiación térmica por el incendio que se pudiera presentar incrementa la póliza del seguro de daños a terceros.

La imagen de la empresa causaría pérdida de credibilidad sus medidas y dispositivos de seguridad, así como desconfianza e incertidumbre sobre sus operaciones de transporte de gas natural en el futuro para el reinicio después del evento.

ZA: Costos económicos para resarcir el daño ocasionado por el efecto de la radiación térmica, incrementando la póliza del seguro de daños a terceros.

Sobre presión (Explosión)

ZAR: Los daños a la infraestructura serían mayores principalmente en los cruces con otras infraestructuras urbanas existentes como, Líneas Eléctricas, caminos de terracería y carreteras estatales y federales

ZA: Costos económicos para resarcir el daño ocasionado por muertes y lesionados por la onda expansiva incrementación la póliza del seguro de daños a terceros.

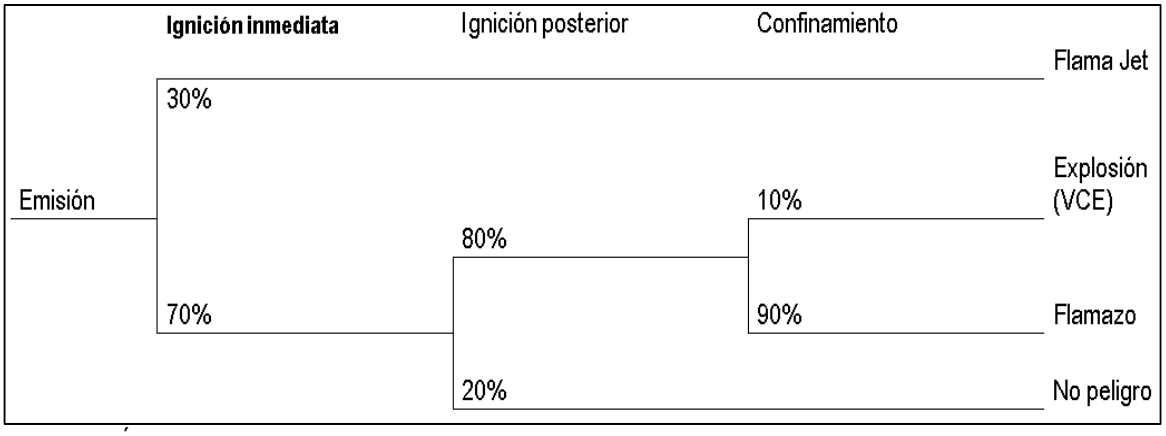
La imagen de la empresa causaría pérdida de credibilidad sus medidas y dispositivos de seguridad, así como desconfianza e incertidumbre sobre sus operaciones de transporte de gas natural en el futuro para el reinicio después del evento.

Para el reposicionamiento de los escenarios de riesgo considerando las medidas de seguridad y mitigación de riesgos se utilizó la técnica denominada **"árbol de sucesos"**, es una técnica de algún modo complementaria al **"árbol de fallos y errores"**. Esta técnica del árbol de sucesos, desarrolla un diagrama grafico secuencial a partir de sucesos "iniciadores" o desencadenantes de incidencia significativa y, por supuesto indeseados, para averiguar todo lo que puede acontecer y, en especial, comprobar si las medidas preventivas existentes o previstas son suficientes para limitar o minimizar los efectos negativos.

El árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos es un método inductivo que describe la evolución de un suceso iniciador sobre la base de la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas. Partiendo del suceso iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a distintos eventos.

Una vez dado el incidente de fuga y mediante el estudio y análisis de varios casos de fugas de gas natural en ductos (Ref.: (Mathurkar H.N., Gupta A)[8], se llegó a la conclusión que el gas natural emitido puede desencadenar una serie de eventos, los cuales se describen con sus probabilidades en la siguiente figura.

Árbol de eventos derivados de una fuga de gas



[8] Cross-country Pipeline Safety Assessment Mathurkar H.N., Gupta A, National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), Nagpur, India

Los sucesos analizados fueron:

Suceso 1: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 1.84E-04

Suceso 2: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 1.25E-03

Factores condicionantes de la evolución del suceso que se indican en la cabecera del esquema:

- **Ignición inmediata**. Representa la probabilidad de que se produzca la ignición en el momento de la fuga. Se considera que la probabilidad de que esto ocurra es de 0.3.
- **Ignición retardada.** La probabilidad de encendido retardado depende del punto final del cálculo. En el cálculo del riesgo específico del lugar solo se tienen en cuenta las fuentes de ignición en el lugar del establecimiento.

  La probabilidad de ignición retardada está dada por:

  - $\mathbf{P_{ignición\ retardada} = 1 - P_{ignición\ directa}}$

  El suceso complementario tiene una probabilidad de 1-0.3 = 0.7.
- **Correcto funcionamiento de la Válvula de seccionamiento (MLV's).** Se refiere a la puesta de cierre, en caso de una caída súbita de presión (line break) en el ducto en un lapso; esta detección se realizará a través del Transmisor de Presión dedicado para esta función, el cual enviará una señal al Controlador de la MLV para energizar la válvula solenoide del Sistema de Emergencia de la SDV (módulo ESD) y llevarla a su posición Cerrada. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema de Control de Proceso.** Se refiere a las funciones de control y supervisión de toda la instrumentación de campo y equipos paquete involucrados con el sistema. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema de Detección de Fugas.** La función principal del SPE es monitorear las variables relacionadas con las funciones de seguridad y en caso de presentarse alguna condición no segura, activar los elementos finales de control para mantener el área de compresión segura y salvaguardar la integridad del personal operativo y de las instalaciones. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto Funcionamiento del Sistema de Fuego y Gas**. Las Estaciones de Compresión contaran con un sistema de detección de fuego y gas, el cual estará localizado en el **CCP**; tendrá como función principal detectar oportunamente un conato de incendio o fuga de gases/vapores inflamables para alertar al personal y para ejecutar las funciones de

seguridad necesarias para la protección de las personas y se minimicen los daños materiales y pérdidas económicas. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.

- **Correcto funcionamiento del Sistema SCADA.** Se refiere al correcto monitoreo satelital de los sistemas de control o salvaguardas. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Condiciones para generar una UVCE.** Representa la probabilidad de que el gas entre límites de inflamabilidad sea suficiente para dar lugar a una explosión no confinada. Se estima esta probabilidad en 0.1.

Sistemas de seguridad o salvaguardas principales para los componentes del STGN presentes en los sucesos del árbol de eventos

SUCESO	DESCIPCIÓN	SCADA	SCP	MLV'S	SPE	SFG
1	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	X	X	X		
2	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.		X		X	X

Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 1

Evento	Frecuencia eventos/año
Jet Fire	7.77E-09
Explosión	1.45E-09
Dispersión	2.82E-04

Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 2

Suceso	Frecuencia eventos/año
Jet Fire	1.46E-10
Explosión	2.72E-10
Dispersión	5.29E-04
Conato de incendio controlado	1.44E-07

Cabe señalar que en el análisis **HAZOP** a fin de estimar los máximos daños posibles, en identificación y jerarquización de riesgos, no se han considerado los controles y medidas de reducción de riesgos (salvaguardas, protecciones o barreras) para asignar los valores de frecuencia y consecuencia. En este sentido, haciendo un reposicionamiento de escenarios de riesgo donde se consideran las medidas preventivas de seguridad y mitigación de riesgos y los protocolos de respuesta a emergencias para la reducción de frecuencias se tienen los siguientes resultados.

Frecuencias utilizadas en el HAZOP y frecuencias calculadas con base en las salvaguardas establecidas

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/año	Tipo
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)	Sin considerar las salvaguardas establecidas del STGN (>1.0E-01 a ≤2.0E-01)
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)	Considerando las salvaguardas del STGN. (1.45E-09 a 3.66E-10)

Con base en lo anterior se estima el riesgo inherente y el riesgo residual

Riesgo Inherente: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán Riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el Riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de Riesgos. El riesgo inherente es el valor obtenido del análisis del árbol de fallas, considerando las probabilidades de las tasas de falla que se presentan.

Riesgo Residual: Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo Inherente; el Riesgo Residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido. El riesgo residual es el valor obtenido del análisis del árbol de sucesos a partir del valor del riesgo inherente considerando las medidas de reducción y mitigación de riesgos.

A continuación de se presentan el reposicionamiento de los escenarios de riesgo identificados dentro del **HAZOP** para el **STGN Gasoducto Libramiento Reynosa**.

Con base en los resultados del reposicionamiento de los escenarios de riesgo se tiene con los sistemas de seguridad establecidos para el proyecto **STGN <u>los escenarios de riesgo que posiblemente se esperarían se encuentran la región de riesgo tolerable.</u>**

Sobreposición de los escenarios de riesgo

Escenario	Desviación	Descripción	Sin medidas de reducción y mitigación de riesgos				Con medidas de reducción y mitigación de riesgos			
			Nivel de riesgos	Frecuencia	Consecuencia	Riesgo inherente	Nivel de riesgos	Frecuencia	Consecuencia	Riesgo residual
ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) Más corrosión	Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 24" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento SDV´s dentro de la trayectoria de 56+075 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	**16 B**	4	4	1.849E-04	**4 D**	1	4	7.77E-09
ESC_2	Más flujo	Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de la salida del patín de regulación en las **EMRyC Terminal 2 nueva, EMRyC Anzaldúa nueva** y **EMRyC Estación 19 nueva** con riesgo de incendio y/o explosión.		4	4	1.25E-03		1	4	2.72E-10

Para garantizar la atención adecuada de la reducción y mitigación delos riesgos que probablemente puedan presentarse en el desarrollo del proyecto se cuentan con las siguientes medidas:

- Sistema de comunicación SCADA.
- Se cuenta con una conexione para alimentación al sistema a través del gasoducto de TETCO y Tennessee.
- Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte.
- Línea de by-pass, 2”-GN para servicio en caso de emergencia.
- Indicador de posición cerrado (ZIC-100, 101, 102, 107, 108, 109)
- Indicador de posición abierto (ZIO-100, 101, 102, 107, 108, 109)
- Transmisor indicador de presión (PIT-100, 200, 300, 301)
- Indicador de temperatura (TI-100, 101, 200, 201, 300, 301).
- Contador de Flujo (FQI).
- Válvula de Corte de Suministro (ESDV)
- Válvula de Seguridad (PSV)
- Válvula de Bloque (XV)
- Ante un evento de emergencia, se ordenará cerrar alguna de las válvulas de seccionamiento en el trazo del sistema de transporte.
- Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte.
- Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en la estación de compresión para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Libramiento-Reynosa.
- Las estaciones de regulación y control cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de regulación se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte.
- Sistema de Control de Procesos (SCP).
- Sistema de Fuego y Gas (SFG)
- Sistema de Detección de Fugas (SDF)
- Sistema SCADA.
- Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443.
- Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar.

- Válvulas Electrohidráulicas (SDV) Procedimiento de certificación de materiales.
- Integridad y protección mecánicas
- Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos.
- Procedimiento de certificación de materiales.
- Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto V-400-sistema de protección catódica.pdf.
- Especificaciones postes de medición V-300.pdf
- Programa de vigilancia epidemiológica.
- Pruebas PCR.
- Medidas sanitarias.
- En las memorias de cálculo y diseño se consideran las tensiones a las que está expuesto el ducto, según la clase de localización 4.
- En cruzamientos se han tomado medidas de seguridad adicionales como mayor profundidad de ductos, encamisados, encofrados.
- La zona sísmica del proyecto es la A y B, las de menor peligro en el país, zona donde comúnmente no se pueden presenciar sismos.
- Ducto enterrado, el suelo proporciona aislamiento, en instalaciones superficiales se cuenta son sistema de gas y fuego.
- La temperatura máxima de la superficie de cualquier equipo o línea ubicada en una zona de riesgo, en condiciones normales de funcionamiento y anormales, no excederá la clase de temperatura de la zona peligrosas designada (T1 = 450°C).
- El diseño de las instalaciones superficiales en EMRyC, SDV's cuentan con drenaje pluvial.
- Sistema de paro por producto fuera de especificación.
- Doble tren de regulación para dar mantenimiento a uno sin interrumpir el suministro al cliente.

X. RESUMEN EJECUTIVO

La información de esta sección se presenta en el **ANEXO_ER_19_RESUMEN EJCUTIVO E INFORME TECNICO.**