Ampliación de la Red de Gas Natural del Parque Industrial Querétaro

Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos



Gas Natural Santa Rosa, S de R. L. de C.V.

Contenido.

CONTENIDO. 1
1. PRESENTACIÓN. 13
2. DEFINICIONES. 14
3. ALCANCE. 19
4. DATOS GENERALES. 20
Nombre del proyecto. 20
Nombre o razón social de la empresa u organismo. 20
Registro federal de contribuyentes de la empresa. 20
Actividad productiva principal del establecimiento. 20
Domicilio para oír y recibir notificaciones. 20
Nombre del gestor o promovente. 20
Nombre completo, firma y puesto del representante legal de la empresa bajo protesta de decir verdad. 21
Nombre de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo. 21
Registro Federal de Contribuyentes. 21
Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo. 21
Nombre completo de la persona responsable de la elaboración del estudio. 22
5. CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS.23
5.1. Descripción del proyecto. 23
5.1.1. Sistema de distribución autorizado y operando. 27
5.2. Descripción del proceso. 34
5.2.1. Primera fase de ampliación. 34
Casetas de Medición y Regulación. 38
Ductos. 40
5.2.2. Segunda fase de ampliación. 62
Ductos. 65
Tercera fase de ampliación 84
Ductos. 87
5.3. Descripción del Entorno. 104
5.3.1. Medio físico. 104
Clima. 105
Precipitación. 109
Estaciones de Monitoreo 110
Geología. 110
Geomorfología. 115
Edafología. 117
Hidrología. 121
Flora silvestre. 123
Fauna Silvestre 128

5.3.2. Determinación de calamidades viables (Vulnerabilidad). 131
De origen geológico-geomorfológico. 138
Riesgos sísmicos. 138
Riesgos por actividad volcánica. 141
Riesgos por deslizamientos o derrumbes. 144
Riesgos por Hundimiento regional y agrietamiento del terreno. 147
Riesgos por Fallas y Fracturas. 151
De origen Hidrometeorológico. 153
Tormentas Eléctricas. 153
Inundaciones. 156
Heladas. 158
Granizadas. 159
Nevadas 161
Sequias. 162
5.4. Análisis y Evaluación de Riesgos 168
5.4.1. Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo 169
5.4.1.1. Análisis Preliminar de Peligros 170
5.4.1.2. Antecedentes de Accidentes e Incidentes en proyectos similares 177
5.4.1.3. Identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo 200
5.4.1.3.1 Análisis Cualitativo de Riesgo (HAZOP) 202
5.4.2. Análisis Cuantitativo de Riesgo 232
5.4.2.1 Análisis de Frecuencias 233
5.4.2.2 Análisis de Consecuencias 234
Datos Meteorológicos de la Zona 238
5.5. Representación en planos de los radios potenciales de afectación. 272
5.6. Análisis de vulnerabilidad e interacciones de riesgo 296
5.6.1. Análisis de Vulnerabilidad. 296
5.6.2. Interacciones de Riesgo 311
5.6.3. Efecto Dominó 317
5.7. Reposicionamiento de escenarios de riesgo 340
5.7.1. Cálculo del Riesgo Residual 340
5.8. Sistemas de Seguridad y Medidas para Administrar los Escenarios de Riesgo 348
5.8.1. Sistemas de Seguridad 348
5.8.2. Medidas Preventivas 374
5.8.3. Recomendaciones Técnico - Operativas 383
5.9. Conclusiones 426

Tablas.

Tabla 1 Resumen del sistema de ductos en operación y tres fases de ampliación 19
Tabla 2 Ubicación de las 11 Casetas de Medición y Regulación en operación 27
Tabla 3 Descripción de los 17 ramales que conforman el proyecto en operación..... 28
Tabla 4 Descripción de las 44 válvulas que conforman el proyecto en operación 30
Tabla 5 Ubicación del punto de interconexión y la Caseta interconexión con el ducto Generación Eléctrica -TRANSCANADA 01 34
Tabla 6 Descripción de los 11 ramales que conforman parte de la primera fase de ampliación 34
Tabla 7 Descripción de las 23 válvulas que componen la Fase I 35
Tabla 8 Ubicación del punto de interconexión y la Caseta interconexión con el ducto TRANSCANADA..... 38
Tabla 9 Cuadro de construcción eje ducto “La Noria 01” 40
Tabla 10 Cuadro de construcción eje ducto “Privada La Noria” 41
Tabla 11 Cuadro de construcción eje ducto “Camino Vecinal 03”..... 43
Tabla 12 Cuadro de construcción eje ducto “Mesa de León” 45
Tabla 13 Cuadro de construcción eje ducto “Mesa de León” 45
Tabla 14 Cuadro de construcción eje ducto “La Montaña”..... 46
Tabla 15 Cuadro de construcción eje ducto “San Pedrito” 46
Tabla 16 Cuadro de construcción eje ducto “Benito Juárez 01”..... 48
Tabla 17 Cuadro de construcción eje ducto “La Noria” 54
Tabla 18 Cuadro de construcción eje ducto “Industria de la Transformación 01” 56
Tabla 19 Cuadro de construcción eje ducto “Transcanada 01” 58
Tabla 20 Cuadro de construcción línea interconexión “Transcanada 02”..... 60
Tabla 21 Descripción de los 13 ramales que conforman parte de la segunda fase de ampliación 62
Tabla 22 Descripción de las 32 válvulas que componen la Fase II 63
Tabla 23 Cuadro de construcción eje ducto “Camino Vecinal 01”..... 65
Tabla 24 Cuadro de construcción eje ducto “Camino Vecinal 02”..... 65
Tabla 25 Cuadro de construcción eje ducto Ferrocarril 67
Tabla 26 Cuadro de construcción eje ducto Camino Vecinal 69
Tabla 27 Cuadro de construcción eje ducto Estacada 69
Tabla 28 Cuadro de construcción eje ducto Industria de la Construcción 72

Tabla 29 Cuadro de construcción eje ducto Industria de la Transformación 02..... 72
Tabla 30 Cuadro de construcción eje ducto Estacada 01 74
Tabla 31 Cuadro de construcción eje ducto Industria Minera..... 74
Tabla 32 Cuadro de construcción eje ducto Buenavista 75
Tabla 33 Cuadro de construcción eje ducto Industria de la Transformación 03..... 77
Tabla 34 Cuadro de construcción eje ducto La Noria 01..... 79
Tabla 35 Cuadro de construcción eje ducto La Noria 02..... 82
Tabla 36 Descripción de los 12 ramales que conforman parte de la tercera fase de ampliación. 84
Tabla 37 Descripción de las 20 válvulas que componen la Fase III 84
Tabla 38 Cuadro de construcción eje ducto La Cruz 03..... 87
Tabla 39 Cuadro de construcción eje ducto La Cruz 05..... 88
Tabla 40 Cuadro de construcción eje ducto La Cruz 05..... 90
Tabla 41 Cuadro de construcción eje ducto Cerrada Querétaro..... 92
Tabla 42 Cuadro de construcción eje ducto El Pueblito..... 92
Tabla 43 Cuadro de construcción eje ducto Cerrada La Noria 96
Tabla 44 Cuadro de construcción eje ducto Tequisquiapan..... 96
Tabla 45 Cuadro de construcción eje ducto Tequisquiapan 01 97
Tabla 46 Cuadro de construcción eje ducto Industria de la Construcción 01 99
Tabla 47 Cuadro de construcción eje ducto Industria de la Vecinal 05..... 101
Tabla 48 Cuadro de construcción eje ducto Industria de la Vecinal 04..... 101
Tabla 49 Cuadro de construcción eje ducto Industria de la Vecinal 06..... 102
Tabla 50 Climas presentes en el municipio de Querétaro periodo..... 106
Tabla 51 Normales climatológicas de Querétaro periodo: 1981-2010..... 109
Tabla 52. Superficie de materiales geológicos localizados en el municipio de Querétaro. 111
Tabla 53. Suelos ubicados dentro del municipio de Querétaro 118
Tabla 54. Hidrografía del municipio de Querétaro 122
Tabla 55. Definiciones y tipos de Agentes Perturbadores..... 133
Tabla 56 Proximidades con zonas vulnerables de población para un buffer de 800 m. 164
Tabla 57 Proximidades y cruzamientos con componentes ambientales franja de 800 m a ambos lados del DDV..... 165

Tabla 58 Proximidades con infraestructura franja de 800 m a ambos lados del DDV166
Tabla 59 Uso de suelo (sobre el DDV). 167
Tabla 60 Clasificación NFPA para aceptabilidad de riesgos 170
Tabla 61. PHA. Valoración de las Consecuencias 172
Tabla 62. PHA. Valoración de las Exposición 172
Tabla 63. PHA. Valoración de probabilidad 173
Tabla 64. APH. Interpretación numérica de resultados 173
Tabla 65 Resultados Método William T. Fine. Estación de Medición y Regulación 174
Tabla 66 Resultados Método William T. Fine. Sistema de Distribución de Gas Natural 174
Tabla 67 Resultados Método William T. Fine. Estación de Regulación de cualquier de las industrias 175
Tabla 68 Sustancias químicas que aparecen con mayor frecuencia en los accidentes en fuentes fijas (1990 a 1997). 178
Tabla 69 Accidentes ocurridos a nivel mundial por manejo/uso de gas natural (1965-2010). 179
Tabla 70 Antecedentes de Accidentes e Incidentes en México por el manejo de Gas Natural. 190
Tabla 71 Terminología más común usada en el Análisis Hazop. 205
Tabla 72 Palabras guías en el método HAZOP 206
Tabla 73 Parámetros de diseño 207
Tabla 74 Causas probables de desviación de intención de diseño 208
Tabla 75 Criterio índice de Perdida 213
Tabla 76 Criterio de índice de Severidad 213
Tabla 77 Índice de riesgos 214
Tabla 78 Criterios para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en la instalación 232
Tabla 79 Descripción de los eventos por simular 236
Tabla 80 Criterios para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en la instalación 238
Tabla 81 Estación Climatológica CONAGUA No. 00011144 238
Tabla 82 Datos climatológicos de la Estación No. 00011144 El Charape 239
Tabla 83 Resumen Técnico de los Eventos Simulados 269

Tabla 84 Descripción de los posibles receptores de 297
Tabla 85 Interacciones de riesgo de los eventos simulados 311
Tabla 86 Elementos necesarios para el Efecto Dominó (ED) 317
Tabla 87 Industrias con Sustancias Químicas Peligrosas propensas a ser Escenarios Secundarios que podrían formar un Efecto Domino. 318
Tabla 88 Criterios del Evento Primario para el Efecto Domino 321
Tabla 89 Valoración de los escenarios de riesgo identificados 340
Tabla 90 Índice de Riesgo Residual 341
Tabla 91 Estimación de Riesgo Residual 343
Tabla 92 Resumen de Grado de Riesgos de los Escenarios Evaluados 347
Tabla 93 Coordenadas geográficas de la Estaciones de Medición y Regulación de Transferencia de Custodia o Interconexión 348
Tabla 94 Equipos de Seguridad según Fase 352
Tabla 95 Válvulas de seccionamiento operando y por fase 352
Tabla 96 Pruebas de Hermeticidad 369
Tabla 97 Equipos de Seguridad según Fase 370
Tabla 98 Válvulas de seccionamiento proyectadas) 370
Tabla 99 Características de las zonas donde se instalarán las Válvulas de Seccionamiento 372
Tabla 100 Especificaciones técnicas para diseño 375
Tabla 101 Especificaciones técnicas para la selección de materiales 376
Tabla 102 Especificaciones técnicas para la construcción 378
Tabla 103 Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos del Análisis HazOp 385
Tabla 104 Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos del Análisis ¿Qué pasa SI? 399
Tabla 105 Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos del Análisis Cuantitativo de Riesgo 402
Tabla 106 Programa para la implementación de las recomendaciones del Análisis HazOp 407
Tabla 107 Programa para la implementación de las recomendaciones del Análisis ¿Qué pasa SI? 419

Tabla 108 Programa para la implementación de las recomendaciones del Análisis Análisis Cuantitativo de Riesgo 422
Tabla 109 Resumen Grado de Riesgos identificados 427
Tabla 110 Índice de Anexos 432

Figuras.

Figura 1 Macrolocalización del proyecto 24
Figura 2 Esquema del proyecto 25
Figura 3 Fases del proyecto 26
Figura 4 Sistema de distribución autorizado en materia de impacto ambiental y en operación. 33
Figura 5 Croquis de ubicación de Fase 1 37
Figura 6 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de conexión a Transcanada 39
Figura 7 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de La Noria 01 y Privada La Noria 42
Figura 8 Croquis de ubicación Camino Vecinal 03 44
Figura 9 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de Mesa de León, Jurica, La Montaña y San Pedrito 47
Figura 10 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de ducto “Benito Juárez 01” 53
Figura 11 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de ducto “La Noria” 55
Figura 12 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de ducto “Industria de la transformación 01” 57
Figura 13 Croquis de ubicación ducto Transcanada- 01 59
Figura 14 Croquis de ubicación ducto línea interconexión Transcanada 02” 61
Figura 15 Croquis de ubicación y cuadro de construcción válvulas Fase II 64
Figura 16 Croquis de ubicación y cuadro de construcción los ductos Camino Vecinal 01 y 02 66
Figura 17 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto “Ferrocarril” 68
Figura 18 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto “Estacada” 71
Figura 19 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos “Construcción y Transformación 02” 73
Figura 20 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto Estacada 01, Ind. Minera y Buenavista 76

Figura 21 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos Industria de la Transformación 78
Figura 22 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto Noria 01 81
Figura 23 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto Noria 02 83
Figura 24 Croquis de ubicación y cuadro de válvulas Fase III 86
Figura 25 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos La Cruz 03 y 05 89
Figura 26 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto La Cruz 04 91
Figura 27 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos El Pueblito y Cerrada Querétaro 95
Figura 28 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos Cerrada La Noria, Tequisquiapan y Tequisquiapan 01 98
Figura 29 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto Industria de la Construcción 01 100
Figura 30 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos Camino Vecinal 04, 05 y 06 103
Figura 31 Comportamiento de la temperatura del municipio de Querétaro, 1971 – 2000. Fuente: Normales Climatológicos, SMN. 105
Figura 32 Porcentaje de cobertura municipal de cada clima en Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro (2015), datos de INEGI. 106
Figura 33 Mapa de Climas del Municipio de Querétaro y ubicación del proyecto. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro (2015) con datos de INEGI. 107
Figura 34 Acercamiento del clima para el área del proyecto y el Sistema Ambiental Regional 108
Figura 35 Comportamiento de la precipitación media mensual del municipio de Querétaro, 1971 – 2000. Fuente: Normales Climatológicos, SMN. 109
Figura 36 Ubicación de las estaciones de monitoreo. La más cercana al sitio de estudio, es la estación Félix Osores (FEO) 110
Figura 37 Mapa Geológico del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Municipal de Riesgos con datos de INEGI. 112
Figura 38 Acercamiento del proyecto y el Sistema Ambiental Regional para el proyecto 113

Figura 39 Mapa Geológico de la Zona Sur del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Municipal de Riesgos, modificado de Carreón et.al. 2005. 114
Figura 40 Mapa fisiográfico del municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro (2015) con datos de INEGI. 115
Figura 41 Provincias fisiográficas del proyecto y del Sistema Ambiental Regional..... 116
Figura 42 Mapa Edafológico del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Municipal de Riesgos, INEGI. 119
Figura 43 Acercamiento a la edafología del proyecto y el Sistema Ambiental Regional. 120
Figura 44 Mapa Hidrológico del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro (2015) con datos de INEGI. 122
Figura 45 Puntos de muestreo. 126
Figura 46 Distribución de uso de suelo y vegetación municipal..... 128
Figura 47 Regionalización sísmica de la República Mexicana 139
Figura 48 Regiones de la República Mexicana susceptibles a sismos y Terremotos. . 140
Figura 49 Ubicación del predio respecto a la Regionalización sísmica (CFE, 2015). (Atlas Nacional de Riesgos 2019)..... 141
Figura 50 Ubicación de los aparatos volcánicos respecto al municipio y al sitio del proyecto. 142
Figura 51 Peligro por Caída de Ceniza Volcánica, proveniente del Volcán activo Los Azufres..... 143
Figura 52 Vulnerabilidad por deslizamientos, Santa Rosa Jáuregui se localiza en una zona de Media vulnerabilidad. Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro 2015.... 146
Figura 53 Susceptibilidad de inestabilidad de laderas, zonificación a detalle, el predio se localiza en una zona de Muy Baja susceptibilidad. CENAPRED, 2019. 147
Figura 54 El municipio de Querétaro es uno de los municipios que han presentado hundimientos y agrietamientos, en la imagen se indica la ubicación del predio. CENAPRED, 2019. 149
Figura 55 Riesgo por agrietamiento del suelo en el municipio. 150
Figura 56 Localización y ubicación de los sistemas de fracturamiento-fallamiento dentro del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro 2015. 152

Figura 57 Localización y ubicación de los sistemas de fracturamiento-fallamiento dentro del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro 2015. 154
Figura 58 Mapa de peligro por tormentas eléctricas del municipio, en la zona de proyecto. 155
Figura 59 Índice de peligro por inundación, la zona de estudio presenta peligro alto. CENAPRED 2019. 157
Figura 60 Índice de peligro por heladas. CENAPRED 2019. 159
Figura 61 Mapa de Peligro por Tormentas de Granizo en el Municipio y en la zona de proyecto. 160
Figura 62 Mapa de Peligro por Nevadas en el Municipio, en la zona de proyecto. 162
Figura 63 Grado de peligro por sequía, en la zona de proyecto. 163
Figura 64 Ubicación de componentes ambientales respecto al predio y sitio de estudio. Fuente: Elaboración propia con información del SIATL y visita de campo. 166
Figura 66 Usos de suelo Delegación Santa Rosa Jauregui. Fuente: Adaptado del Plano de Uso de Suelo, Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Querétaro 2018-2021. 167
Figura 67 Porcentaje de consecuencias ocurridas por uso de gas natural 185
Figura 68 Fatalidades-accidentes en ductos (PEMEX, 2007). 186
Figura 69 Intoxicados-accidentes en ductos (PEMEX, 2007). 187
Figura 70 Lesionados-accidentes en ductos (PEMEX, 2007) 188
Figura 71 Evacuados-accidentes en ductos (PEMEX, 2007) 188
Figura 72 “Índice de frecuencia” –PEMEX (PEMEX, 2008) 189
Figura 73 Ubicación del Sitio en estudio respecto a otros ductos y registros de eventos relacionados. Fuente: CartoCrítica, 2017. 199
Figura 74 Árbol de análisis de eventos en una fuga de una tubería 234
Figura 75 Rosa de Vientos de la Delegación Santa Rosa Jáuregui del municipio de Querétaro 240
Figura 76 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 1 (DGN 1.1.1) 242
Figura 77 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 1 (DGN 1.1.2) 243
Figura 78 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 1 (DGN 1.1.3) 244
Figura 79 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 1 (DGN1.2.1) 245
Figura 80 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 2 (DGN 2.1.1) 247

Figura 81 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.1.2) 248
Figura 82 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 2 (DGN 2.1.3) 249
Figura 83 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.2.1) 250
Figura 84 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 3 (DGN 3.1.1) 252
Figura 85 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 3 (DGN 3.1.2) 253
Figura 86 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 3 (DGN 3.1.3) 254
Figura 87 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.2.1) 255
Figura 88 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 4 (DGN 4.1.1) 257
Figura 89 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 4 (DGN 4.1.2) 258
Figura 90 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 4 (DGN 4.1.3) 259
Figura 91 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 4 (DGN 4.2.1) 260
Figura 92 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 5 (DGN 5.1.1) 262
Figura 93 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 5 (DGN 5.1.3) 263
Figura 94 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 5 (DGN 5.2.1) 264
Figura 95 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 6 (DGN 6.1.1) 266
Figura 96 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 6 (DGN 6.1.3) 267
Figura 97 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 1 (DGN 1.1.1) 272
Figura 98 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 1 (DGN 1.1.2) 273
Figura 99 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 1 (DGN 1.1.3) 274
Figura 100 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 1 (DGN1.2.1) 275
Figura 101 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 2 (DGN 2.1.1) 276
Figura 102 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.1.2) 277
Figura 103 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 2 (DGN 2.1.3) 278
Figura 104 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.2.1) 279
Figura 105 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 3 (DGN 3.1.1) 280
Figura 106 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 3 (DGN 3.1.2) 281
Figura 107 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 3 (DGN 3.1.3) 282
Figura 108 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 3 (DGN 3.2.1) 283
Figura 109 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 4 (DGN 4.1.1) 284
Figura 110 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 4 (DGN 4.1.2) 285
Figura 111 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 4 (DGN 4.1.3) 286
Figura 112 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 4 (DGN 4.2.1) 287
Figura 113 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 5 (DGN 5.1.1) 288

Figura 114 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 5 (DGN 5.1.2) 289
Figura 115 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 5 (DGN 5.1.3) 290
Figura 116 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 5 (DGN 5.2.1) 291
Figura 117 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 6 (DGN 6.1.1) 292
Figura 118 Zona de Amenaza Inflamable para el Evento 6 (DGN 6.1.2) 293
Figura 119 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 6 (DGN 6.1.3) 294
Figura 120 Zona de Amenaza por Radiación Térmica del Evento 6 (DGN 6.2.1)..... 295
Figura 121 Ubicación de las industrias identificadas en la tabla anterior:..... 320
Figura 122 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-01 por Radiación Térmica 322
Figura 123 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-02 por Radiación Térmica 323
Figura 124 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-03 por Radiación Térmica 324
Figura 125 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-04 por Radiación Térmica 325
Figura 126 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-05 por Radiación Térmica 326
Figura 127 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-06 por Radiación Térmica 327
Figura 128 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-07 por Radiación Térmica 328
Figura 129 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-08 por Radiación Térmica 330
Figura 130 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-09 por Radiación Térmica 332
Figura 131 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-10 por Radiación Térmica 333
Figura 132 Estación de Medición y Regulación de Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V. 335
Figura 133 Cruce de la Av. La Noria y Av. Mesa de León. 336
Figura 134 Análisis de Efecto Dominó en el Ducto IN-11 por Radiación Térmica..... 337
Figura 135 Zona de Radiación Térmica del Escenario Secundario del Efecto Domino del IN-11..... 339
Figura 136 Caseta CENAGAS..... 348
Figura 137 EMR de Interconexión de Gas Natural de Santa Rosa, operando actualmente 349
Figura 138 Válvula de seccionamiento (VS-13) en operación 365
Figura 139 Señalización actual dentro del Parque Industrial..... 368
Figura 140 Señalización actual dentro del Parque Industrial..... 369

1. Presentación.

Gas Natural de Santa Rosa, S. de R.L. de C.V. pretende la ampliación de su sistema de distribución de gas natural, dentro del Parque Industrial Querétaro, ampliación que requiere de la instalación y construcción de ductos, válvulas y casetas de regulación.

El proyecto tiene por objetivo ampliar el servicio al Parque Industrial Querétaro, que de acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021 del Municipio de Querétaro, tiene una participación del 20.4% del total de empresas que aportan el 55.9% de las unidades económicas de la entidad y una ocupación del 61.3% de personal. Lo que muestra la gran importancia económica y social; del cliente al que se busca dar servicio[1].

De acuerdo con la Clasificación para Actividades Económicas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía[2], el proyecto corresponde a la clave *221210 Suministro de gas natural por ductos al consumidor final* ya que esta clasificación incluye unidades económicas dedicadas principalmente al suministro de gas natural por ductos al consumidor final, además de que estos trabajos de ingeniería civil pueden ser construcciones nuevas, ampliaciones, remodelaciones, mantenimiento o reparación.

El principal objetivo del proyecto es suministrar de Gas Natural de manera eficiente y segura a los diferentes usuarios del Parque Industrial Querétaro.

Este *Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos* se ha hecho necesario debido a que la instalación de la red de distribución de gas natural no está exenta de las amenazas que en mayor o menor grado generan los eventos imponderables, las emergencias, etc., aun cuando se operan bajo las mayores medidas de seguridad.

La elaboración de este estudio debe entenderse como una herramienta del análisis de vulnerabilidad a través del cual se identifican y caracterizan las amenazas y su impacto en el tiempo, espacio y magnitud, propias de la actividad a desempeñar.

---

[1] H. Ayuntamiento de Querétaro. Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021. Recuperado de https://municipiodequeretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2019/07/PMD_MPIO_QRO_2018-2021_final_compressed.pdf Fecha de consulta 07/07/2021

[2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Clasificación para actividades económicas. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/205/download/5998. Fecha de consulta 07/07/2021

2. Definiciones.

Amenaza. Evento físico potencialmente perjudicial, natural o derivado de la actividad humana, que puede causar pérdida de vidas o lesiones, daños materiales, grave perturbación de la vida social y económica o degradación ambientales.

Las amenazas incluyen condiciones latentes susceptibles de materializarse en el futuro. Pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico, hidrometeorológico) o antropogénico (químico-tecnológico, sanitario-ecológico o socio organizativo);

Análisis de Riesgo de Proceso (ARP): Aplicación sistemática de una o más metodologías específicas para identificar Peligros y evaluar Riesgos de un proceso o sistema, con el fin de determinar metodológicamente los Escenarios de Riesgo y verificar la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, salvaguardas y barreras suficientes ante las posibles Amenazas que propiciarían la materialización de algún escenario de Riesgo identificado;

Análisis Preliminar de Peligros: Es el resultado de realizar un primer intento para identificar en forma general los posibles Riesgos que pueden originar los Peligros en un Diseño o Instalaciones en operación, para ubicar la situación actual que se tiene respecto de la Administración de los Riesgos;

Consecuencia: Resultado real o potencial de un evento no deseado, medido por sus efectos en las personas, instalaciones y el medio ambiente;

Contingencia: Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de la población, el medio ambiente o las instalaciones industriales;

Daños: Afectaciones físicas en el patrimonio, infraestructura y planta productiva que ocurre durante o después de una emergencia o desastre;

Efecto Dominó: También conocido como encadenamiento de eventos, evento asociado a un incendio o explosión en una Instalación, que multiplica sus consecuencias por efecto de la sobrepresión, proyectiles o la radiación térmica que se generan sobre elementos próximos y vulnerables, tales como otros recipientes, tuberías o equipos de la misma Instalación o Instalaciones próximas, de tal forma que puedan ocurrir nuevas

fugas, derrames, incendios o explosiones que a su vez, pueden nuevamente provocar efectos similares;

Emergencia: Situación derivada de actividades humanas o fenómenos naturales que al ocurrir, afectan la integridad de la población, el medio ambiente o las instalaciones industriales;

Equipamiento urbano: El conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario urbano, destinados a prestar a la población servicios públicos, de administración pública, de educación y cultura; de comercio, de salud y asistencia; de deporte y de recreación, de traslado y de transporte y otros, para satisfacer sus necesidades y su bienestar;

Escenario de Riesgo: Determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de la metodología de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, en el cual se considera la probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias y, posteriormente, determinar las zonas potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para la Simulación de consecuencias;

Estudio de Riesgo: Documento que, a partir de recorridos en campo y análisis espaciales indica de forma puntual los daños probables, define y valora las características de las amenazas y/o peligros naturales y antropogénicos al interior y exterior de inmuebles o establecimientos;

Exposición: Cantidad de personas, bienes, valores e infraestructura, que son susceptibles de ser dañados a consecuencia del impacto de un fenómeno de origen natural o antropogénico;

Fenómeno Perturbador: Evento de carácter geológico, hidrometeorológico, químico-tecnológico, sanitario-ecológico, socio-organizativo o astronómico con potencial de causar daños o pérdidas en sistemas expuestos vulnerables, alteración de la vida social y económica o degradación ambiental;

IDLH *("Immediately Dangerous to Life or Health",* por sus siglas en inglés*).* Inmediatamente Peligroso para la vida o la salud: Concentración máxima de una Sustancia Peligrosa, expresada en partes por millón (ppm) o en miligramos sobre metro

cúbico (mg/m^3), que se podría liberar al ambiente en un plazo de treinta minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud;

Instalación: El conjunto de estructuras, plantas industriales, equipos, circuitos de tuberías de proceso y servicios auxiliares, así como sistemas instrumentados, dispuestos para un proceso productivo o comercial específicos, incluyendo, entre otros, pozos para la exploración y extracción de hidrocarburos, plataformas, plantas de almacenamiento, refinación y procesamiento de hidrocarburos en tierra y en mar, plantas de compresión y descompresión de hidrocarburos, sistemas de transporte y distribución en cualquier modalidad, así como estaciones de expendio al público;

Obras: Trabajos que tengan por objeto construir, instalar, ampliar, adecuar, remodelar, restaurar, conservar, mantener, modificar o demoler, construcciones e infraestructuras;

Peligro: Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado;

Predio: Se refiere al terreno sin construcción;

Riesgo: Es la probabilidad de ocurrencia de un evento indeseable medido en términos de sus consecuencias en las personas, instalaciones, medio ambiente o la comunidad;

Riesgo crítico: Riesgo que implica un peligro inminente y requiere acción inmediata para reducirse a condiciones aceptables sin limitar el costo de su solución;

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;

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;

Riesgo Tolerable: Es el Riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad;

Seguridad Industrial: Área multidisciplinaria que se encarga de identificar, reducir, evaluar, prevenir, mitigar, controlar y administrar los riesgos en el Sector, mediante un conjunto de normas que incluyen directrices técnicas sobre las instalaciones, y de las actividades relacionadas con aquéllas que tengan riesgos asociados, cuyo principal objetivo es preservar la integridad física de las personas, de las instalaciones, así como la protección al medio ambiente;

Seguridad Operativa: Área multidisciplinaria que se encarga de los procesos contenidos en las disposiciones y normas técnicas, administrativas y operativas, respecto de la tecnología aplicada, así como del análisis, evaluación, prevención, mitigación y control de los riesgos asociados de proceso, desde la fase de diseño, construcción, arranque y puesta en operación, operación rutinaria, paros normales y de emergencia, mantenimiento preventivo y correctivo.

También incluye los procedimientos de operación y prácticas seguras, entrenamiento y desempeño, investigación y análisis de incidentes y accidentes, planes de respuesta a emergencias, auditorías, aseguramiento de calidad, pre-arranque, integridad mecánica y administración de cambios, entre otros, en el Sector.

Simulación: Representación de un escenario de Riesgo o fenómeno mediante la utilización de sistemas o herramientas de cómputo, modelos físicos o matemáticos u otros medios, que permite estimar las consecuencias de dichos escenarios a partir de las propiedades físicas y químicas de las sustancias o componentes de las mezclas de interés, en presencia de determinadas condiciones y variables atmosféricas;

Sustancia Explosiva: La que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión en forma casi instantánea;

Sustancia Inflamable: Aquella capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición;

Sustancia Peligrosa: Cualquier sustancia que, al ser emitida, puesta en ignición o cuando su energía es liberada (fuego, explosión, fuga tóxica) puede causar daños al ambiente, a las personas y a las Instalaciones debido a sus características de toxicidad,

inflamabilidad, explosividad, corrosión, inestabilidad térmica, calor latente o compresión;

Sustancia Tóxica: Aquella que puede producir alteraciones en organismos vivos, lesiones, enfermedades, al material genético o muerte;

TLV (15 min, STEL): ("*Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit"*, por sus siglas en inglés) Valor umbral límite-Limite de Exposición a corto plazo). Exposición para un periodo de 15 minutos, que no puede repetirse más de 4 veces al día con al menos 60 minutos entre periodos de Exposición;

TLV (8 h. TWA): ("*Threshold Limit Value-Time Weighted Average",* por sus siglas en inglés). Valor umbral límite-Promedio ponderada en el tiempo. Concentración ponderada para una jornada normal de trabajo de ocho horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que se evidencien efectos adversos;

Vulnerabilidad: Es la mayor o menor facilidad de la ocurrencia de una Amenaza en virtud de las condiciones que imperan; puede decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este;

Zona de Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo: Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente, y

Zona de Alto Riesgo para el Análisis de Riesgo: Área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del Sector Hidrocarburos e industriales.

3. Alcance.

El proyecto consiste en la ampliación de un sistema de distribución de gas natural que actualmente se encuentra autorizado, mediante tres fases de ampliación para conectar a futuros usuarios.

La siguiente tabla muestra un resumen de la longitud del sistema de distribución autorizado y operando, así como la longitud que tendrá cada una de sus futuras ampliaciones.

Tabla 1 Resumen del sistema de ductos en operación y tres fases de ampliación

No	Fase	Longitud del Sistema de ductos (m)
1	Autorizado en materia de impacto ambiental y operando	**10,091.114 m**
2	Fase I	**13,024.01 m**
3	Fase II	**11,207.98 m**
4	Fase III	**7,103.26 m**

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

NOTA: Todas las coordenadas incluidas en el presente estudio se presentan en proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 14 (14N) Norte y Datum World Geodetic System 1984(WGS84). EPSG: 32614[3]

[3] Coordinate Systems Worldwide. Epsg.io. Recuperado de https://epsg.io/32614 Fecha de consulta: 07/08/2021

4. Datos generales.

Nombre del proyecto.

Ampliación de la "Nueva Red de Gas Natural del Parque Industrial Querétaro" en el municipio de Querétaro, Querétaro**.**

Nombre o razón social de la empresa u organismo.

El promovente del Proyecto es la empresa Gas Natural de Santa Rosa, S. de R.L. de C.V.

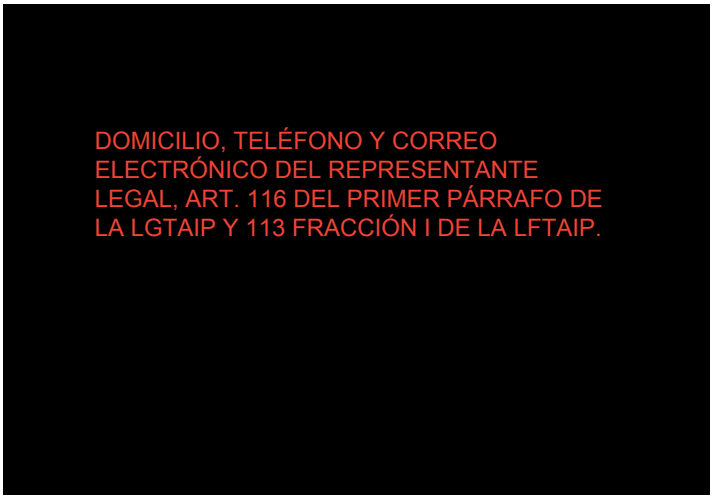
Registro federal de contribuyentes de la empresa.

GNS1505221S1

Actividad productiva principal del establecimiento.

Distribución de Gas Natural.

Domicilio para oír y recibir notificaciones.



Nombre del gestor o promovente.

Nombre del Apoderado Legal: Abel Medina Camacho.

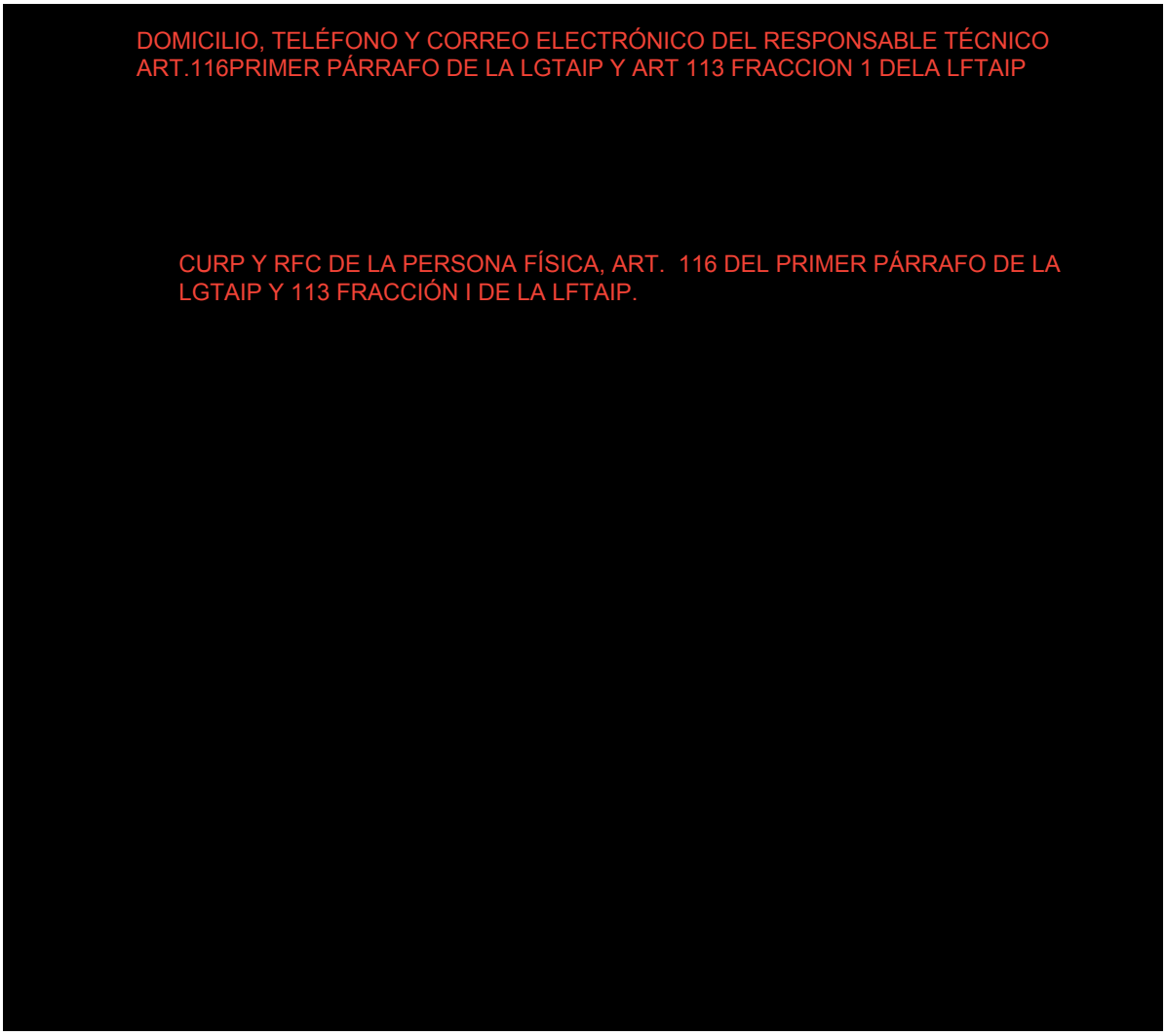
Cargo: Apoderado Legal, Director de Proyectos Igasamex S. A. de C.V.

Nombre completo, firma y puesto del representante legal de la empresa bajo protesta de decir verdad.

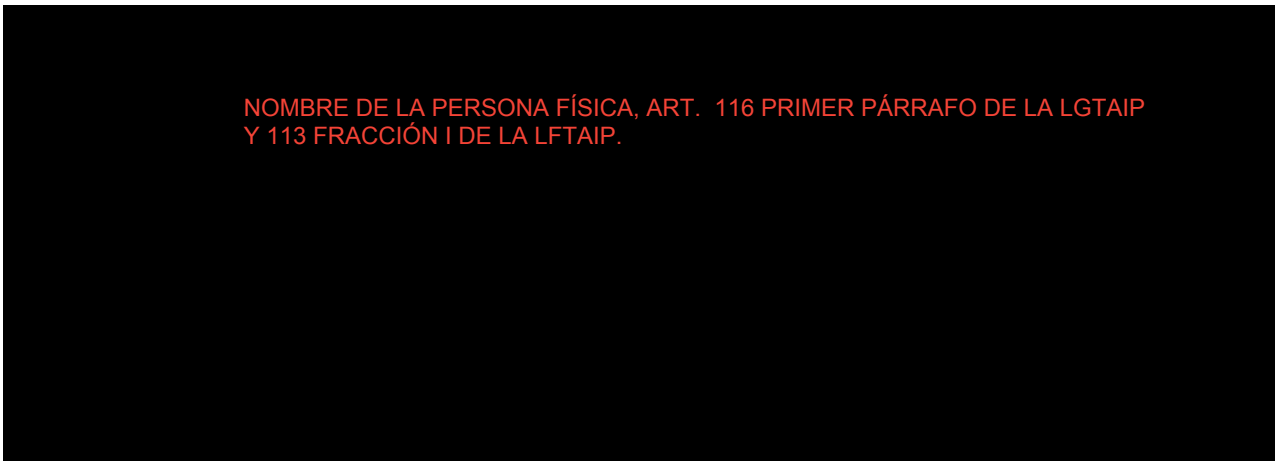
El apoderado es el C. Abel Medina Camacho, el cual tiene amplio poder establecido en el instrumento Escritura No. 96,681, Ante la fe del Lic. ROBERTO GARZON JIMENEZ, titular de la notaría número doscientos cuarenta y dos de la Ciudad de México, actuando como asociado en el protocolo de la notaría número doscientos veintinueve de la que es titular el licenciado MARCO ANTONIO RUIZ AGUIRRE, el cual se anexa en copia simple para su consulta.

Nombre de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo.

La razón social de la empresa responsable de la realización del Estudio de Riesgo es:



Nombre completo de la persona responsable de la elaboración del estudio.



5. Contenido del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos.

5.1. Descripción del proyecto.

El proyecto, denominado como Ampliación de la "Nueva Red de Gas Natural del Parque Industrial Querétaro", consiste en la ampliación en tres fases de un sistema de distribución de Gas Natural ubicado dentro del Parque Industrial Querétaro, Municipio de Santa Rosa Jauregui en la Ciudad de Querétaro en el Estado de Querétaro.

El sistema de Gas Natural de Santa Rosa cuenta con un ramal que actualmente se encuentra operando y autorizado en materia ambiental; mismo que da servicio a 11 usuarios y tiene contemplado su ampliación en tres fases futuras de desarrollo.

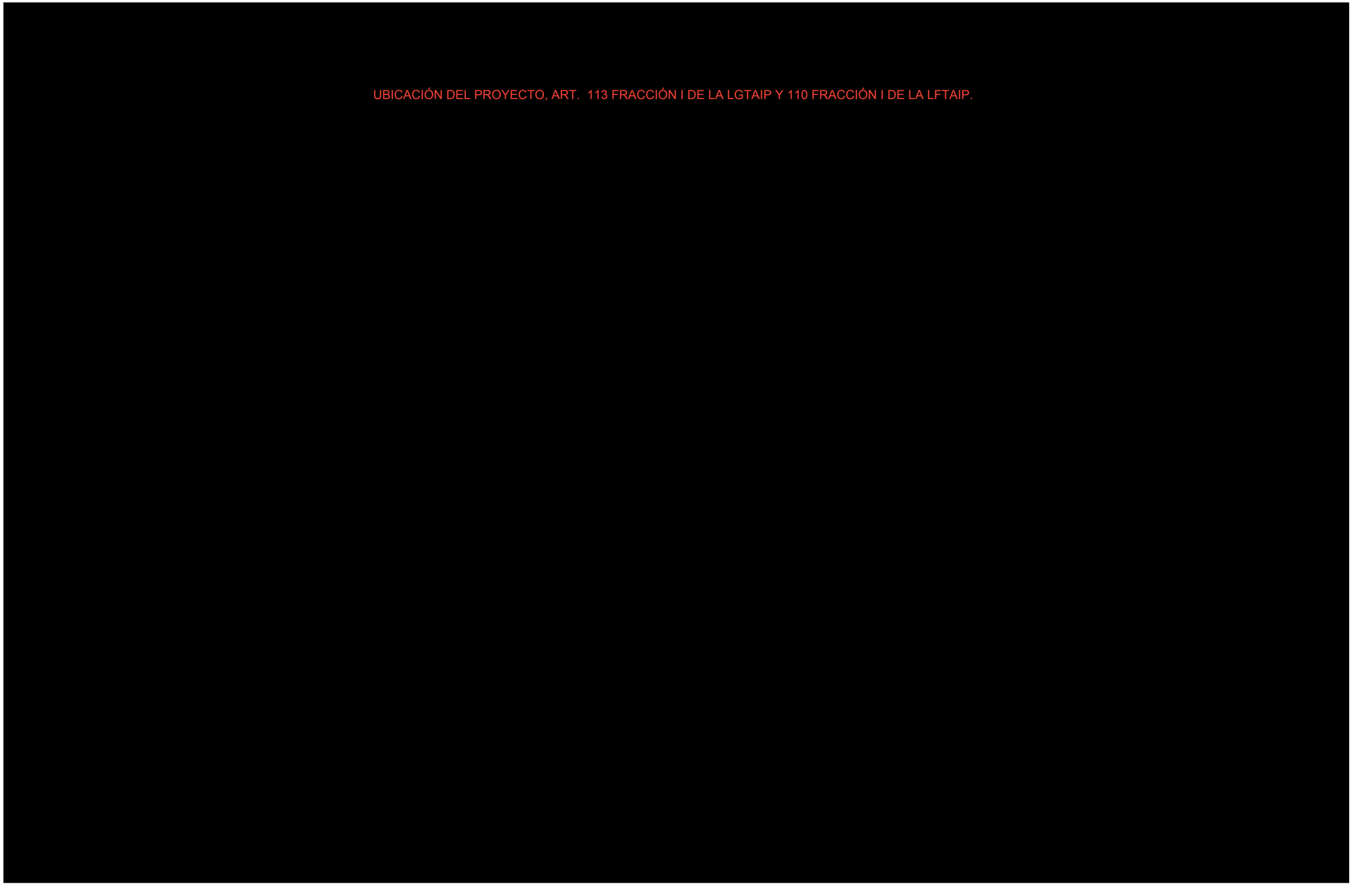
Las tres fases futuras de desarrollo involucran las siguientes obras y actividades:

1. **Fase 1**. Instalación de tubería de diferentes diámetros para recibir a futuros usuarios y la interconexión del sistema con un ducto operado por Transcanada al noreste del Parque Industrial Querétaro.
2. **Fase 2**. Instalación de tubería para servir a futuros usuarios en la porción nor-noreste del parque por una longitud de 11,207.98 m.
3. **Fase 3**. Instalación de tubería para servir a futuros usuarios en la porción sur del parque por una longitud de 7,103.26 m.

El proyecto, al tratarse de un proyecto de distribución de Gas Natural, se encuentra compuesto por tres grandes conceptos:

- Ductos
- Válvulas
- Casetas de Medición y Regulación

Finalmente, es importante reiterar que el proyecto considera la construcción, operación y mantenimiento del sistema y que el gas que será transportado cumplirá con los requisitos establecidos en la NOM-001-SECRE-2010 y NOM-003-SECRE-2011, que indica las especificaciones del gas natural publicada el 19 de marzo de 2010.


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


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


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

5.1.1. Sistema de distribución autorizado y operando.

El proyecto autorizado en materia de impacto ambiental y operando, se conforma de un sistema que transporta gas natural a los usuarios del Parque Industrial Querétaro a través de una tubería de polietileno de alta densidad de diámetros variables. El sistema en operación tiene una longitud total de 10,091.114m y se conforma de ductos, válvulas y casetas de regulación y medición.

El proyecto actualmente en operación da servicio a los siguientes usuarios:

- Automotive Carrier and Protection Systems México, S.A. de C.V.
- Eaton Controls S. de R.L. de C.V.
- Hanmac México, S.A. de C.V.
- Kostal Mexicana, S.A. de C.V.
- Mann Hummel México S.A. de C.V.
- Martin Rea Honsel México, S.A. de C.V.
- Nucitec, S.A. de C.V.
- Rehrig Pacific Company, S.A. de C.V.
- Thermotech, S.A. de C.V.
- Embalajes de Winpak S.A. de C.V.
- DAEYEONG.

El punto donde los usuarios se conectan al sistema de distribución de gas natural es a través de una Caseta de Medición y Regulación. A continuación, se indican los puntos de interconexión para los usuarios. Cabe destacar que la coordenada obedece al punto de interconexión y no al centro de geometría de la caseta como tal.

Tabla 2 Ubicación de las 11 Casetas de Medición y Regulación en operación

No.	Usuario	Punto de interconexión	
		X	Y
1	Automotive Carrier and Protection Systems México, S.A. de C.V.	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.	
2	Eaton Controls S. de R.L. de C.V.		
3	Hanmac México, S.A. de C.V.		
4	Kostal Mexicana, S.A. de C.V.		
5	Mann Hummel México S.A. de C.V.		
6	Martin Rea Honsel México, S.A. de C.V.		

No.	Usuario	Punto de interconexión	
		X	Y
7	Nucitec, S.A. de C.V.	[redacted]	
8	Rehrig Pacific Company, S.A. de C.V.		
9	Thermotech, S.A. de C.V.		
10	Embalajes de Winpak S.A. de C.V.		
11	DAEYEONG		

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

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

Ahora bien, para brindar servicio a los usuarios anteriores se requiere de una red de ductos de diversas longitudes y especificaciones, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3 Descripción de los 17 ramales que conforman el proyecto en operación

No	Nombre	Descripción	Diámetro	Long. (m)
1	La Cruz 02	Interconecta el ducto del CENAGAS con la CMR del proyecto.	10”	43.003
2	La Cruz 02	Ramal de distribución de 10” con reducción a 8” en su cadenamiento 0+34.246	10” reducción a 8”	948.908
3	Conexión NUCITEC	Ramal de distribución que finaliza con la CMR del usuario NUCITEC.	8” reducción a 4”	909.219
4	Conexión MARTÍN REA	Conexión con el usuario MARTÍN REA	8” reducción a 4”	21.531
5	Conexión TERMOTECH	Ramal de distribución de 8” con reducción a 6” en su cadenamiento 1+948.69 y otra reducción a 4” en el cadenamiento 1+950.94, finaliza con la CMR del usuario TERMOTECH	8” reducción a 6 y luego a 4”	2,118.043
6	Conexión HANMACH	Ramal de distribución de 6” con reducción a 4” en su cadenamiento 1+530.51 y	6” reducción a 4”	1,091.602

No	Nombre	Descripción	Diámetro	Long. (m)
		que finaliza con la CMR del usuario HANMACH.		
7	Conexión REHRIG PACIFIC	Ramal de distribución de 8" con reducción a 4" en su cadenamiento 1+498.34 y que finaliza con la CMR del usuario REHRIG PACIFIC	8" reducción a 4"	1,660.714
8	Conexión MANN HUMMEL	Conexión con el usuario MANN HUMMEL	4"	47.462
9	El Marquez 01	Ramal de distribución de 8" con reducción a 6" en su cadenamiento 0+013.25 y otra reducción a 4" en el cadenamiento 1+156.66	8" reducción a 6 y luego a 4"	1,156.666
10	Conexión KOSTAL	Conexión con el usuario KOSTAL	6"	8.159
11	Conexión ACPS Automotive	Ramal de distribución que finaliza con la CMR del usuario ACPS Automotive. 6" con reducción a 4" en su cadenamiento 0+000	6" reducción a 4"	54.403
12	Conexión WINPACK	Ramal de distribución que finaliza con la CMR del usuario WINPACK. 6" con reducción a 4" en su cadenamiento 0+569.6	6" reducción a 4"	655.705
13	Pedro Escobedo 01	Ramal de distribución que finaliza con un disparo a futuro	6"	115.105
14	Pedro Escobedo 02	Ramal de distribución que finaliza con un disparo a futuro	6"	179.737
15	La Cruz 01	Ramal de distribución de 6"	6"	447.224
16	Balvarena	Ramal de distribución de 6"	6"	500.174

No	Nombre	Descripción	Diámetro	Long. (m)
17	Conexión EATON	Ramal de distribución que finaliza con la CMR del usuario EATON	4”	25.953
18	Conexión a DAEYEONG	Conexión con el usuario DAEYEONG	4”	107.506
	TOTAL			10,091.114

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

Finalmente, la siguiente tabla muestra la distribución de las 44 válvulas actualmente en operación:

Tabla 4 Descripción de las 44 válvulas que conforman el proyecto en operación

TAG	Especificación	Estatus	Coordenadas UTM
VS-1	Válvula PE 8"	Operando	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.
VS-2	Válvula PE 8"	Operando	
VS-3	Válvula PE 8"	Operando	
VS-4	Válvula PE 8"	Operando	
VS-5	Válvula PE 4"	Operando	
VS-6	Válvula PE 4"	Operando	
VS-7	Válvula PE 8"	Operando	
VS-8	Válvula PE 4"	Operando	
VS-9	Válvula PE 6"	Operando	
VS-10	Válvula PE 6"	Operando	
VS-11	Válvula PE 4"	Operando	
VS-12	Válvula PE 4"	Operando	
VS-13	Válvula PE 4"	Operando	

TAG	Especificación	Estatus	Coordenadas UTM
VS-14	Válvula PE 6"	Operando	[redacted]
VS-15	Válvula PE 4"	Operando	
VS-16	Válvula PE 4"	Operando	
VS-17	Válvula PE 6"	Operando	
VS-18	Válvula PE 6"	Operando	
VS-19	Válvula PE 4"	Operando	
VS-20	Válvula PE 4"	Operando	
VS-21	Válvula PE 6"	Operando	
VS-22	Válvula PE 6"	Operando	
VS-23	Válvula PE 6"	Operando	
VS-24	Válvula PE 4"	Operando	
VS-25	Válvula PE 4"	Operando	
VS-26	Válvula PE 6"	Operando	
VS-27	Válvula PE 6"	Operando	
VS-28	Válvula PE 6"	Operando	
VS-29	Válvula PE 6"	Operando	
VS-30	Válvula PE 4"	Operando	
VS-1-B	Válvula PE 8"	Operando	
VS-1-C	Válvula PE 8"	Operando	
VS-2-B	Válvula PE 8"	Operando	
VS-3 FF-CC 1	Válvula PE 8"	Operando	
VS-4 FF-CC 1	Válvula PE 8"	Operando	

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

TAG	Especificación	Estatus	Coordenadas UTM
VS-5 FF-CC 2	Válvula PE 8"	Operando	[redacted]
VS-6 FF-CC 2	Válvula PE 8"	Operando	
VS-N-31	Válvula PE 8"	Operando	
VS-N-34	Válvula PE 8"	Operando	
VS-N-38	Válvula PE 8"	Operando	
VS-N-39	Válvula PE 4"	Operando	
VS-N-40	Válvula PE 4"	Proyectadas	
VS-N-41	Válvula PE 4"	Proyectadas	
VS-N-42	Válvula PE 4"	Proyectadas	

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

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

A continuación, se presenta la distribución geoespacial de los elementos descritos anteriormente.

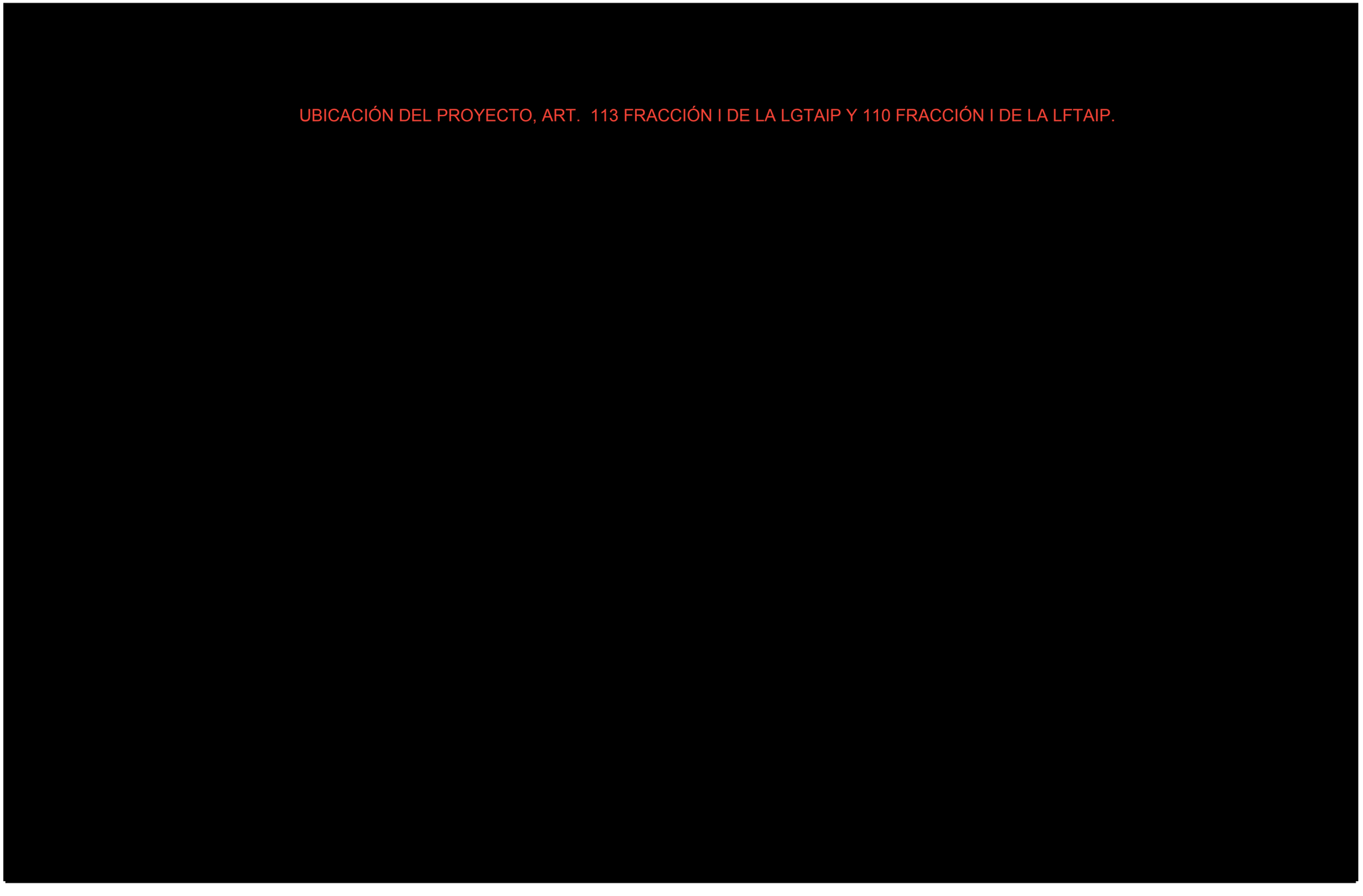


Figura 4 Sistema de distribución autorizado en materia de impacto ambiental y en operación.

5.2. Descripción del proceso.

5.2.1. Primera fase de ampliación.

La primera fase consiste en la interconexión al ducto TRANSCANADA; así como la ampliación del sistema de ductos existentes. Esta ampliación tendrá una longitud total de 13,024.01 m y se conforma de ductos y válvulas; además de la caseta de interconexión con el ducto TRANSCANADA.

El ducto Generación eléctrica – TRANSCANADA 01 se conectará al sistema de distribución a través de una ERM de interconexión que se encuentra en la coordenada presentada en la tabla siguiente. Cabe destacar que la coordenada corresponde al punto de interconexión y no al centro de geometría de la caseta como tal.

Tabla 5 Ubicación del punto de interconexión y la Caseta interconexión con el ducto Generación Eléctrica -TRANSCANADA 01

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

No.	Usuario	Punto de interconexión	
		X	Y
1	Punto Interconexión	[redacted]	
2	Caseta de interconexión		

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

Ahora bien, como parte de la ampliación de la Fase I se requiere de una red de ductos de diversas longitudes y especificaciones, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6 Descripción de los 11 ramales que conforman parte de la primera fase de ampliación

No	Nombre	Descripción	Diámetro	Long. (m)
1	La Noria 01	Ampliación mediante ducto de 8”	8”	**1,536.88**
2	Privada La Noria	Ampliación mediante ducto de 8”	8”	**188.823**
3	Camino Vecinal 03	Ampliación mediante ducto de 6”	6"	**216.75**
4	Mesa de León	Ampliación mediante ducto de 6”	6”	**699.522**
5	Jurica	Ampliación mediante ducto de 6”	6”	**360.99**
6	La Montaña	Ampliación mediante ducto de 6”	6”	**729.322**
7	San Pedrito	Ampliación mediante ducto de 6”	6”	**620.753**
8	Benito Juárez (*Loop*)	Ampliación mediante ducto de 10”, este ducto alimentará generación eléctrica	10”	**2,568.84**

No	Nombre	Descripción	Diámetro	Long. (m)
9	La Noria	Ampliación mediante ducto de 10", este ducto alimentará la generación eléctrica	10"	**1,100.66**
10	Industria de la Transformación 01	Ampliación mediante ducto de 10", este ducto alimentará generación eléctrica	10"	**1,153.28**
11	GE-TransCanada 02	Ampliación mediante interconexión ducto 6"	6"	**3,828.1918**
12	LI-TransCanada 01	Ampliación mediante interconexión ducto 4"	4"	**20.00**
			Total	**13,024.01**

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

Finalmente, la siguiente tabla muestra la distribución de las 23 válvulas que componen la Fase I:

Tabla 7 Descripción de las 23 válvulas que componen la Fase I

TAG	Especificación	Estatus	Coordenadas de Ubicación UTM
VS-N-6	Válvula PE 8"	Proyectadas	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.
VS-N-7	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-8	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-9	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-10	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-11	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-12	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-13	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-14	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-15	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-16	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-17	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-18	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-19	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-32	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-33	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-01	Válvula AC 4"	Proyectada	
VS-02	Válvula AC 6"	Proyectada	
VS-03	Válvula AC 6"	Proyectada	

TAG	Especificación	Estatus	Coordenadas de Ubicación UTM
VS-04	Válvula AC 6"	Proyectada	[redacted]
VS-05	Válvula AC 6"	Proyectada	
VS-06	Válvula AC 6"	Proyectada	
VS-07	Válvula AC 6"	Proyectada	

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

A continuación, se presenta la distribución geoespacial de los elementos descritos anteriormente. (Figura 5 Croquis de ubicación de Fase 1).



Figura 5 Croquis de ubicación de Fase 1

Casetas de Medición y Regulación.

El ducto TRANSCANADA se conectará al sistema de distribución a través de una ERM de interconexión que se encuentra en la coordenada presentada en la tabla siguiente. Cabe destacar que la coordenada corresponde al punto de interconexión y no al centro de geometría de la caseta como tal.

Tabla 8 Ubicación del punto de interconexión y la Caseta interconexión con el ducto TRANSCANADA

No.	Usuario	Punto de interconexión	
		X	Y
1	Punto Interconexión	[redacted]	
2	Caseta de interconexión		

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

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



Figura 6 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de conexión a Transcanada

Ductos.

El resto de las obras que conforman la primera fase son ductos que tienen por objetivo interconectar la red existente y preparar el camino para futuras expansiones dentro del Parque Industrial Querétaro.

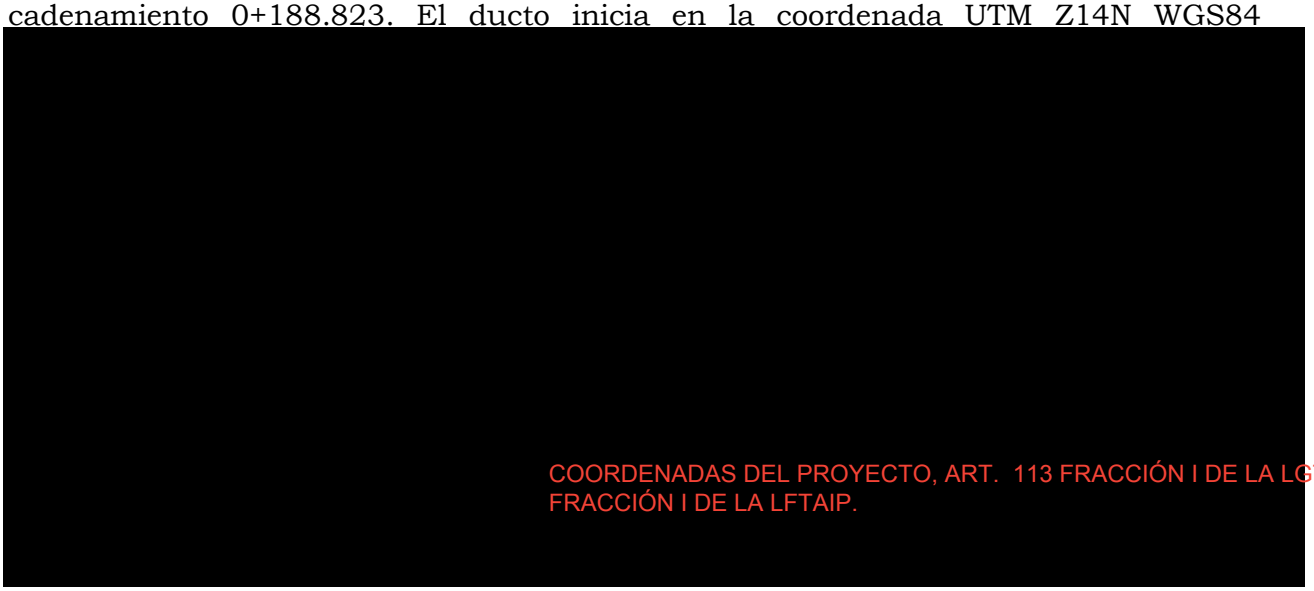
A continuación, se describirán los diferentes ramales que serán construidos y sus cuadros de construcción.

El ramal denominado **"La Noria 01"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y finaliza en el cadenamiento



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

El ramal denominado **“Privada La Noria”** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8” de diámetro, especificación SDR 11 y finaliza en el cadenamiento 0+188.823. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84



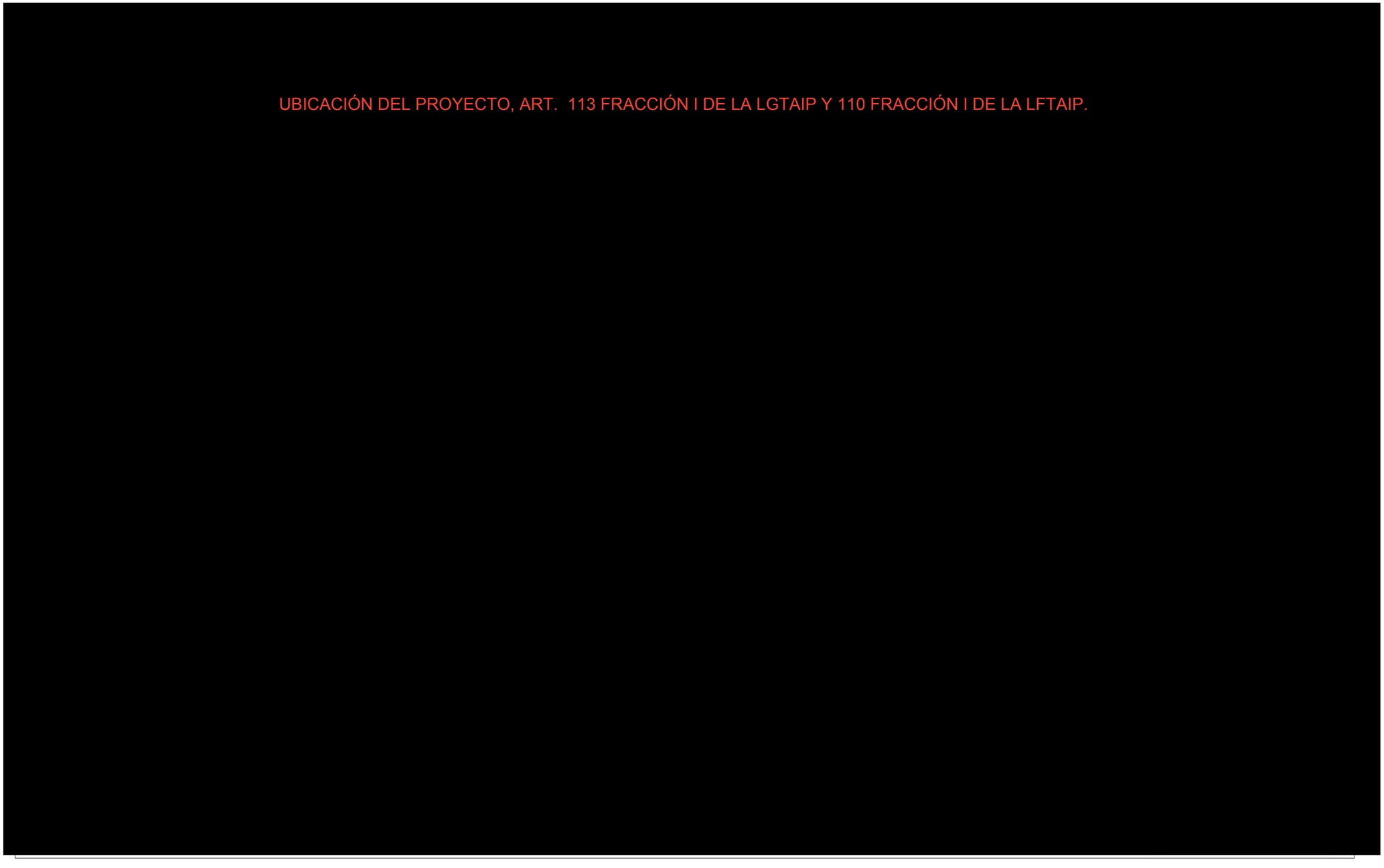


Figura 7 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de La Noria 01 y Privada La Noria

El ramal denominado **“Camino Vecinal 03”** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6” de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de





Figura 8 Croquis de ubicación Camino Vecinal 03

El ramal denominado **"Mesa de León"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y finaliza en el cadenamiento 0+699.522. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84 [redacted]el

[redacted]

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

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

El ramal denominado **"Jurica"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y finaliza en el cadenamiento

[redacted]

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

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE JURICA						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
LONGITUD = 360.990m						

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

El ramal denominado **"La Montaña"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y finaliza en el cadenamiento 0+729.322. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84

[redacted]

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

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

El ramal denominado **"San Pedrito"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y finaliza en el cadenamiento 0+620.753. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84

[redacted]

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

LONGITUD = 620.753m

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

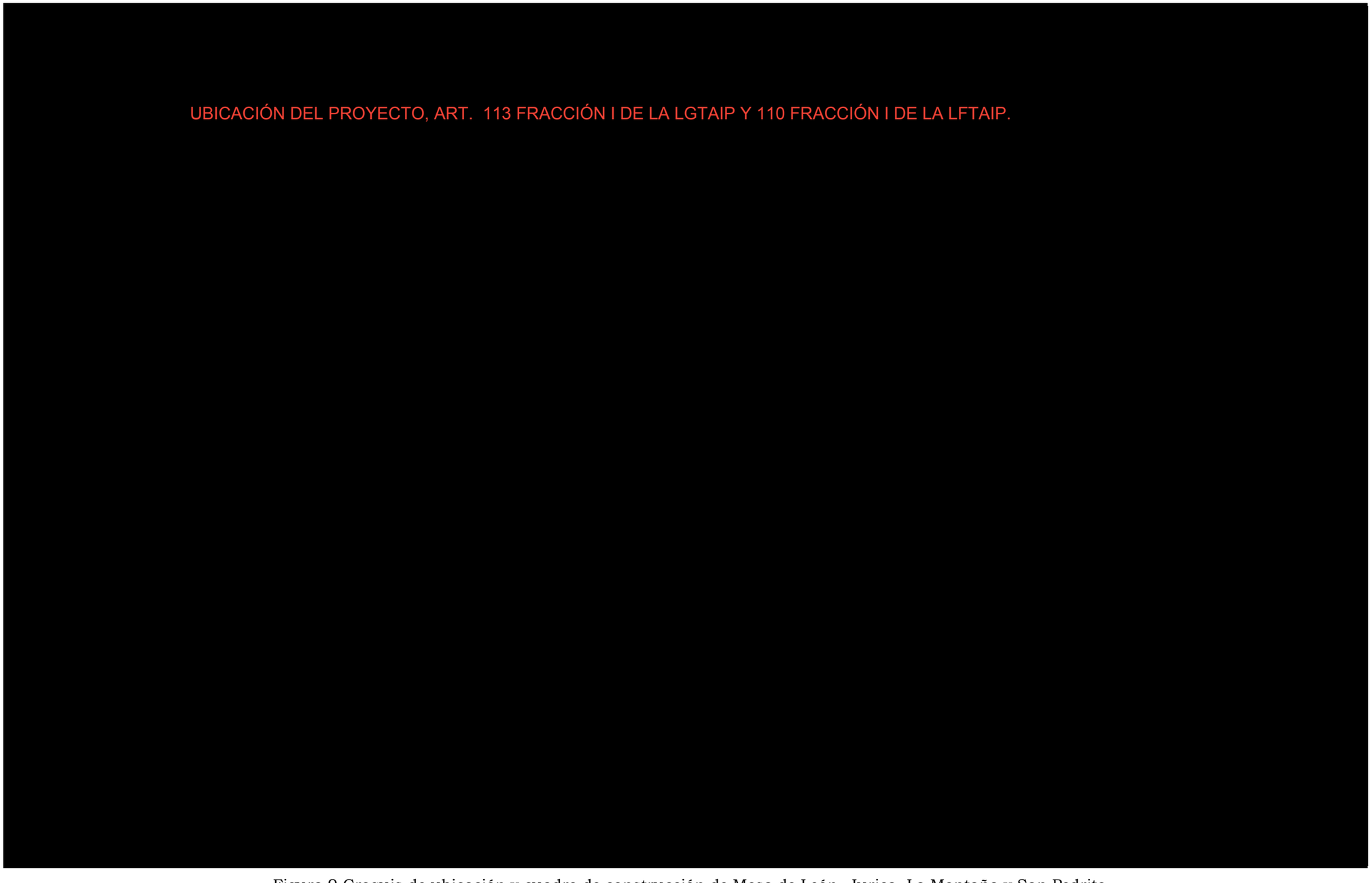
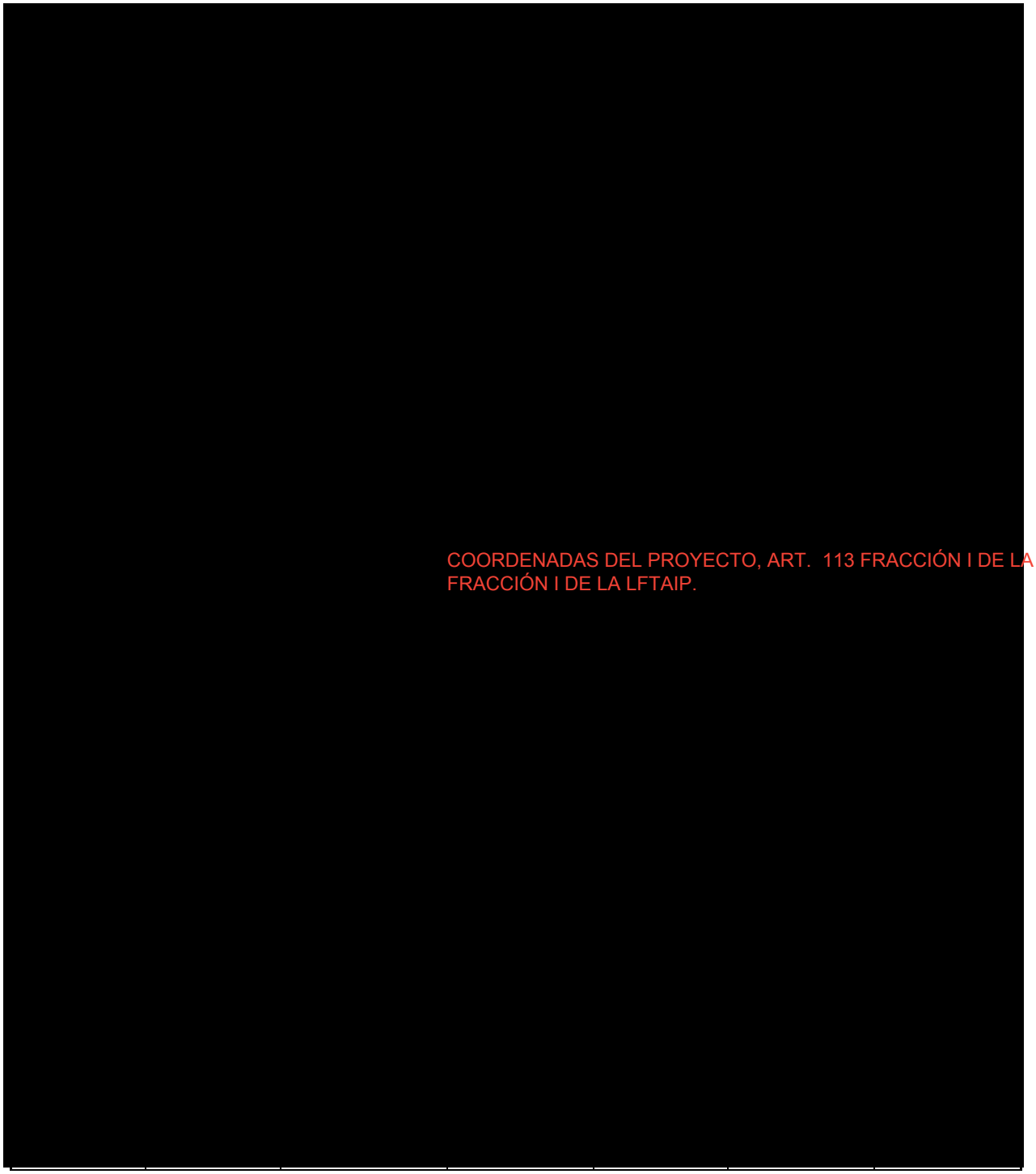


Figura 9 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de Mesa de León, Jurica, La Montaña y San Pedrito

Durante esta misma fase se tendrá un LOOP de 10” de diámetro y especificación SDR 11.

El sistema que alimentará la planta de generación eléctrica iniciará en la unión de los ductos “El Márquez” en su cadenamiento 0+000 y “La Cruz 02” en su cadenamiento



CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE BENITO JUAREZ 01						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PI=1+481.33	PI=1+610.75	[redacted]				
PI=1+610.75	PI=1+623.95					
PI=1+623.95	PI=1+659.19					
PI=1+659.19	PI=1+679.82					
PI=1+679.82	PI=1+699.92					
PI=1+699.92	PI=1+724.21					
PI=1+724.21	PI=1+744.16					
PI=1+744.16	PI=1+765.06					
PI=1+765.06	PI=1+790.44					
PI=1+790.44	PI=1+816.14					
PI=1+816.14	PI=1+837.56					
PI=1+837.56	PI=1+859.04					
PI=1+859.04	PI=1+883.39					
PI=1+883.39	PI=1+901.73					
PI=1+901.73	PI=1+918.61					
PI=1+918.61	PI=1+937.98					
PI=1+937.98	PI=1+958.71					

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

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE BENITO JUAREZ 01						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PI=1+958.71	PI=1+973.13	[redacted]				
PI=1+973.13	PI=1+993.82					
PI=1+993.82	PI=2+005.46					
PI=2+005.46	PI=2+018.41					
PI=2+018.41	PI=2+030.79					
PI=2+030.79	PI=2+043.28					
PI=2+043.28	PI=2+054.41					
PI=2+054.41	PI=2+066.85					
PI=2+066.85	PI=2+079.89					
PI=2+079.89	PI=2+095.20					
PI=2+095.20	PI=2+107.66					
PI=2+107.66	PI=2+118.86					
PI=2+118.86	PI=2+128.55					
PI=2+128.55	PI=2+142.39					
PI=2+142.39	PI=2+157.08					
PI=2+157.08	PI=2+170.80					
PI=2+170.80	PI=2+185.97					

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

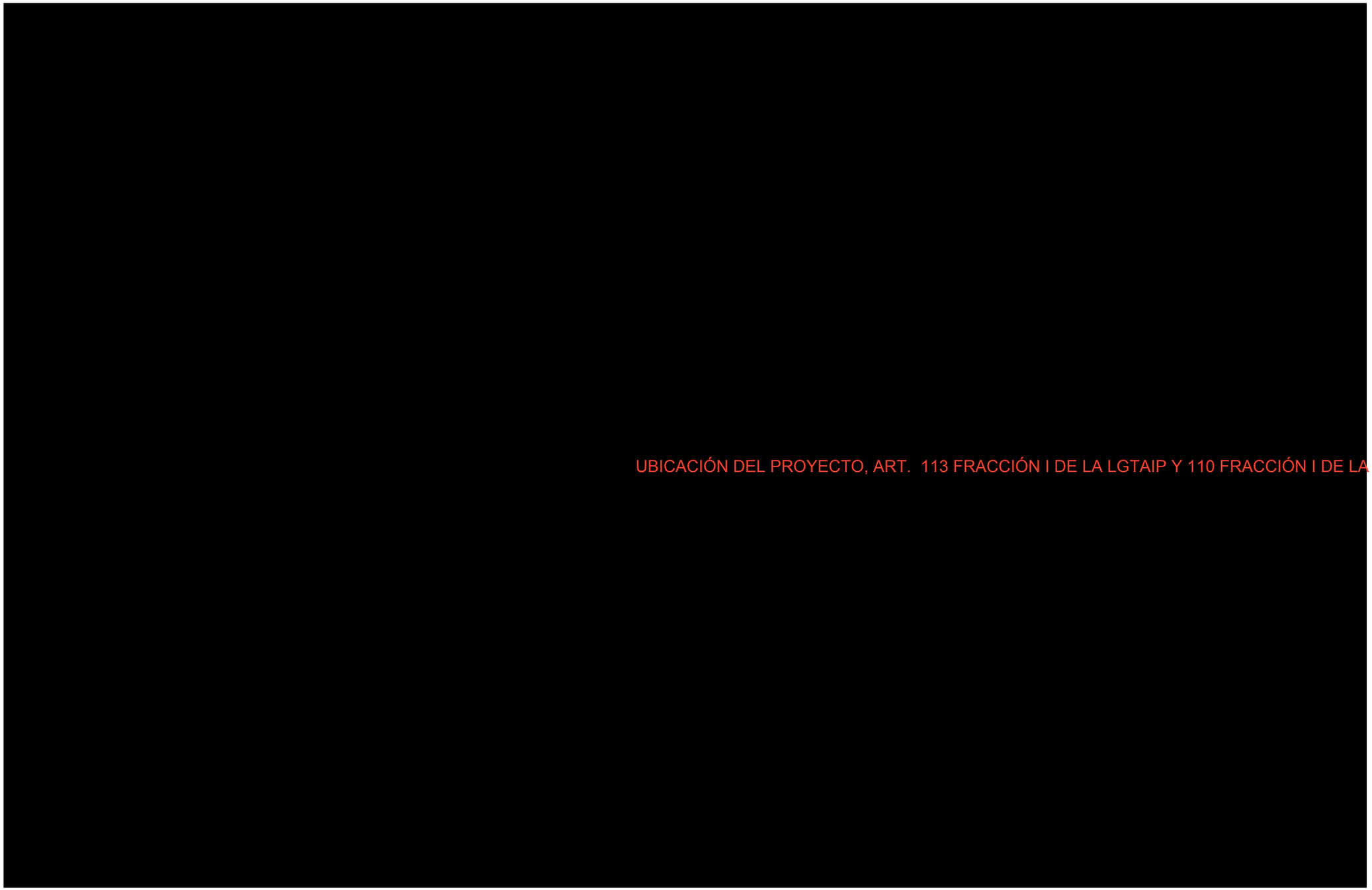
CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE BENITO JUAREZ 01						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PI=2+185.97	PI=2+196.54	[redacted]				
PI=2+196.54	PI=2+208.92					
PI=2+208.92	PI=2+222.40					
PI=2+222.40	PI=2+239.13					
PI=2+239.13	PI=2+261.48					
PI=2+261.48	PI=2+291.18					
PI=2+291.18	PI=2+329.41					
PI=2+329.41	PI=2+337.51					
PI=2+337.51	PI=2+348.82					
PI=2+348.82	PI=2+357.77					
PI=2+357.77	PI=2+368.88					
PI=2+368.88	PI=2+382.91					
PI=2+382.91	PI=2+398.26					
PI=2+398.26	PI=2+407.01					
PI=2+407.01	PI=2+415.34					
PI=2+415.34	PI=2+425.34					
PI=2+425.34	PI=2+439.81					

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

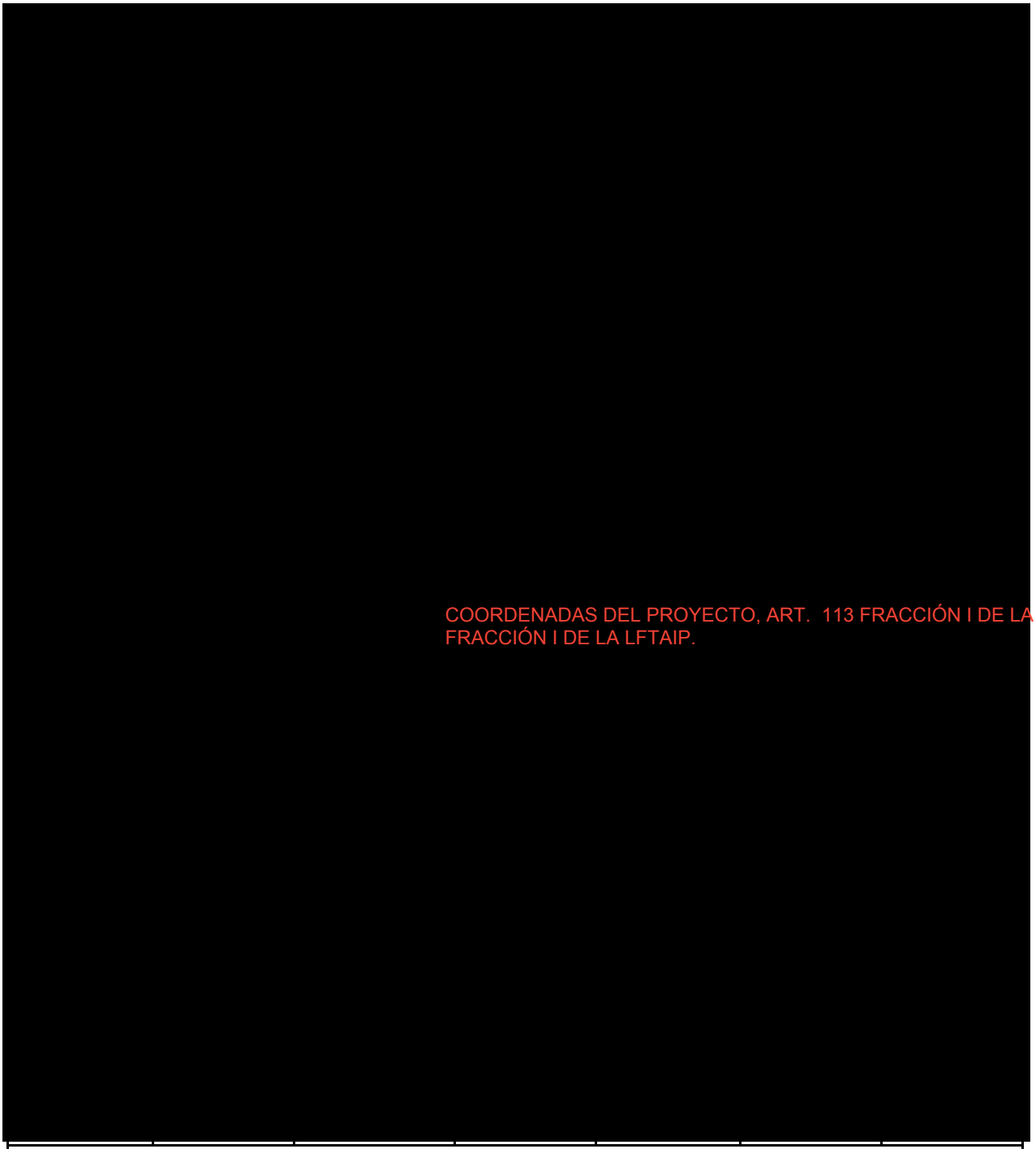
CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE BENITO JUAREZ 01						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PI=2+439.81	PI=2+460.48					
PI=2+460.48	PI=2+475.45					
PI=2+475.45	PI=2+488.65					
PI=2+488.65	PI=2+499.68					
PI=2+499.68	PI=2+512.86					
PI=2+512.86	PI=2+526.66					
PI=2+526.66	PI=2+543.24					
PI=2+543.24	PST=2+568.84					

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

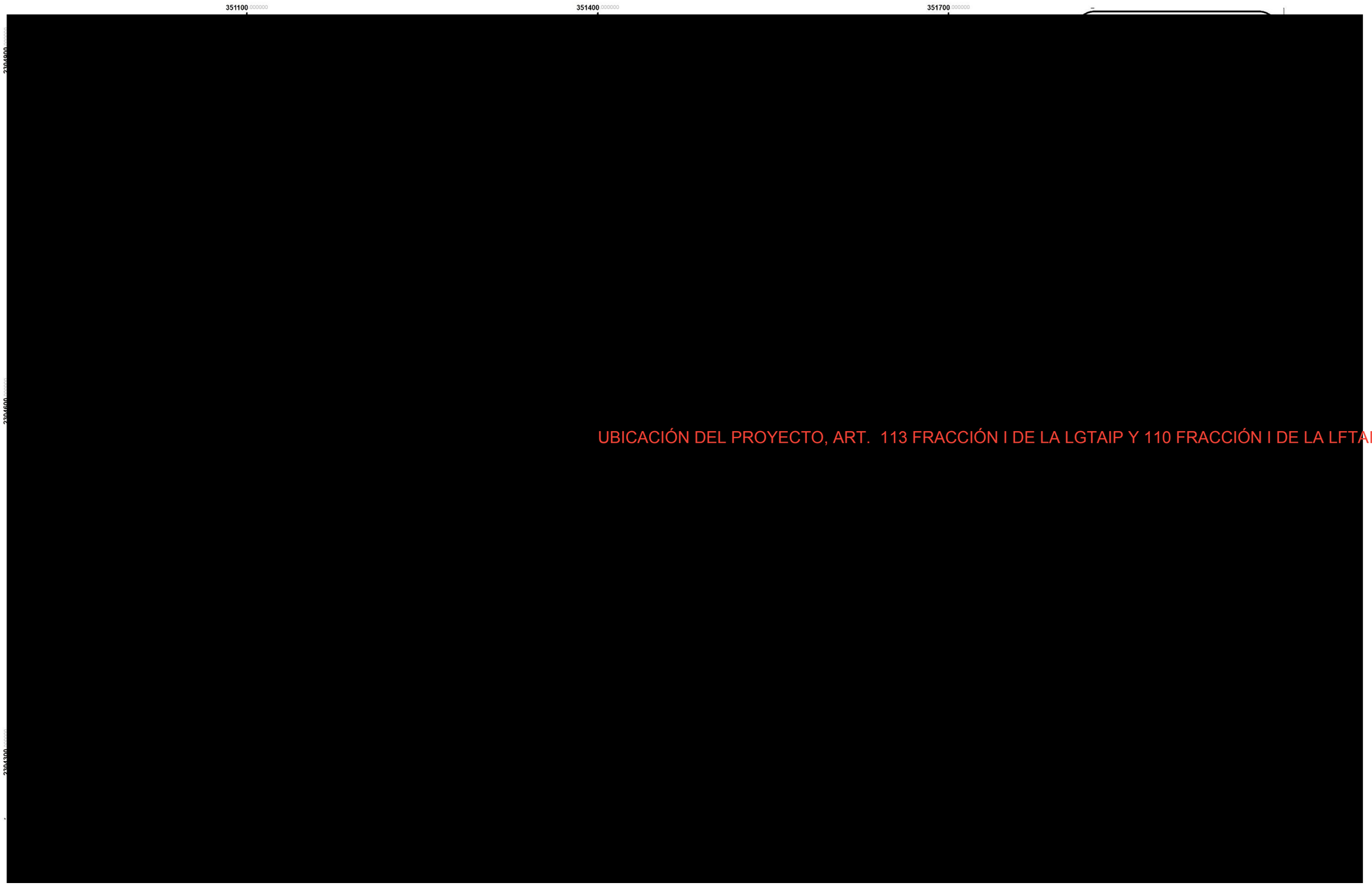
Fuente: Elaboración propia con datos del promovente del Plano Topográfico).


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

El ducto anterior se conecta con el ducto "La Noria" en su cadenamiento 0+810.32. Este ducto mantiene las mismas especificaciones técnicas que el ducto "Benito Juárez 01".



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.


351100.000000
351400.000000
351700.000000
2304900.000000
2304600.000000
2304300.000000
UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

El ducto se conecta con el tramo “La Noria” en su cadenamiento 1+909.77 en la



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

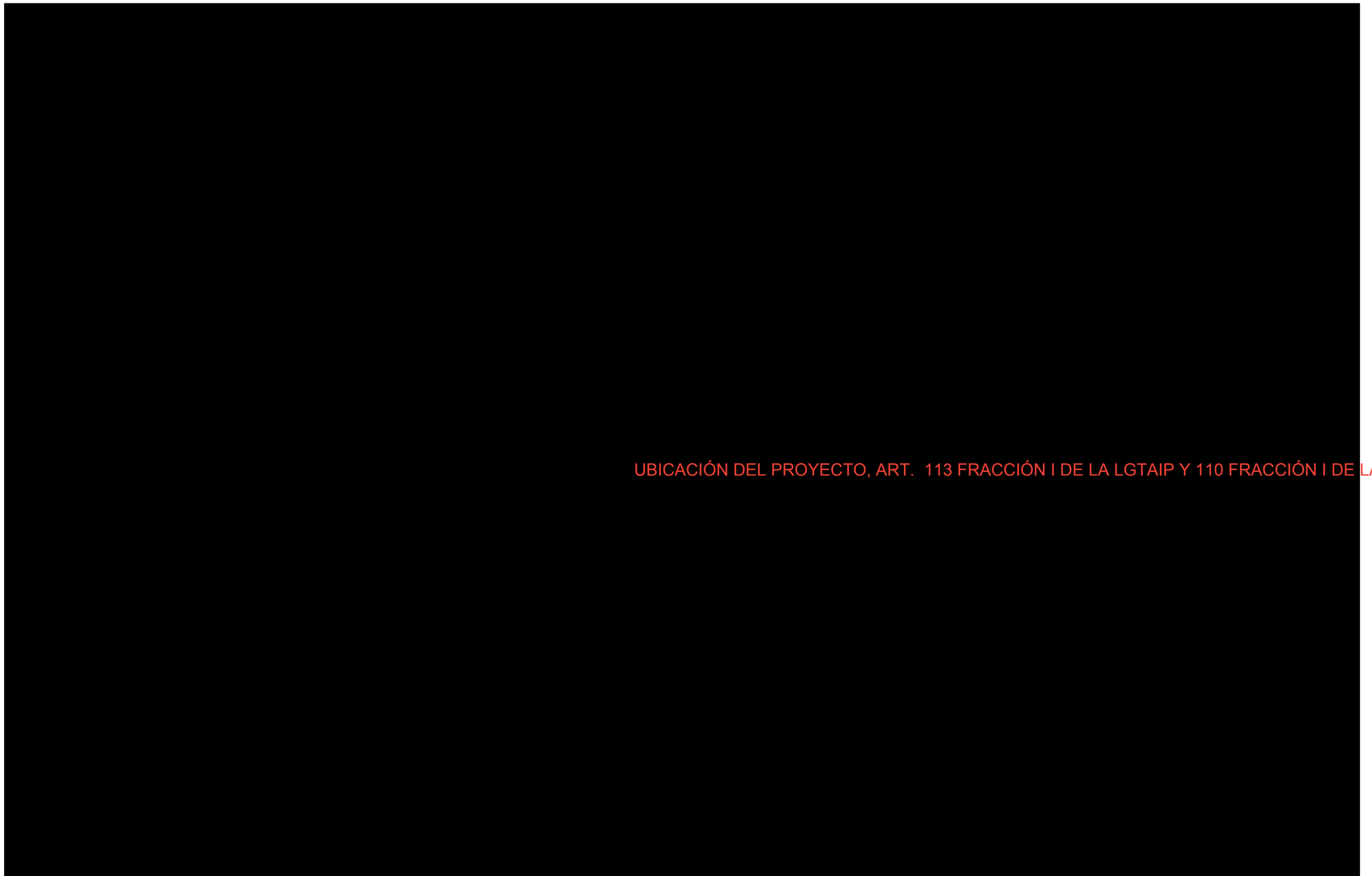


Figura 12 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de ducto “Industria de la transformación 01”

A partir de la conexión con la ERM comienza el ducto Generación eléctrica -



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

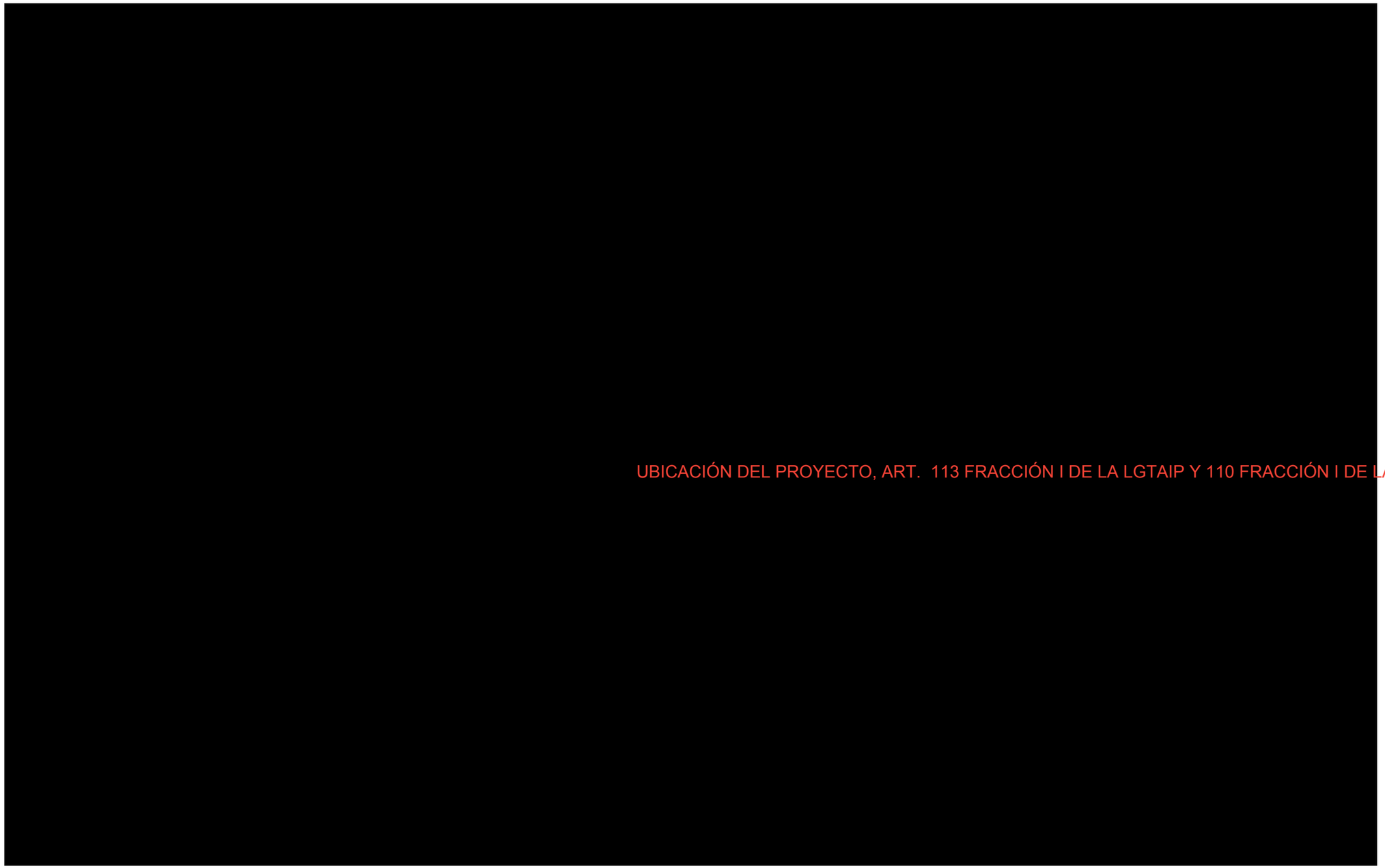
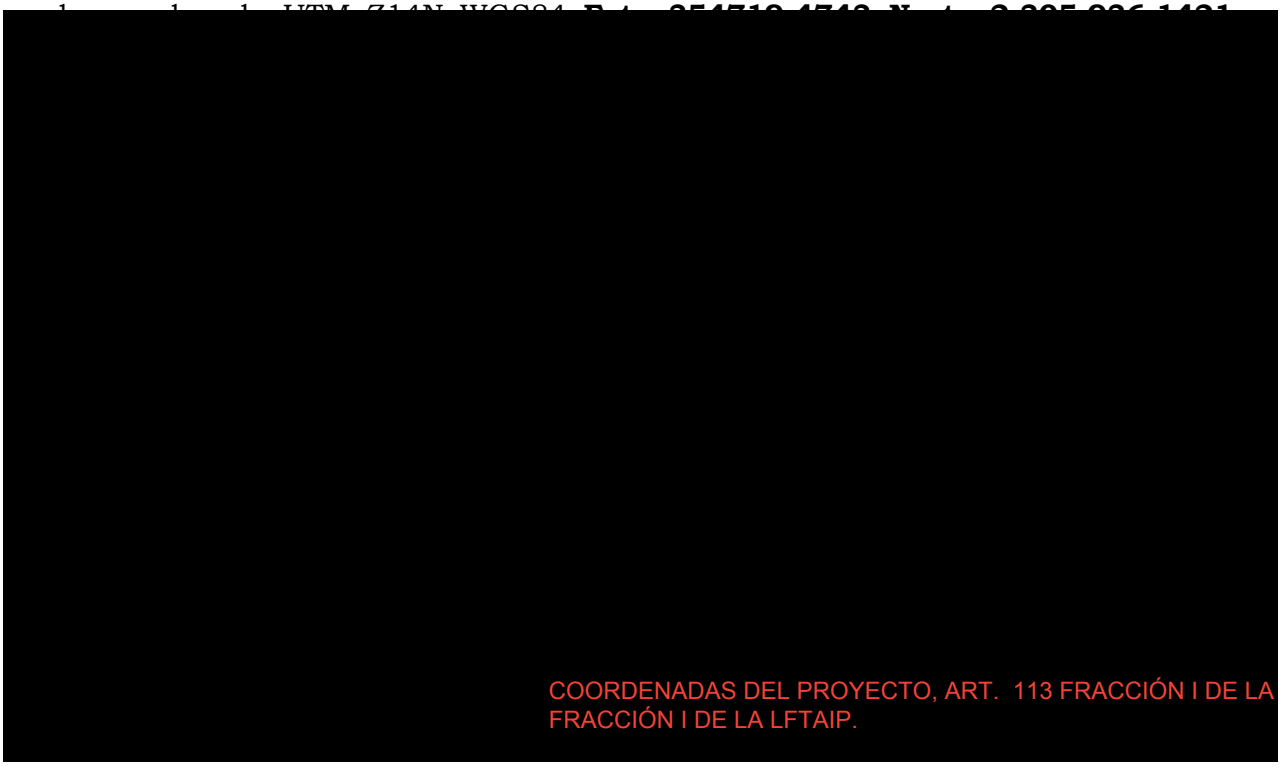


Figura 13 Croquis de ubicación ducto Transcanada- 01

Se realizará la conexión con el ducto Línea interconexión – TRANSCANADA 02 que inicia



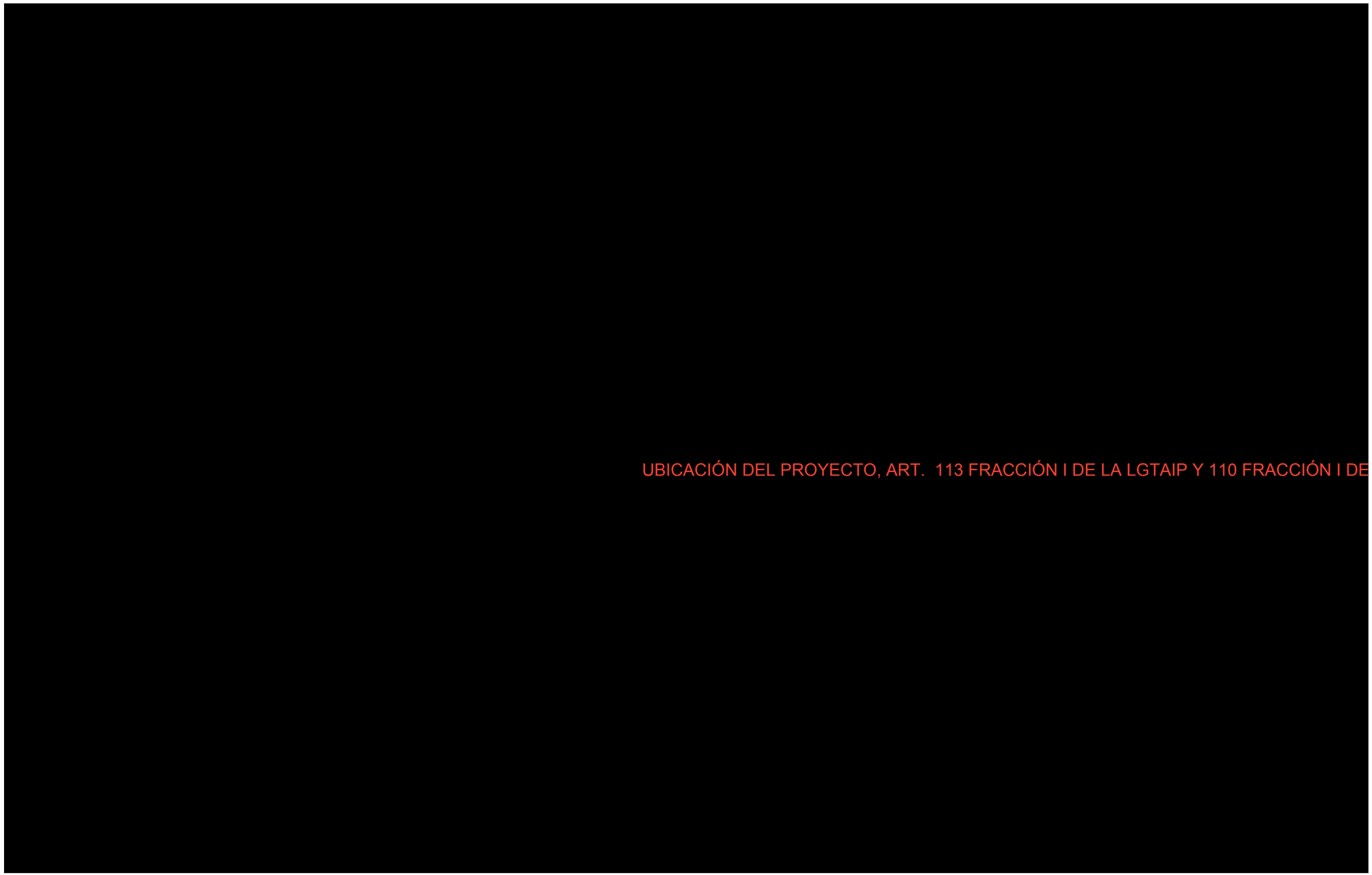


Figura 14 Croquis de ubicación ducto línea interconexión Transcanada 02”

5.2.2. Segunda fase de ampliación.

Como parte de la ampliación de la Fase II se requiere de una red de ductos de diversas longitudes y especificaciones, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 21 Descripción de los 13 ramales que conforman parte de la segunda fase de ampliación

No	Nombre	Descripción	Diámetro	Long. (m)
1	Camino Vecinal 01	Ampliación mediante ducto de 10"	10"	**614.594**
2	Camino Vecinal 02	Ampliación mediante ducto de 8"	8"	**377.399**
3	Ferrocarril	Ampliación mediante ducto de 8" y 10"	8" y 10"	**3,040.80**
4	Camino Vecinal	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**1,310.24**
5	Estacada	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**1,115.51**
6	Industria de la construcción	Ampliación mediante ducto de 8"	8"	**631.433**
7	Industria de la transformación 02	Ampliación mediante ducto de 8"	8"	**242.925**
8	Estacada 01	Ampliación mediante ducto de 8"	8" y 6"	**1,463.71**
9	Industria Minera	Ampliación mediante ducto de 8"	8"	**422.698**
10	Buenavista	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**241.832**
11	Industria de la transformación 03	Ampliación mediante ducto de 8"	8"	**272.013**
12	La Noria 01	Ampliación mediante ducto de 8"	8"	**810.3158**
13	La Noria 02	Ampliación mediante ducto de 8"	8"	**664.5179**
	Total			**11,207.99**

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

Finalmente, la siguiente tabla muestra la distribución de las 32 válvulas que componen la Fase II:

Tabla 22 Descripción de las 32 válvulas que componen la Fase II

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM
VS-P5	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2	[redacted]
VS-P7	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2	
VS-P8	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-P9	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-P10	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2	
VS-P11	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-20	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-21	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-22	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-23	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-24	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-25	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-26	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-27	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-28	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-29	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-30	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-43	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-44	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-45	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-46	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-47	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-48	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-49	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-50	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-51	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-52	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-53	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-54	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-55	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-56	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	
VS-N-57	Válvula PE 10"	Proyectadas	Fase 2	[redacted]

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

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

A continuación, se presenta la distribución geoespacial de los elementos descritos anteriormente.

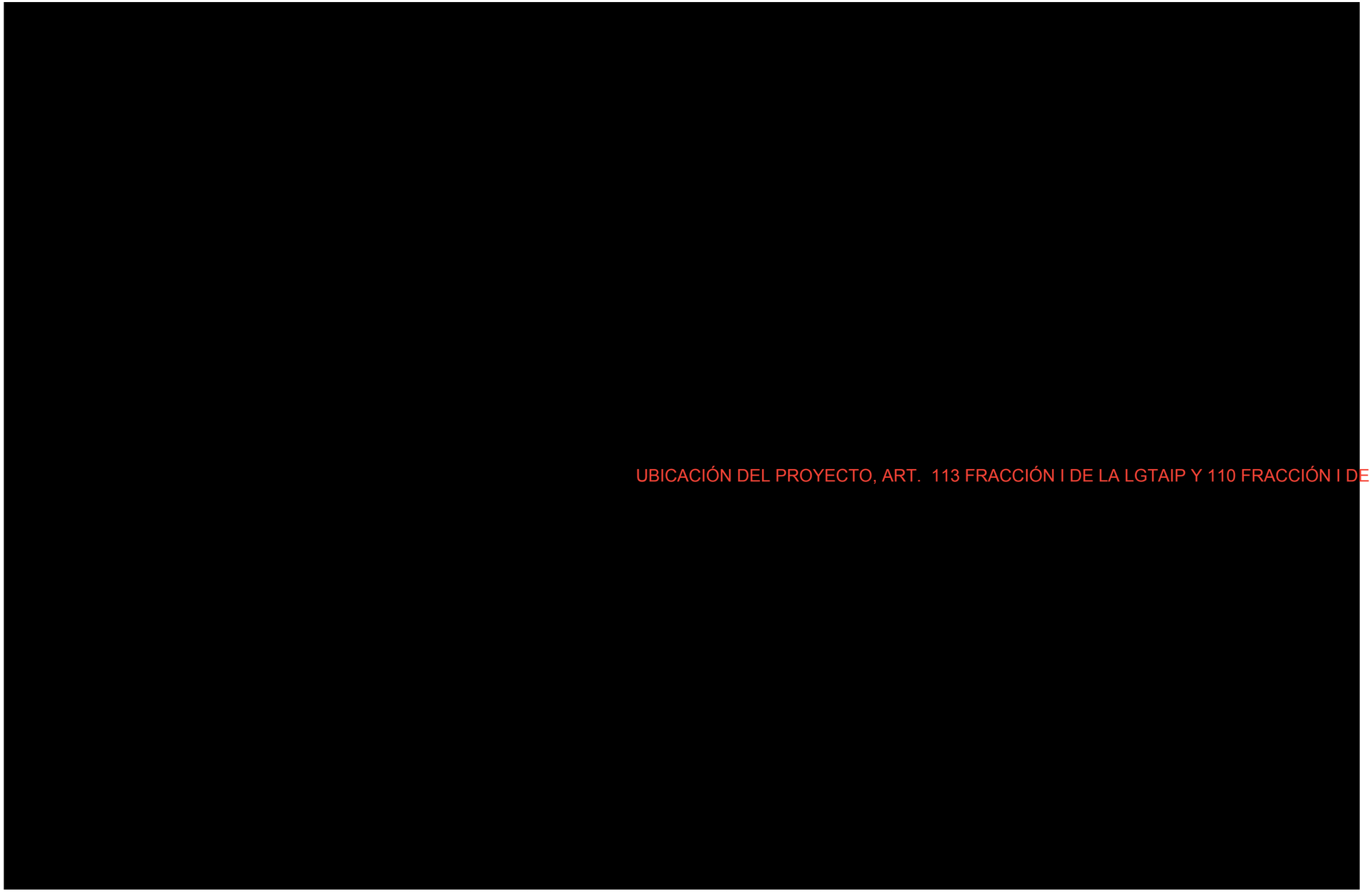


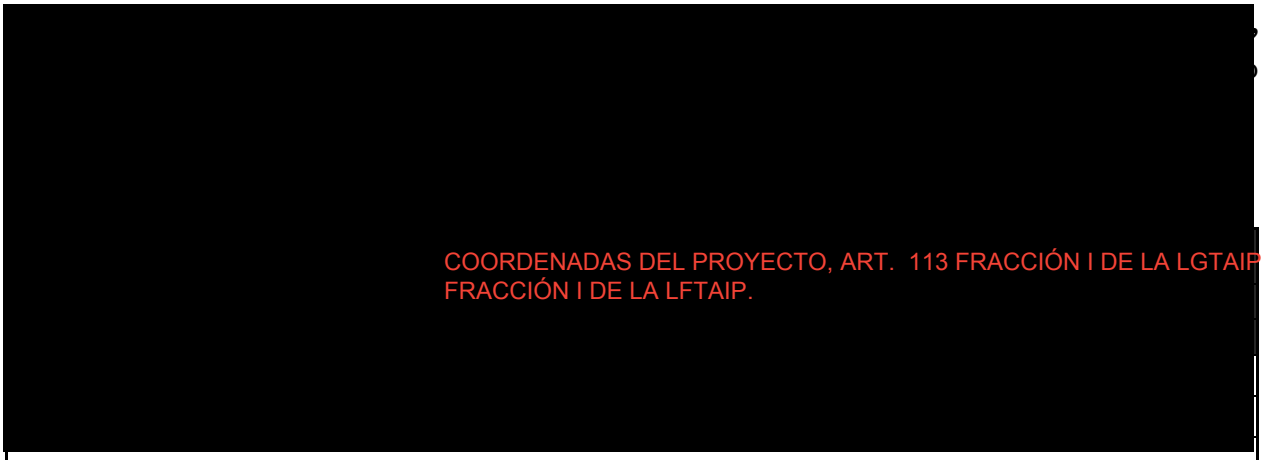
Figura 15 Croquis de ubicación y cuadro de construcción válvulas Fase II

Ductos.

Las obras que conforman la segunda fase de ampliación son ductos que tienen por objetivo interconectar la red existente y preparar el camino para futuras expansiones dentro del Parque Industrial Querétaro.

A continuación, se describirán los diferentes ramales que serán construidos y sus cuadros de construcción.

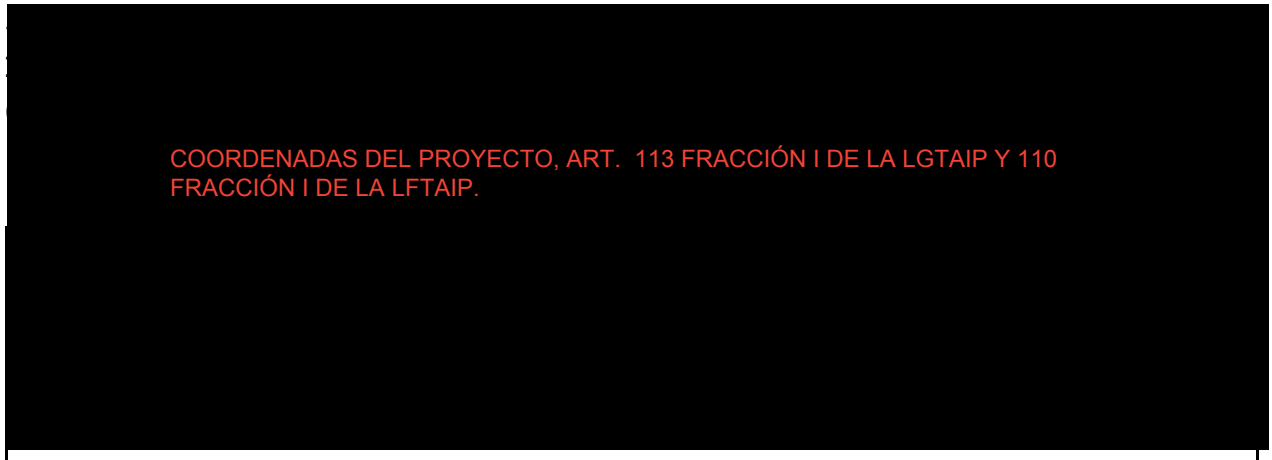
El ramal denominado **"Camino Vecinal 01"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 10" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de



LONGITUD = 614.594m

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"Camino Vecinal 02"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de



LONGITUD = 377.399m

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

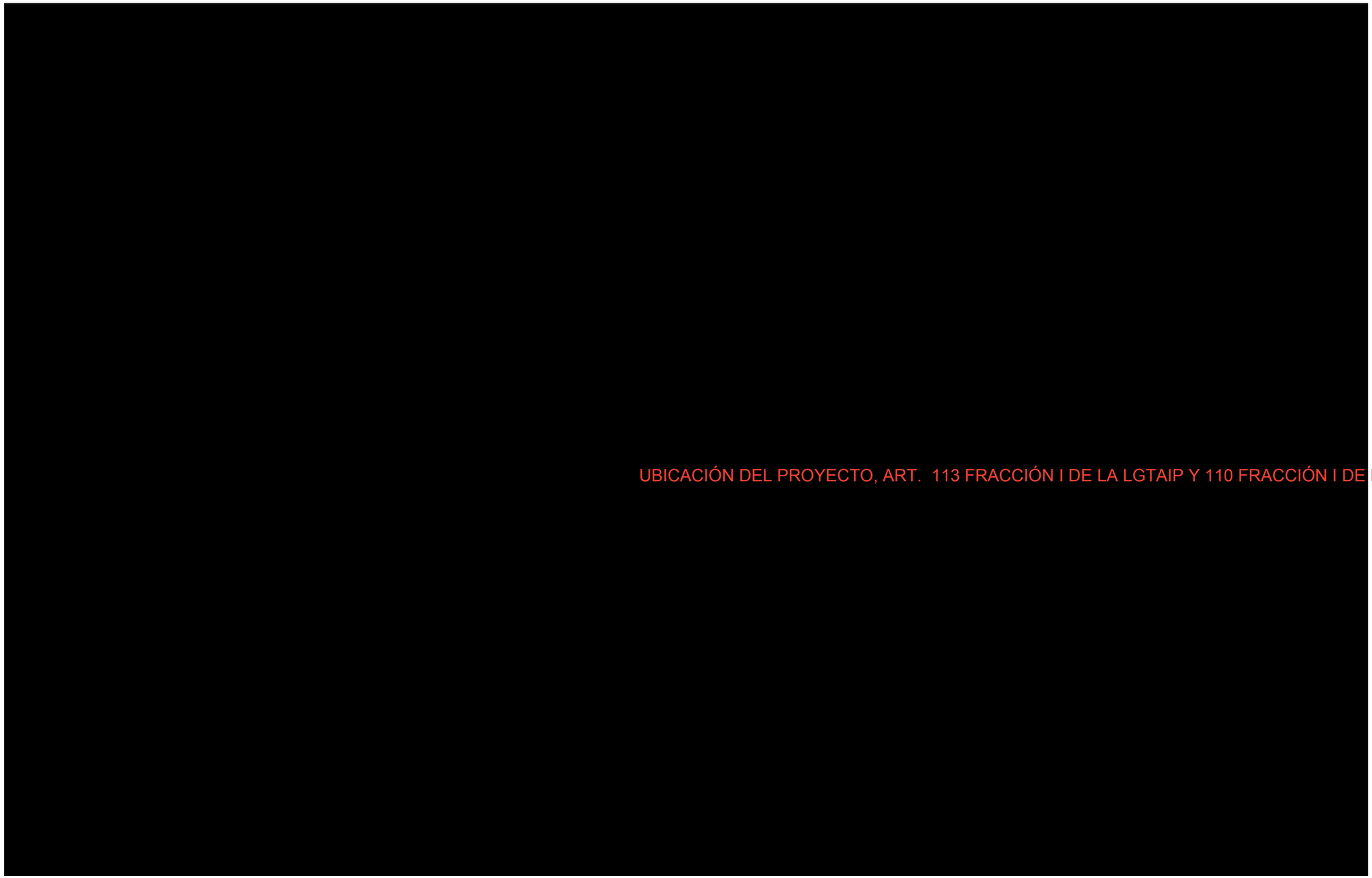


Figura 16 Croquis de ubicación y cuadro de construcción los ductos Camino Vecinal 01 y 02

El ramal denominado **"Ferrocarril"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y una ampliación de diámetro de 10" en el cadenamiento 2+274.64 y tiene una longitud de 3,040.799 m. El ducto inicia



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

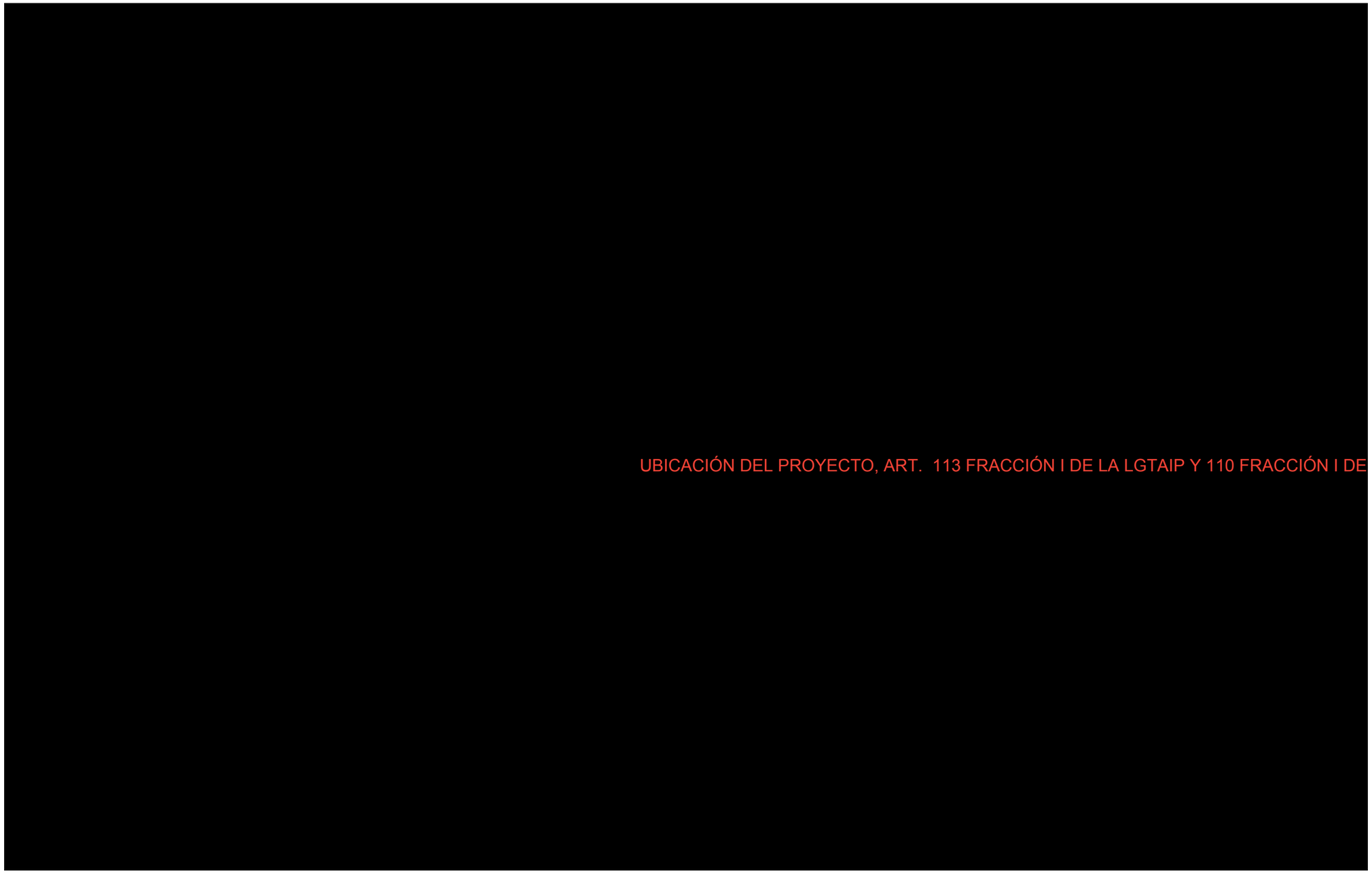


Figura 17 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto “Ferrocarril”

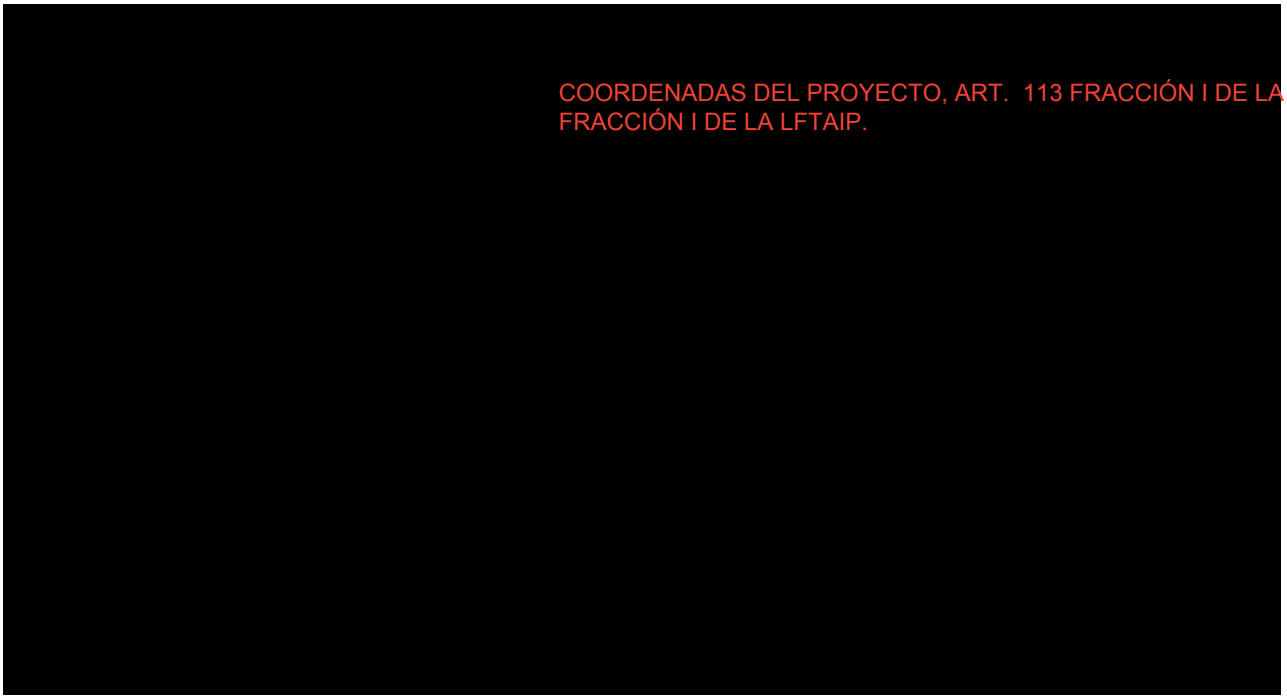
El ramal denominado **"Camino Vecinal"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de

1
N
1



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"Estacada"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de





Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

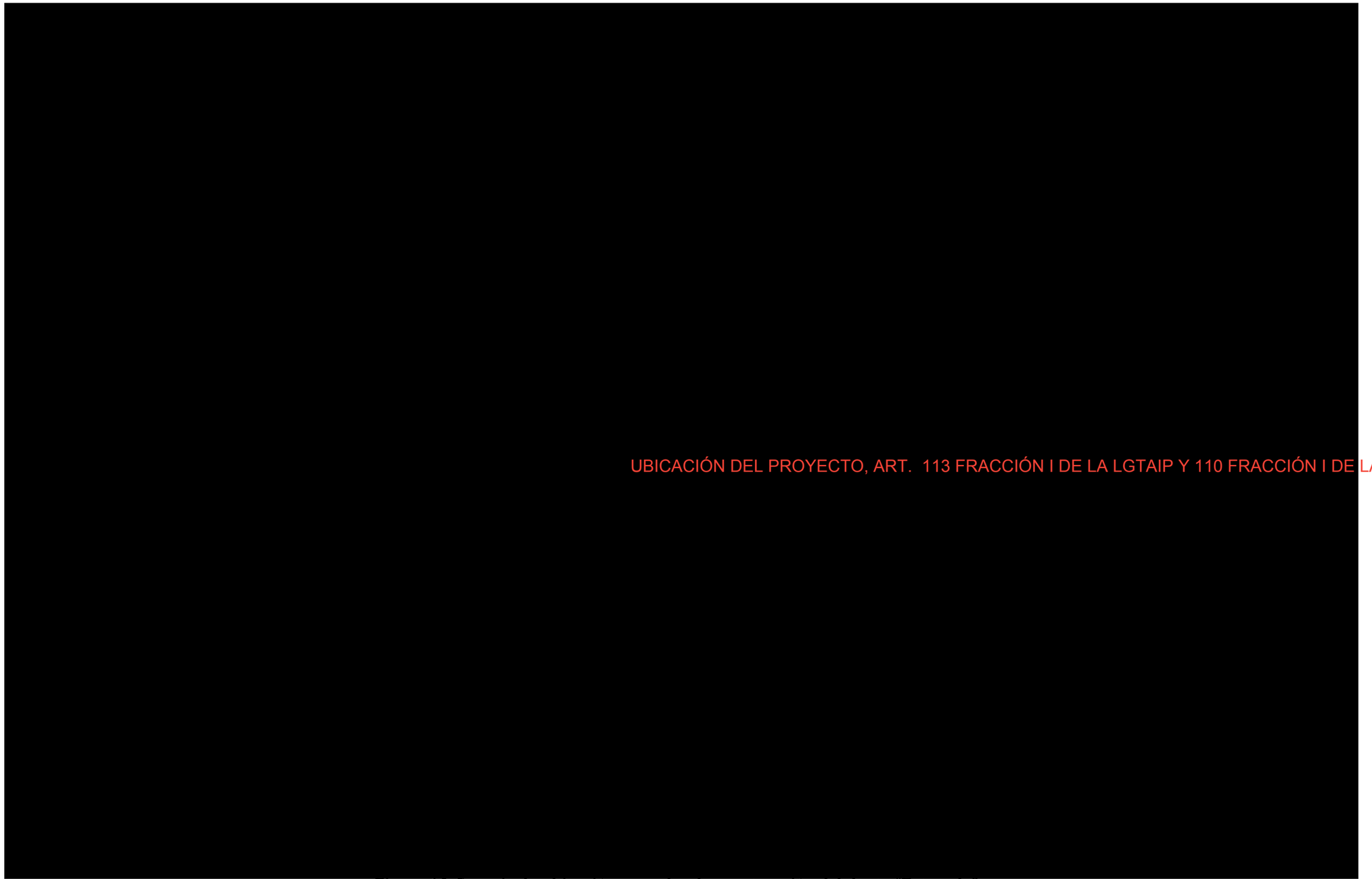


Figura 18 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto “Estacada”

El ramal denominado **"Industria de la Construcción"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene u

R

c

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

LONGITUD = 631.433m

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"Industria de la Transformación 02"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 242.925 m. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84

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

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

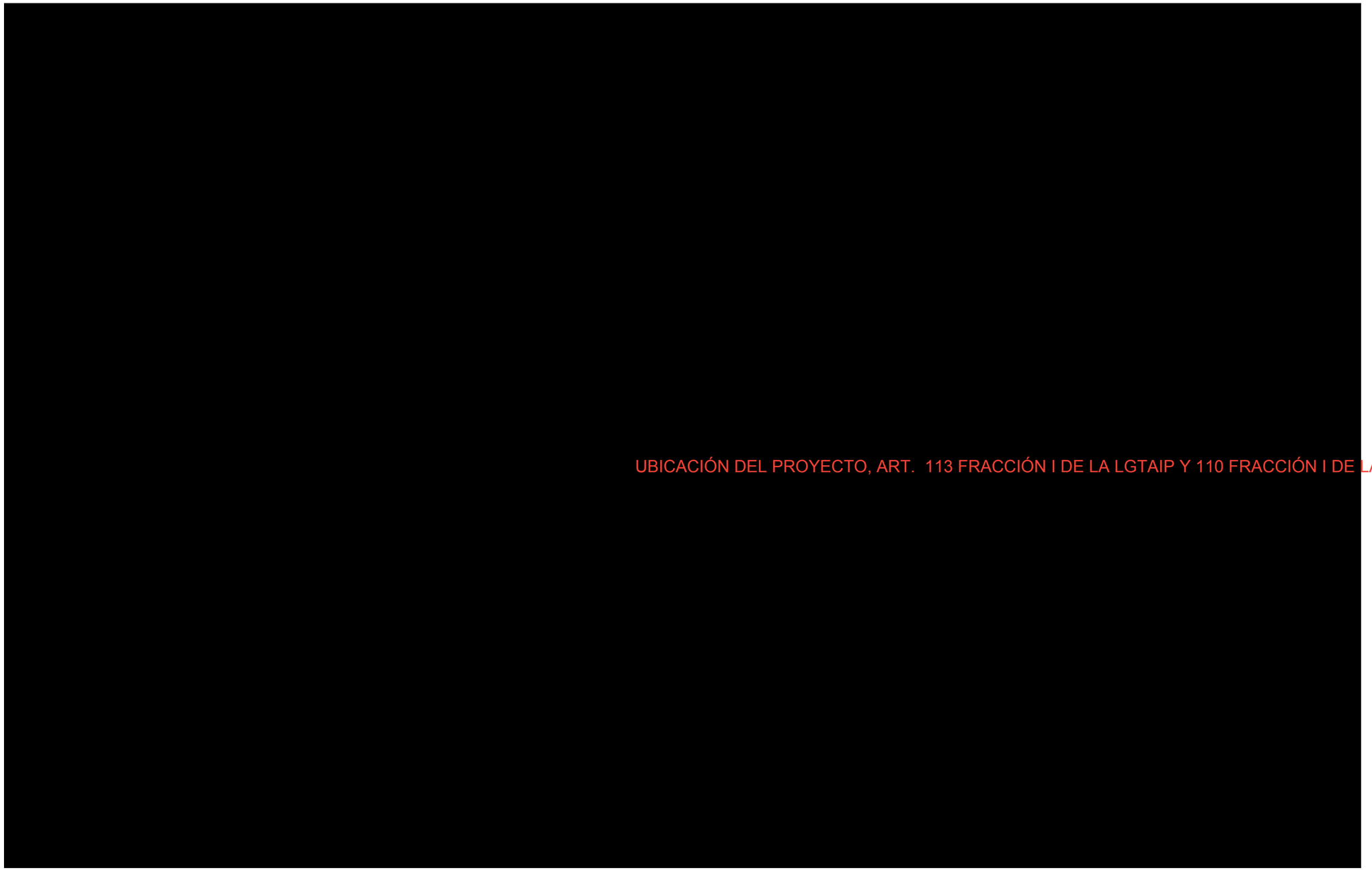


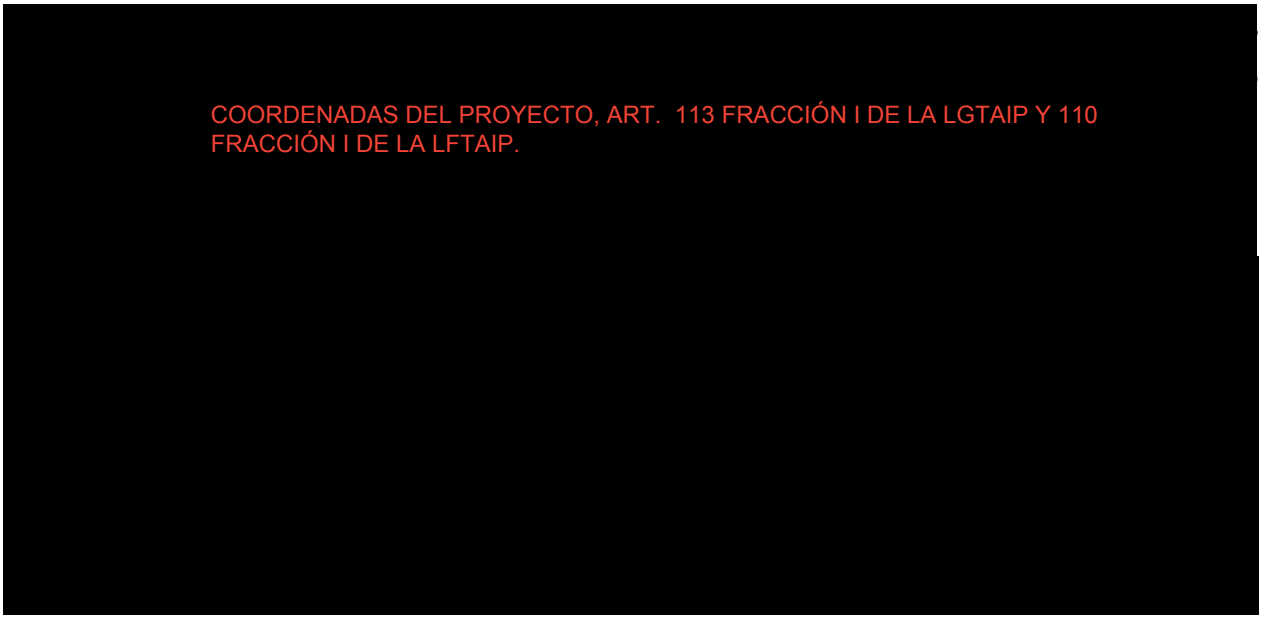
Figura 19 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos “Construcción y Transformación 02”

El ramal denominado **"Estacada 01"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro con una reducción a 6 "y especificación SDR 11 y tiene una longitud de 1,463.707 m. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84



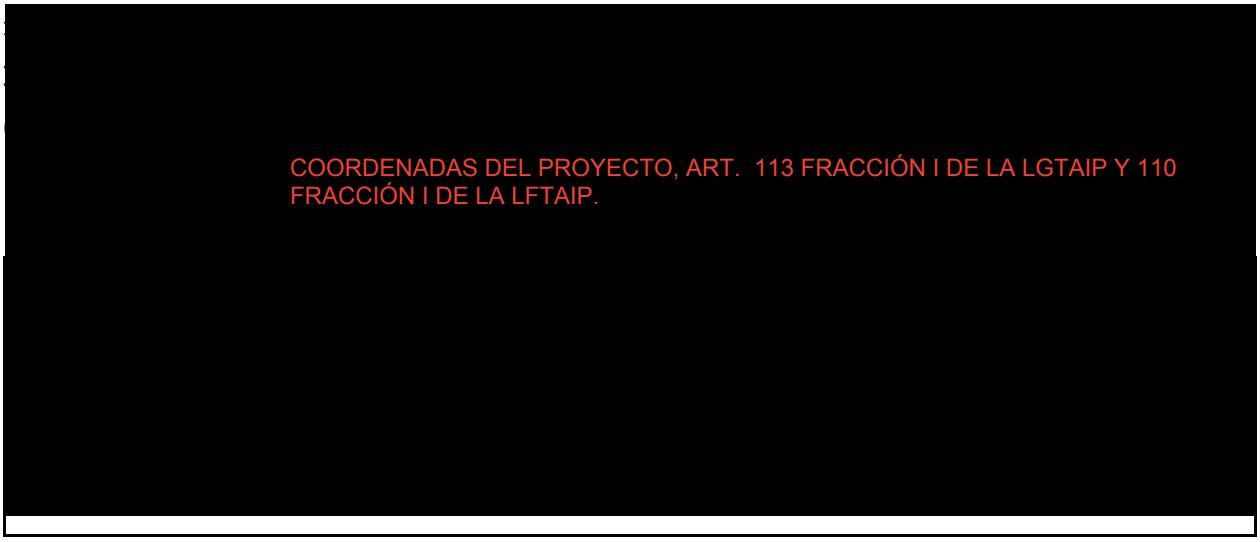
Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"Industria Minera"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

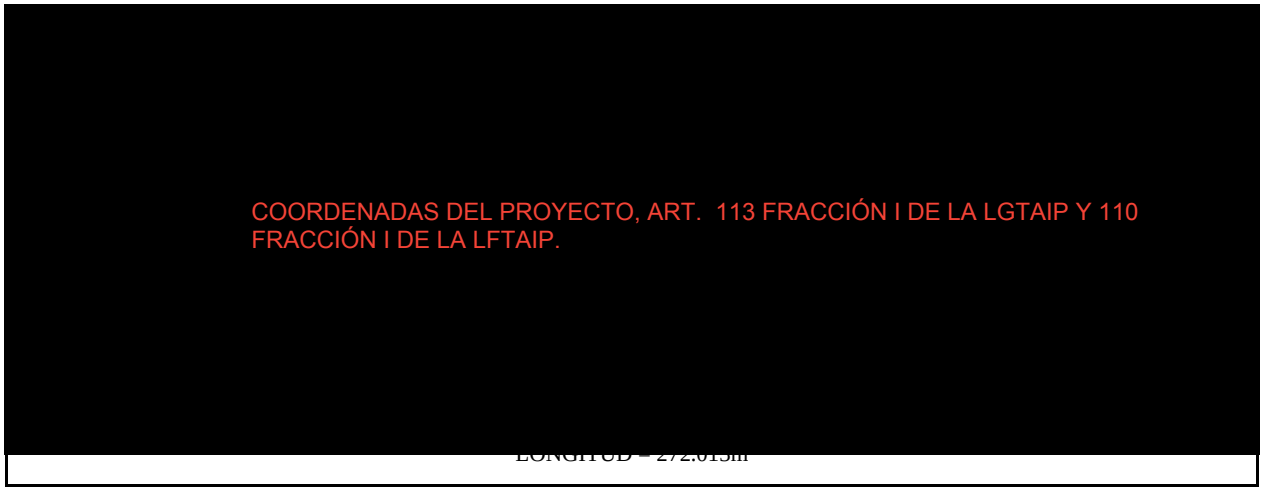
El ramal denominado **"Buenavista"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 241.832



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente


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

El ramal denominado **"Industria de la transformación 03"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 272.013 m. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente.

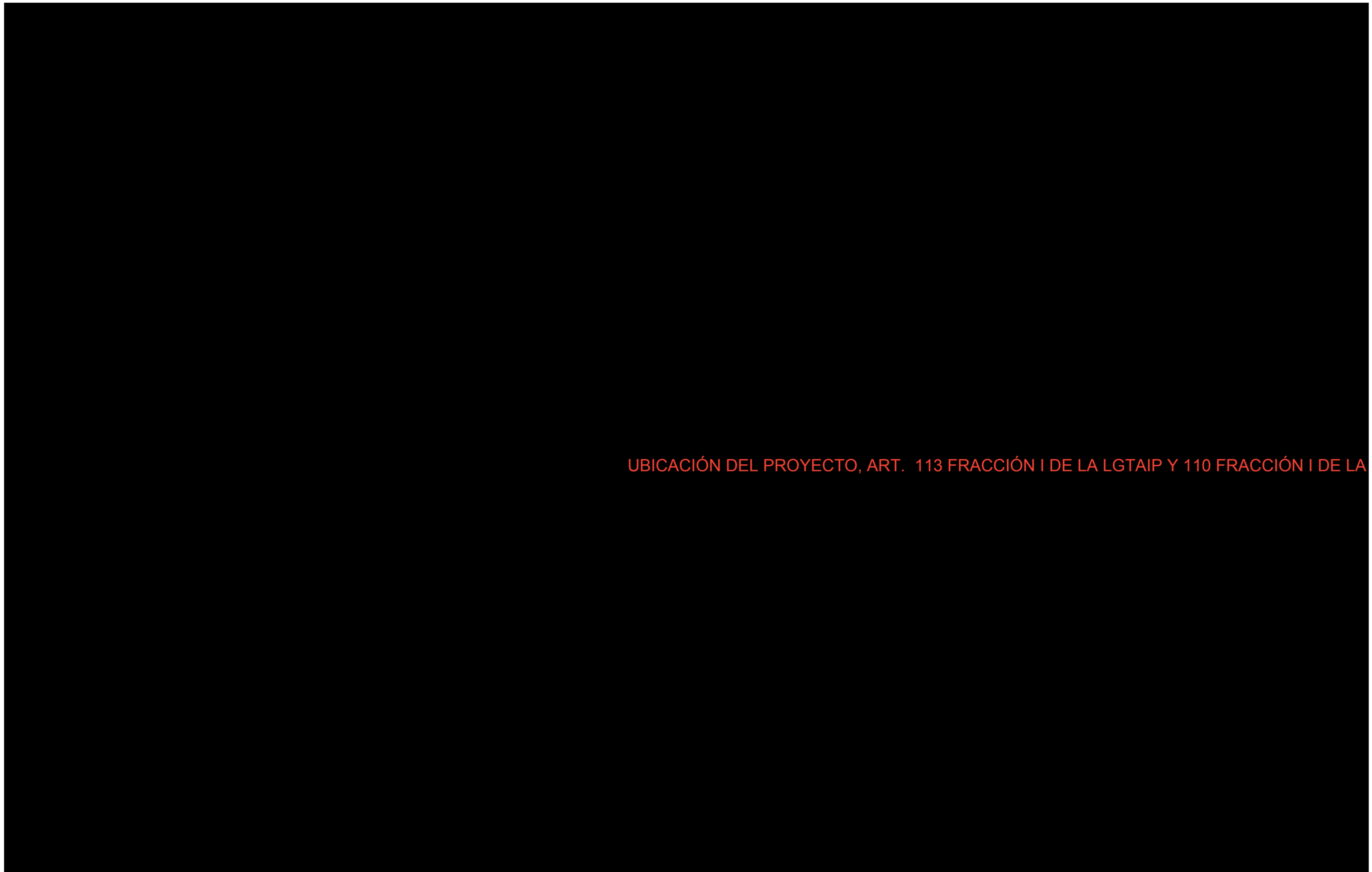


Figura 21 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos Industria de la Transformación

El ramal denominado **"La Noria 01"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 810.3158

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

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE LA NORIA 01						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PI=0+701.74	PI=0+718.44	[redacted]				
PI=0+718.44	PI=0+740.25					
PI=0+740.25	PI=0+761.05	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.				
PI=0+761.05	PI=0+780.63					
PI=0+780.63	PI=0+797.05					
PI=0+797.05	PI=0+810.3158					
LONGITUD = 810.3158 m						

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

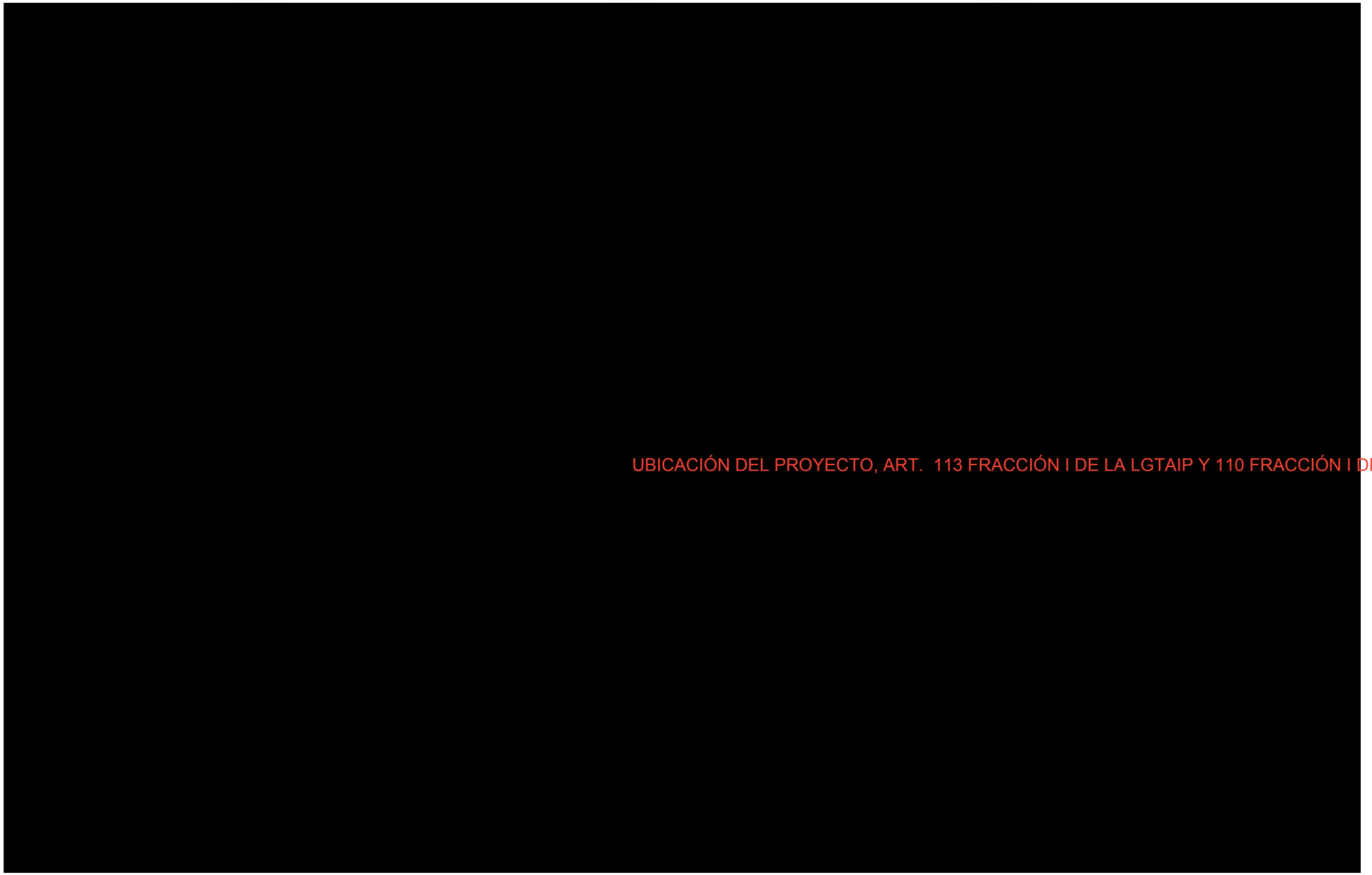
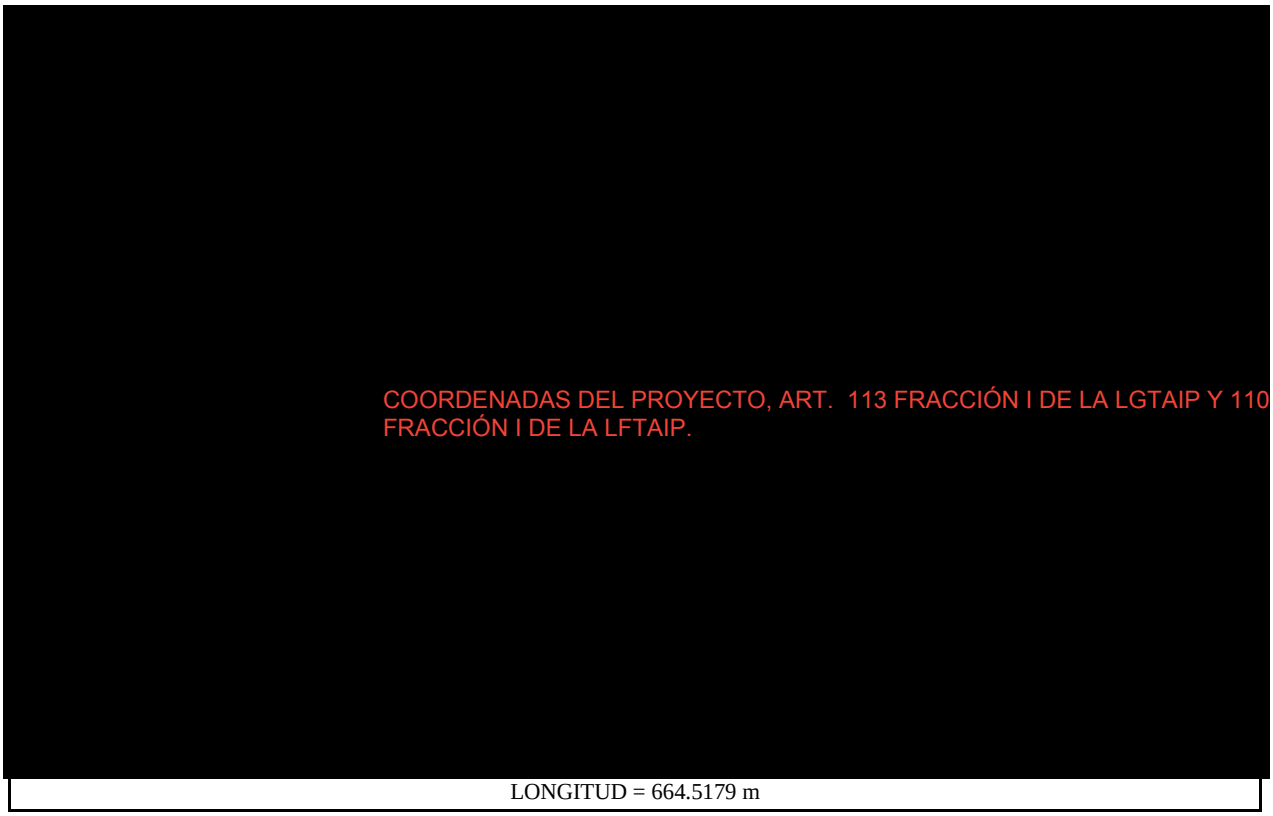


Figura 22 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto Noria 01

Por último, el ramal denominado "La Noria 02" está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 664.5179m. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

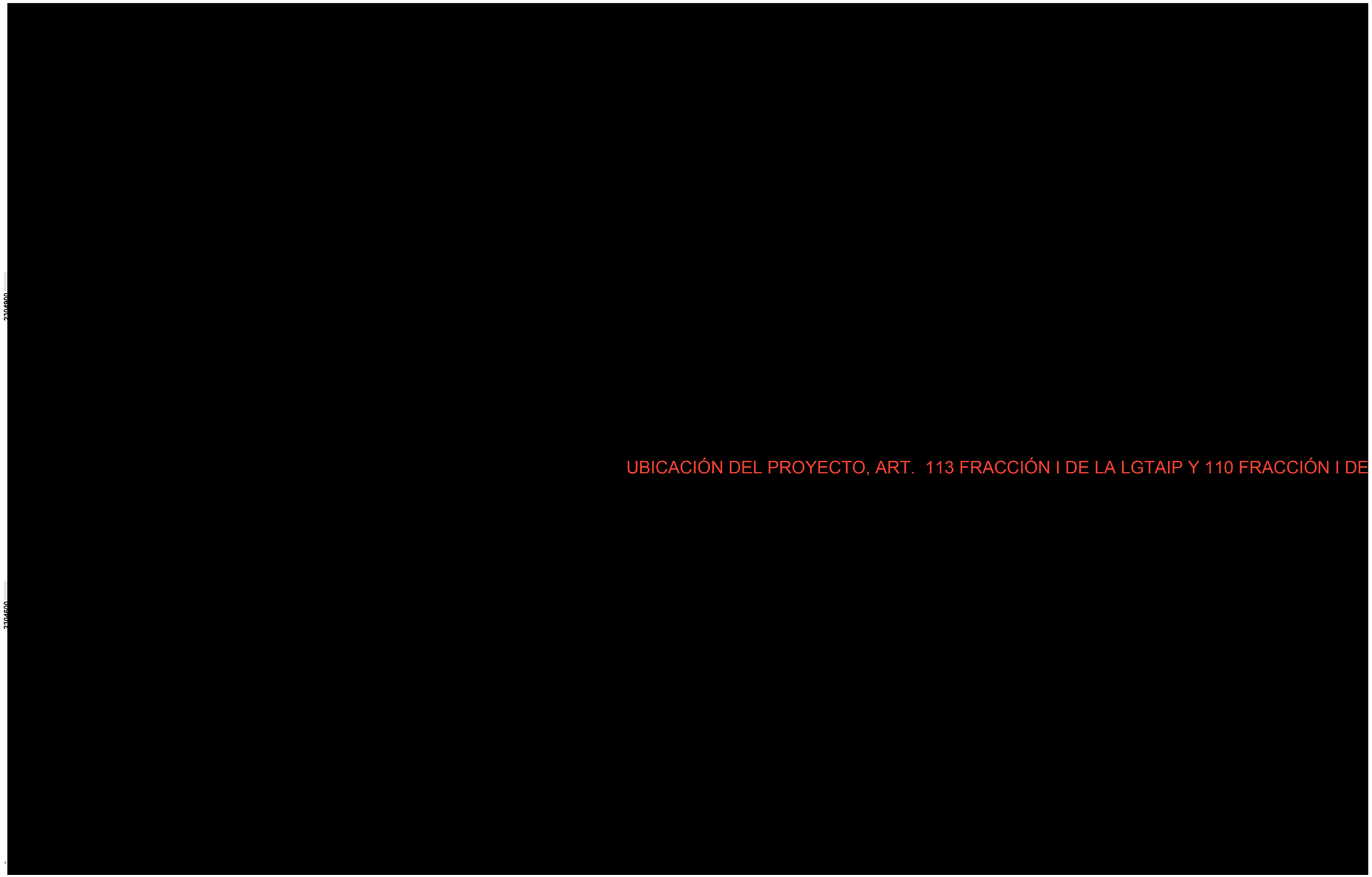


Figura 23 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto Noria 02

Tercera fase de ampliación

Como parte de la ampliación de la Fase III se requiere de una red de ductos de diversas longitudes y especificaciones, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 36 Descripción de los 12 ramales que conforman parte de la tercera fase de ampliación.

No	Nombre	Descripción	Diámetro	Long. (m)
1	La Cruz 03	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**1,137.132**
2	La Cruz 05	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**155.537**
3	La Cruz 04	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**245.687**
4	Cerrada Querétaro	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**164.338**
5	Pueblito	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**1,211.831**
6	Cerrada La Noria	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**487.314**
7	Tequisquiapan	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**202.602**
8	Tequisquiapan 01	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**61.38**
9	Industria de la construcción 01	Ampliación mediante ducto de 8"	8"	**1,591.299**
10	Camino Vecinal 05	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**316.697**
11	Camino Vecinal 04	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**893.408**
12	Camino Vecinal 06	Ampliación mediante ducto de 6"	6"	**636.036**
			Total	**7,103.26**

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

Finalmente, la siguiente tabla muestra la distribución de las 20 válvulas que componen la Fase III:

Tabla 37 Descripción de las 20 válvulas que componen la Fase III

TAG	Especificación	Estatus	Coordenadas de Ubicación UTM
VS-7 FF-CC 2	Válvula PE 8"	Proyectadas	[redacted]
VS-P1	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-P2	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-P3	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-P4	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-P6	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-P12	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-P13	Válvula PE 8"	Proyectadas	

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

TAG	Especificación	Estatus	Coordenadas de Ubicación UTM
VS-P14	Válvula PE 6"	Proyectadas	[redacted]
VS-P15	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-P16	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-P17	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-1	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-2	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-3	Válvula PE 8"	Proyectadas	
VS-N-4	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-5	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-35	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-36	Válvula PE 6"	Proyectadas	
VS-N-37	Válvula PE 6"	Proyectadas	

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

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

A continuación, se presenta la distribución geoespacial de los elementos descritos anteriormente. (Figura 24 Croquis de ubicación y cuadro de válvulas Fase III).



Figura 24 Croquis de ubicación y cuadro de válvulas Fase III

Ductos.

Las obras que conforman la tercera fase de ampliación son ductos que tienen por objetivo interconectar la red existente y preparar el camino para futuras expansiones dentro del Parque Industrial Querétaro.

A continuación, se describirán los diferentes ramales que serán construidos y sus cuadros de construcción.

El ramal denominado **"La Cruz 03"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de

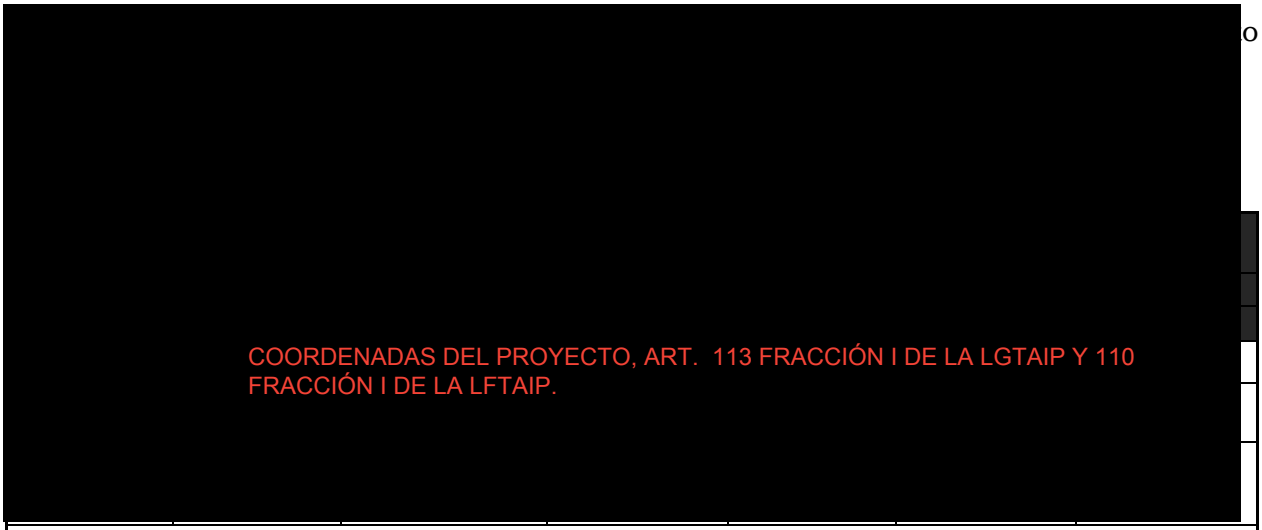


LONGITUD = 1,137.132m

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"La Cruz 05"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 155.537 m. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84

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

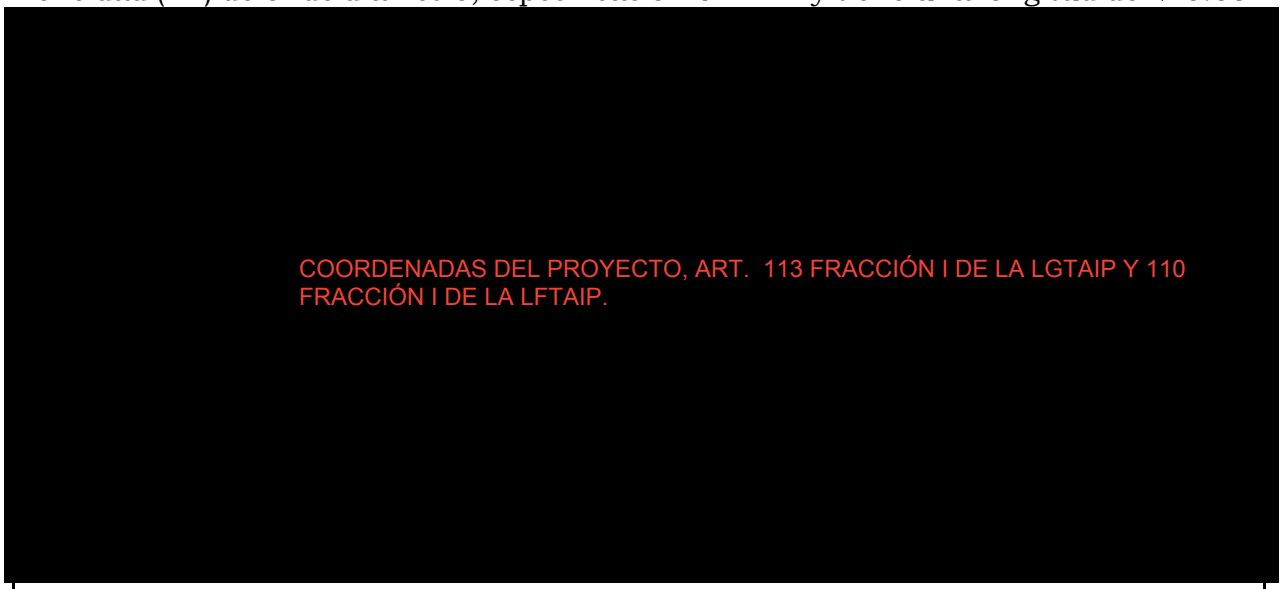


LONGITUD = 155.537m

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente


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

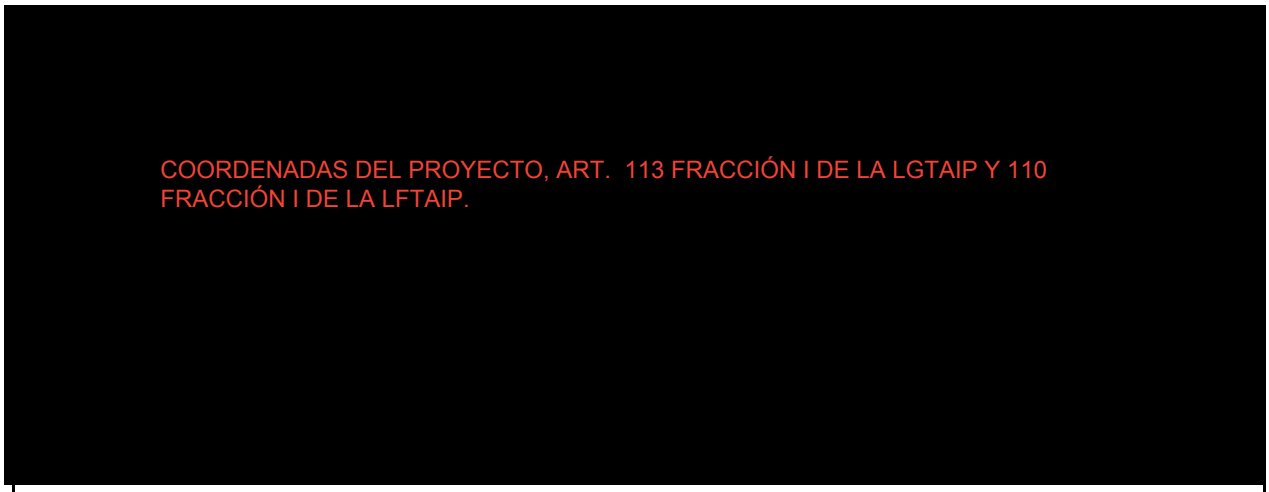
El ramal denominado **"La Cruz 04"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 245.687



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

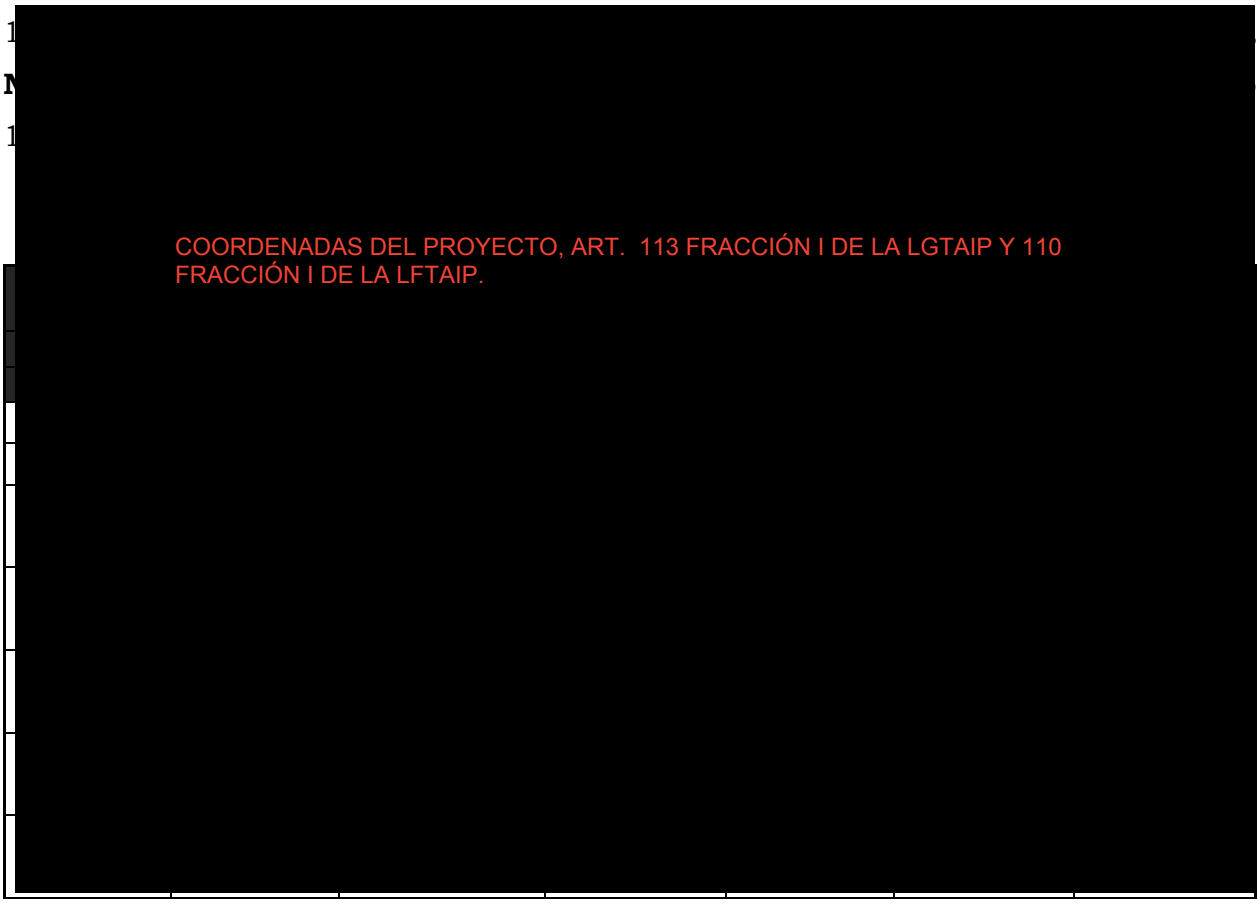

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

El ramal denominado **"Cerrada Querétaro"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"El Pueblito"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de



CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE EL PUEBLITO						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PI=0+389.19	PI=0+400.15					
PI=0+400.15	PI=0+422.85					
PI=0+422.85	PI=0+461.82					
PI=0+461.82	PI=0+496.24					
PI=0+496.24	PI=0+529.55					
PI=0+529.55	PI=0+554.60					
PI=0+554.60	PI=0+562.66					
PI=0+562.66	PI=0+576.41					
PI=0+576.41	PI=0+601.02					
PI=0+601.02	PI=0+623.93					
PI=0+623.93	PI=0+680.81					
PI=0+680.81	PI=0+691.18					
PI=0+691.18	PI=0+712.61					
PI=0+712.61	PI=0+727.47					
PI=0+727.47	PI=0+761.77					
PI=0+761.77	PI=0+787.65					
PI=0+787.65	PI=0+814.11					
PI=0+814.11	PI=0+835.31					
PI=0+835.31	PI=0+846.41	0°13'27.88" der				

[redacted]

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

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE EL PUEBLITO						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PI=0+846.41	PI=0+856.81	[redacted]				
PI=0+856.81	PI=0+879.91					
PI=0+879.91	PI=0+905.15					
PI=0+905.15	PI=0+927.42					
PI=0+927.42	PI=1+008.68					
PI=1+008.68	PI=1+067.52					
PI=1+067.52	PI=1+092.19					
PI=1+092.19	PI=1+149.91					
PI=1+149.91	PI=1+176.20					
PI=1+176.20	PI=1+193.46					
PI=1+193.46	PST=1+211.83					
LONGITUD = 1,211.831m						

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

Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

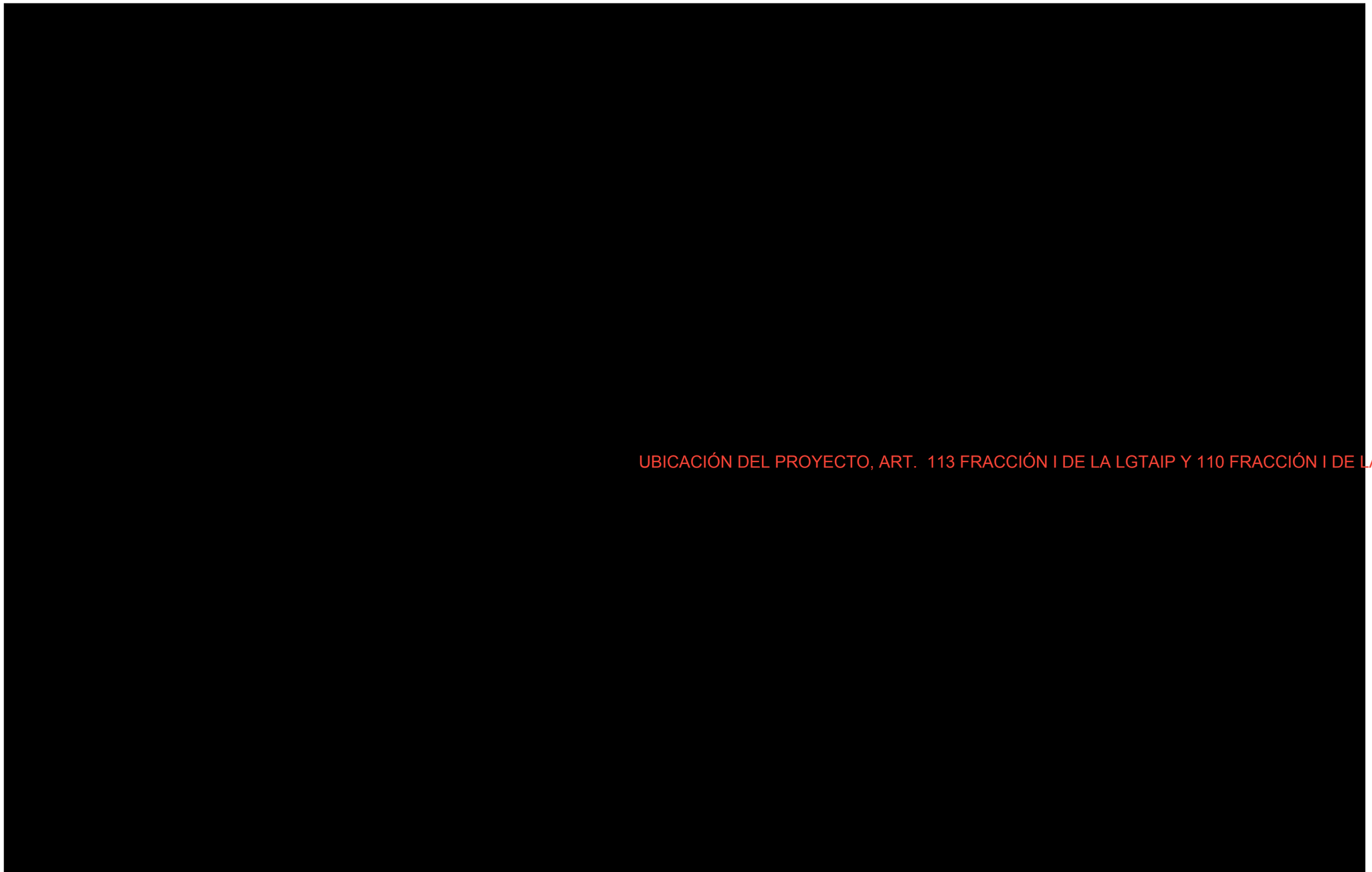


Figura 27 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos El Pueblito y Cerrada Querétaro

El ramal denominado **"Cerrada La Noria"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"Tequisquiapan"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"Tequisquiapan 01"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 61.3808 m. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84

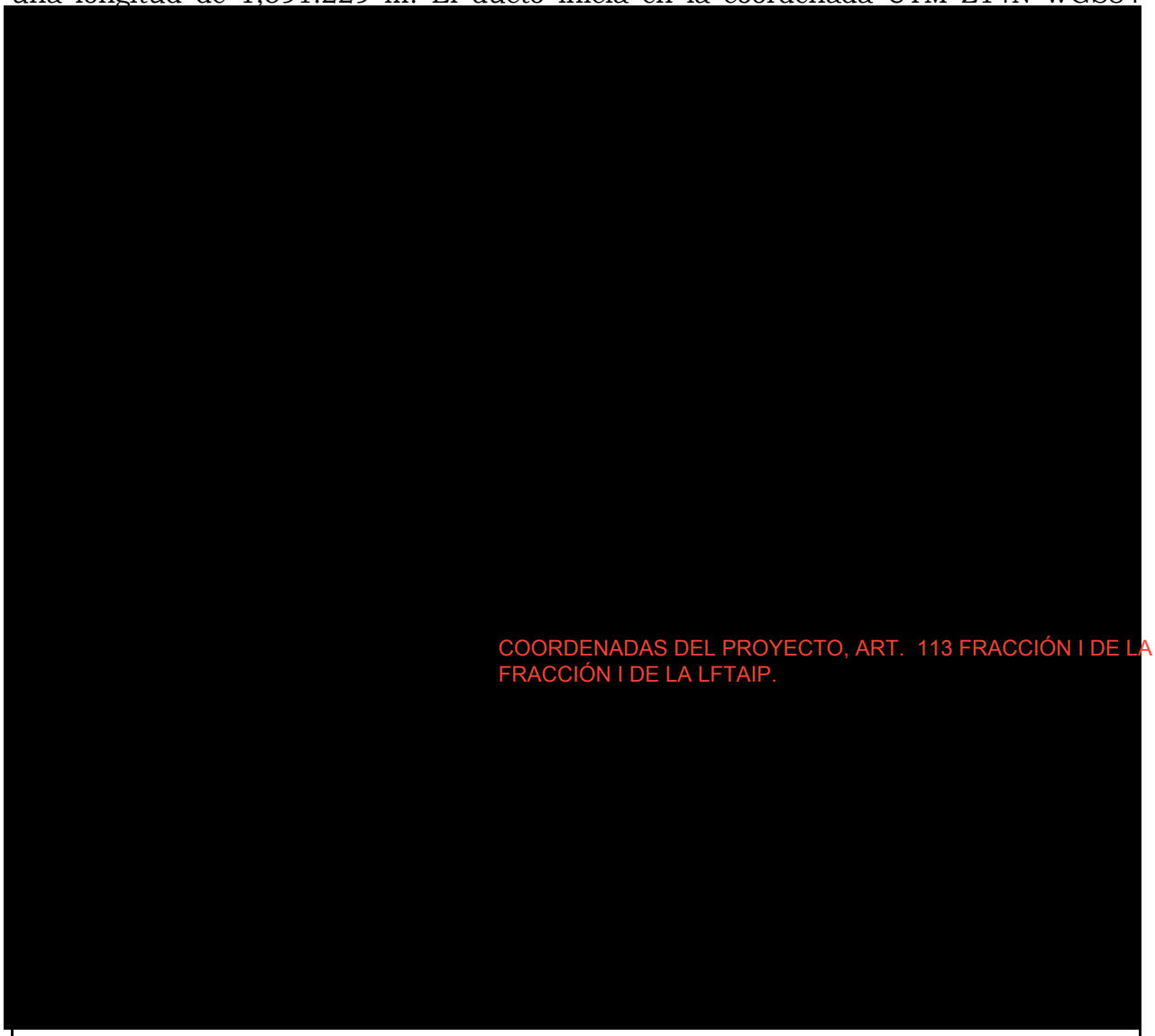
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente


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

El ramal denominado **"Industria de la Construcción 01"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 8" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 1,591.229 m. El ducto inicia en la coordenada UTM Z14N WGS84



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

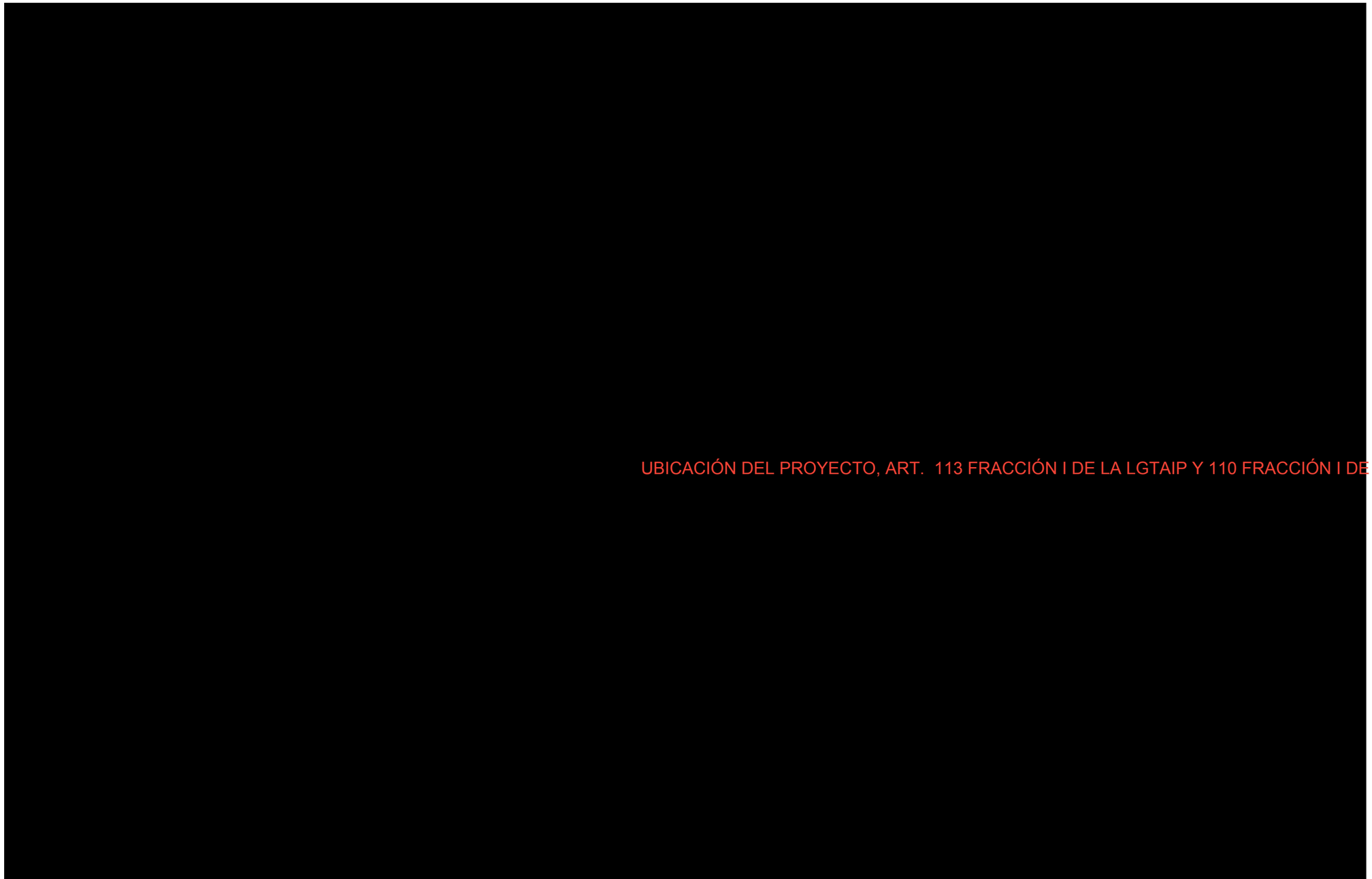


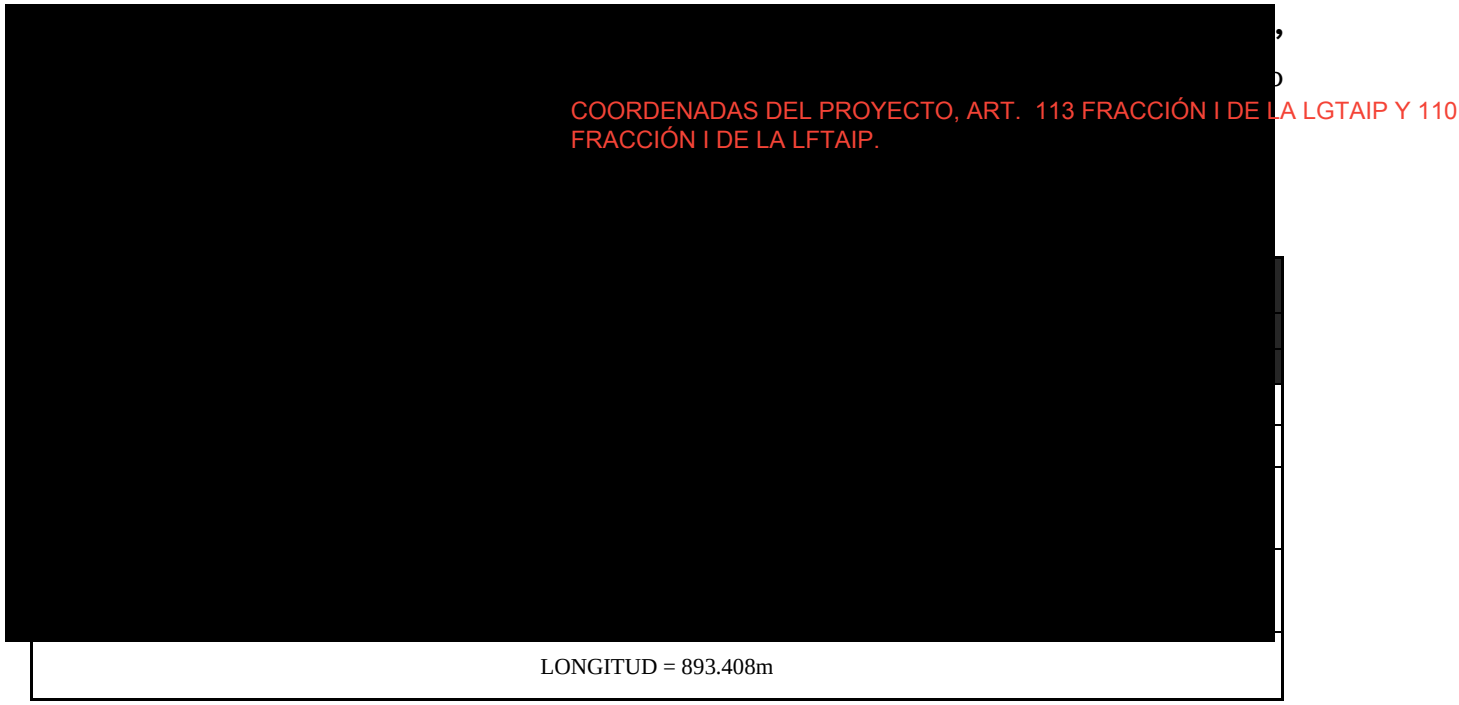
Figura 29 Croquis de ubicación y cuadro de construcción del ducto Industria de la Construcción 01

El ramal denominado **"Vecinal 05"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 316.697



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"Vecinal 04"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 893.408



Fuente: Elaboración propia con datos del promovente

El ramal denominado **"Vecinal 06"** está conformado por un ducto de Polietileno de Alta Densidad (PE) de 6" de diámetro, especificación SDR 11 y tiene una longitud de 636.036

[redacted]

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

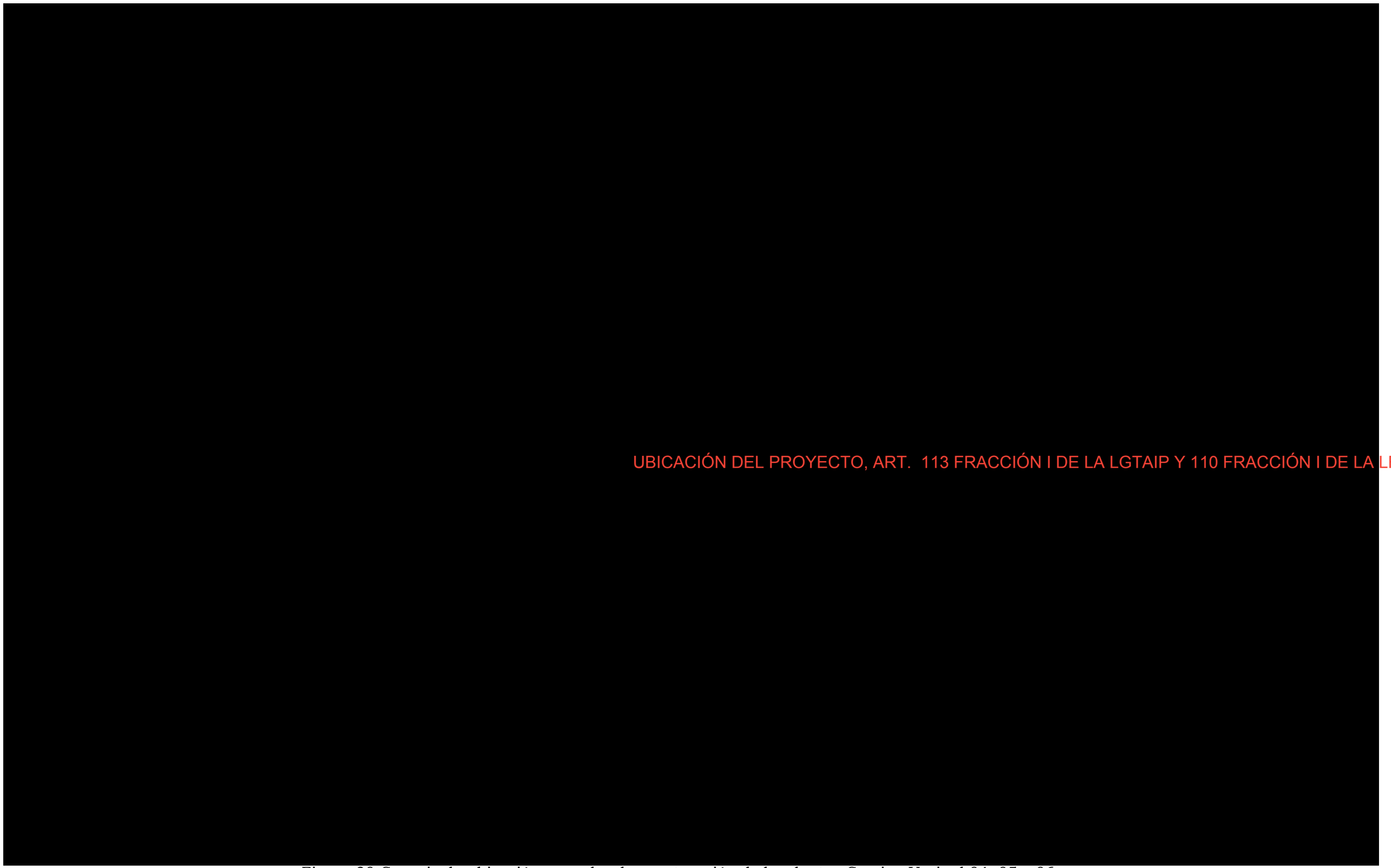


Figura 30 Croquis de ubicación y cuadro de construcción de los ductos Camino Vecinal 04, 05 y 06

5.3. Descripción del Entorno.

5.3.1. Medio físico.

La Delegación Santa Rosa Jáuregui, se localiza al Norte de la zona Urbana de la Ciudad de Santiago de Querétaro a 17 km del centro de la ciudad. Abarca una superficie de 367.45 kilómetros cuadrados (36,745 has.) que representa el 53.25% de la superficie total del municipio de Querétaro el cual se localiza en la región central del país entre los paralelos 20° 01' 02" y 21° 37' 17" de latitud norte y los meridianos 99° 03' 23" y 100° 34' 01" de longitud oeste, del meridiano de Greenwich.

Querétaro colinda con San Luis Potosí, al norte y noroeste; con Hidalgo al este; con Michoacán al sur; con el Estado de México al sureste y con Guanajuato al oeste. La superficie estatal es de 11,686.88 km^2, que representan el 6% de la superficie nacional.

En el territorio estatal, se presentan tres tipos de climas: al norte, cálidos y semicálidos; al centro secos y semisecos; y en el sur templados.

La provincia del Eje Neovolcánico se extiende por el centro y sur del territorio estatal, presenta extensas llanuras volcánicas donde se ubican los valles de Querétaro y de San Juan del Río, así como lomeríos y pequeños volcanes. Las elevaciones más importantes son los cerros: Grande (2,820 msnm), Bravo (2,820 msnm), Gordo (2,520 msnm) y la Peña de Bernal (2,430 msnm).

En el Estado se extraen al año 1,034,810,732 m^3 de agua, provenientes de fuentes superficiales y subterráneas. Se estima que, del total del agua extraída, alrededor de un 67% proviene del subsuelo, de nueve mantos acuíferos en explotación de donde se obtienen 696,937 m^3, de 1,714 pozos profundos.

La superficie forestal es el uso de suelo que ocupa el mayor porcentaje con respecto a los demás con un 62%, el uso agrícola con el 28%, el uso del suelo destinado a la producción o aprovechamiento de pastizales con el 7% y finalmente los asentamientos humanos y las zonas industriales con un poco más del 3%.

El Área Natural más importante dentro del territorio estatal es la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda, la cual se encuentra en los territorios de los municipios de Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Arroyo Seco, Pinal de Amoles y Peñamiller; ésta se encuentra a pie de monte de la Sierra Madre Oriental, formando una barrera geográfica

de primer orden con sistemas característicos de piedra caliza y una importante biodiversidad con especies endémicas. Fue decretada como Reserva de la Biosfera el 19 de mayo de 1997.

La problemática más grave a nivel estatal es el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola y de agrícola a industrial y urbano, por lo que se deben evitar cambios de uso de suelo de manera indiscriminada.

Clima.

El trópico de Cáncer atraviesa al país en su parte central, provocando una transición entre dos zonas térmicas: la subtropical y la tropical; dando como resultado la predominancia de climas secos al norte y noroeste y húmedos al sureste de México.

El relieve y la altitud influyen en algunos elementos climáticos como son la temperatura, presión y precipitación entre otros, pues una diferencia de altitud provoca variaciones en temperatura y presión atmosférica del municipio, pues a mayor altitud menor temperatura y presión.

Según el Atlas Municipal de Riesgos, el municipio presenta una temperatura media anual de 18.8 °C; una temperatura máxima de 26.4 °C y una mínima de 11.2 °C. El comportamiento de la temperatura media anual se observa a continuación:

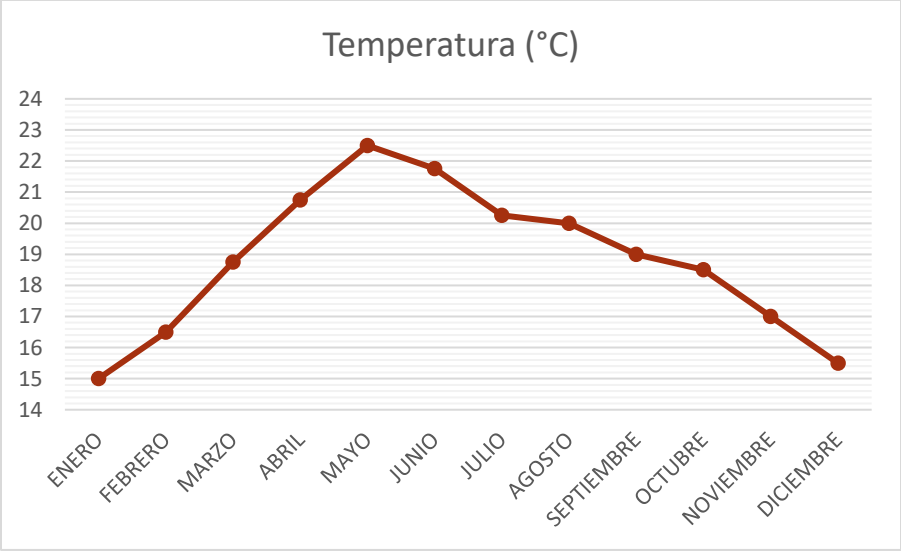


Figura 31 Comportamiento de la temperatura del municipio de Querétaro, 1971 – 2000. Fuente: Normales Climatológicos, SMN.

El clima en el municipio es templado semiseco, caracterizado por un verano cálido. La temperatura media anual es de 18º C. Los meses más calurosos son mayo y junio; alcanzando temperaturas máximas de 36º C, en tanto que los más fríos son los meses de diciembre y enero, en los que se registran temperaturas mínimas de -3º C.

Según la clasificación climática de Köppen-García, en el municipio se presentan dos clases climáticas predominantes: Templados (C), y Secos (B). Las variaciones y sus correspondientes climas, se detallan a continuación:

Tabla 50 Climas presentes en el municipio de Querétaro periodo.

Clima	Descripción	Ubicación	Área (km^2)	% de superficie
BS1hw(w)	Semiseco semicálido, con lluvias en verano. temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C.	Se localiza en aéreas muy reducidas al sureste del municipio.	213.3	31.51
BS1kw(w)	Semiseco templado, con lluvias en verano, con porcentaje de precipitación invernal menor a 5% y verano cálido.	Ocupa gran parte de las mesetas y llanuras del oriente, la cabecera municipal se ubica en este tipo de clima.	453.9	67.05
C(w0)	Temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, subhúmedo, precipitación anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.	Se encuentra en la parte central en forma de franja alargada con orientación norte-sur.	9.72	1.44

Fuente: Atlas Municipal de Riesgos. Conjunto de datos vectoriales de la serie recursos naturales, INEGI

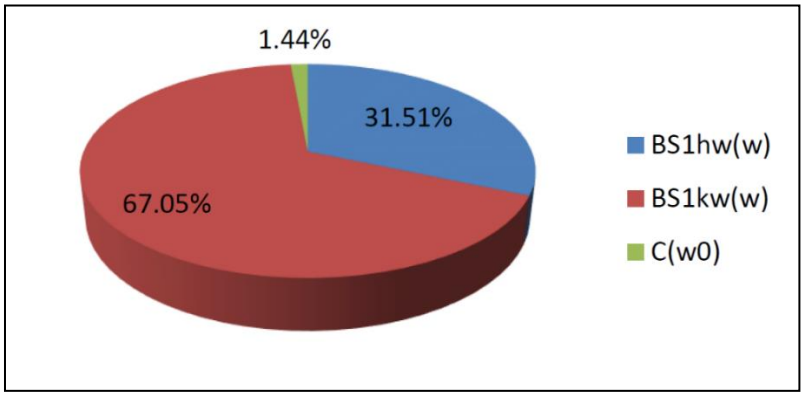


Figura 32 Porcentaje de cobertura municipal de cada clima en Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro (2015), datos de INEGI.

En la siguiente imagen se observa que el sitio y el área de estudio, el tipo de clima se encuentra clasificado como ***BS1hw(w)*** semiseco semicálido, con lluvias en verano.

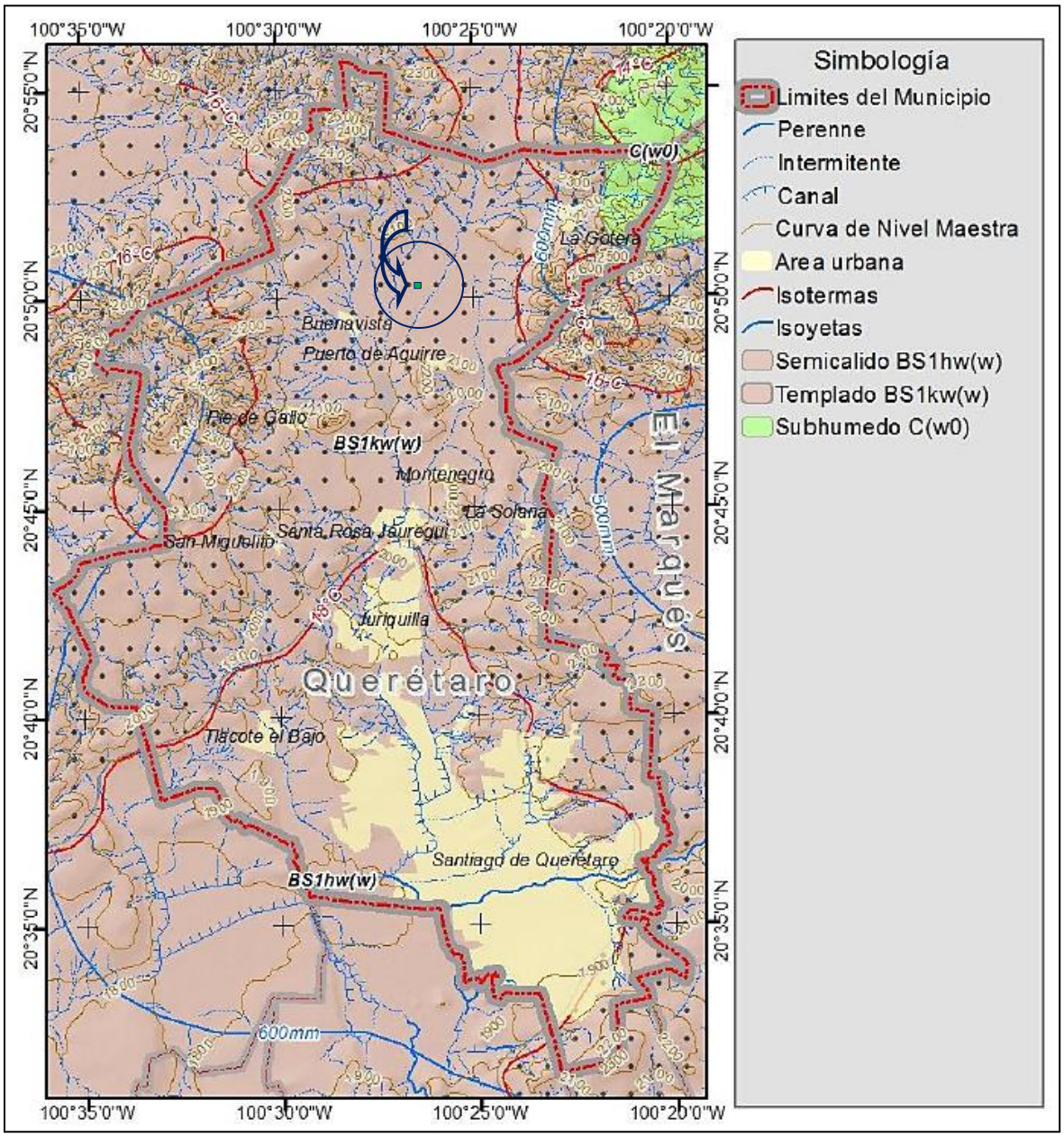


Figura 33 Mapa de Climas del Municipio de Querétaro y ubicación del proyecto.

Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro (2015) con datos de INEGI.

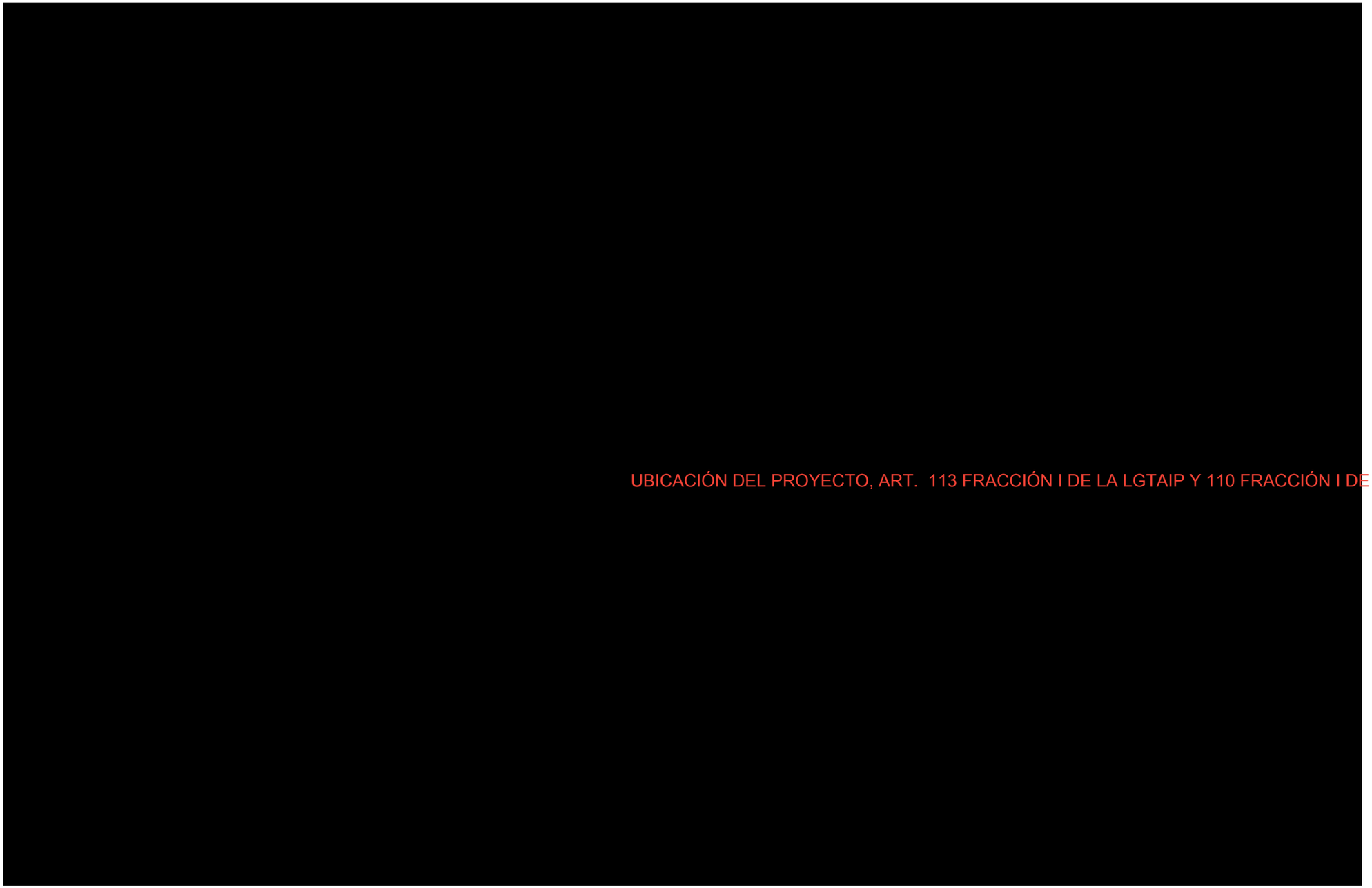


Figura 34 Acercamiento del clima para el área del proyecto y el Sistema Ambiental Regional

Precipitación.

Otro elemento climático para tratar es la precipitación; en el municipio de Querétaro las barreras orográficas de la Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato se anteponen a la entrada de masas de aire húmedo.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento de la precipitación media anual del municipio del periodo de 1971 a 2000.

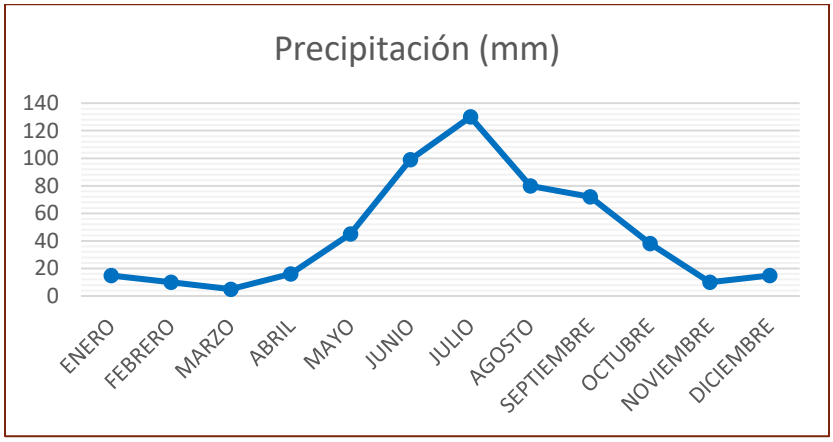


Figura 35 Comportamiento de la precipitación media mensual del municipio de Querétaro, 1971 – 2000. Fuente: Normales Climatológicos, SMN.

La precipitación pluvial anual promedio es de 550.2 mm. Los vientos predominantes son del Noroeste, Sur y Suroeste. A continuación, se muestran las normales climatológicas de la Estacion 00011144 EL CHARAPE, considerada uno de las más cercanas al sitio de Proyecto.

Tabla 51 Normales climatológicas de Querétaro periodo: 1981-2010.

ESTACION: 00011144 EL CHARAPE LATITUD: 20°55'09" N. LONGITUD: 100°25'53"W. ALTURA: 2,201.0 MSNM.												
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA NORMAL	21.9	23.3	26.0	28.0	28.8	27.0	25.1	25.0	24.7	23.9	23.1	22.5	24.9
TEMPERATURA MEDIA NORMAL	14.5	15.8	18.1	20.0	20.9	20.1	18.7	18.7	18.6	17.1	15.6	14.9	17.8
TEMPERATURA MINIMA NORMAL	7.0	8.2	10.2	12.1	13.0	13.2	12.4	12.5	12.5	10.3	8.2	7.3	10.6

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Servicio Meteorológico Nacional

Estaciones de Monitoreo

El Centro de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro (CeMCAQ) cuenta con una red de estaciones de monitoreo atmosférico para medir la concentración de contaminantes criterio, incluyendo ozono (O_3), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), partículas menores a 2.5 micrómetros (PM 2.5) y partículas menores a 10 micrómetros (PM 10). En la ciudad de Querétaro y su zona conurbada se ubican las siguientes estaciones: Felix Osores (FEO), Carrillo Puerto (CAP), El Marqués (EMA), Bomberos (BOM), Aud. Josefa Ortíz (AJO), Corregidora (COR).

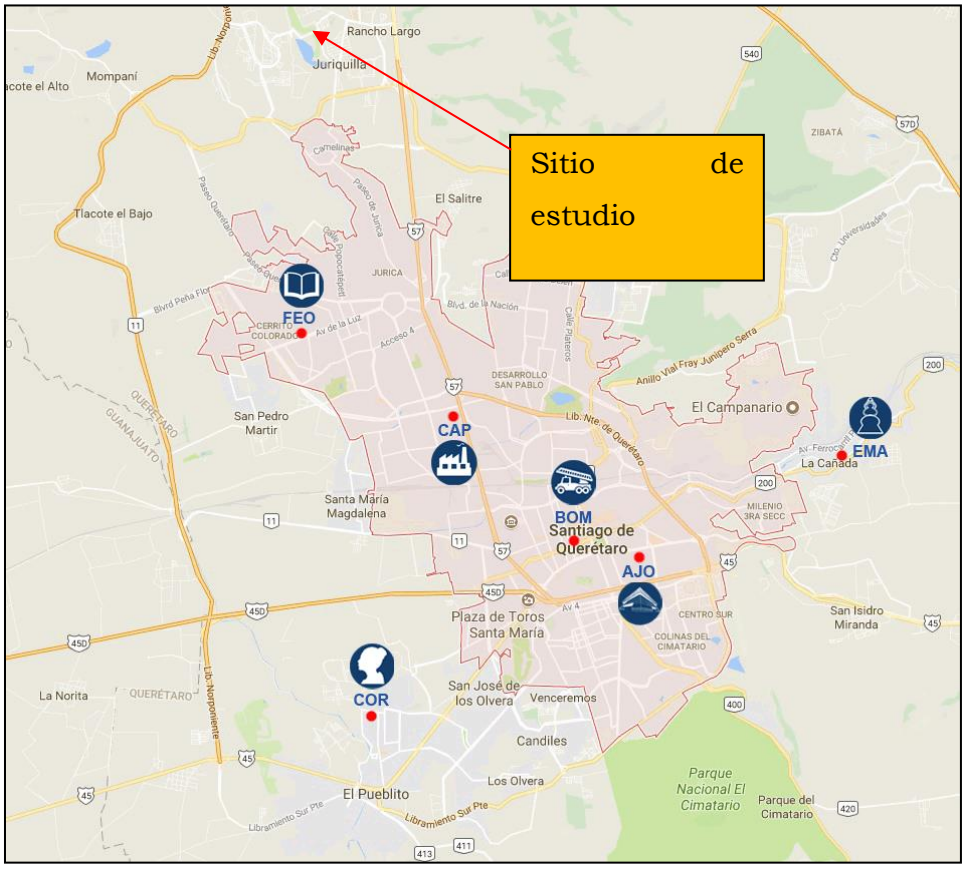


Figura 36 Ubicación de las estaciones de monitoreo. La más cercana al sitio de estudio, es la estación Félix Osores (FEO).

Geología.

El municipio se encuentra primordialmente dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, originada por una extraordinaria actividad volcánica y movimientos de bloques relacionados con la actividad tectónica del Pleistoceno – Cuaternario. Estas

características aunadas a los procesos modeladores del relieve provocan que el tipo de litología predominante en el municipio sea la ígnea, seguida de la sedimentaria y finalmente la metamórfica.

Tabla 52. Superficie de materiales geológicos localizados en el municipio de Querétaro.

Tipo de Litología	Área (Km^2)	% de Superficie
Ígnea extrusiva	461.6	68.2
Sedimentaria	74.5	11.0
Metamórfica	1.7	0.3
Otros	139.1	20.5

Fuente: Atlas Municipal de Riesgos. Datos de INEGI, Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos 1:1000000, Serie I

Producto de esta actividad volcánica, se pueden encontrar a lo largo del municipio fallas y fracturas originadas principalmente por esfuerzos de tensión, contracción y por el rompimiento de la corteza terrestre. De acuerdo con el Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos 1:1000000 se pueden registrar 3 fracturas (6.26 km) y 5 fallas normales (44.05 km) dentro de los límites del municipio.

La mayor concentración de fallas se presenta en la porción suroeste del municipio, en las colindancias con el municipio Corregidora. Por otra parte, la fractura principal se encuentra ubicada al sureste del municipio, desde la carretera Federal 57 hasta la localidad La Purísima.

En lo que se refiere a la litología, el municipio está cubierto principalmente por materiales volcánicos, ígneas extrusivas del Cenozoico. Los materiales litológicos que sustentan al territorio municipal son: Arenisca – conglomerado del Cenozoico [Ts(ar-cg)], Arenisca del Cenozoico [Ts(ar)], Caliza del Mesozoico [Ki(cz)], Esquisto del Mesozoico [K(E)], Ígnea extrusiva ácida del Cenozoico [Ts(Igea)], Ígnea extrusiva básica del Cenozoico [Q(Igeb)], Ígnea extrusica del Cenozoico [Q(Igei)] y Otros del Cenozoico [Q(s)].

En la delegación Santa Rosa Jáuregui predominan las rocas volcánicas del tipo de Extrusiva básica y Toba que ocupan casi el 47% de la superficie de la delegación las cuales presentan algunas dificultades para el manejo de edificación de vivienda por ser suelos duros y se elevan los costos en la introducción de infraestructura. Se presentan fracturas en la zona norponiente y sur de la delegación que corren de sur a norte por lo

que deberá tenerse especial atención si se pretende realizar nuevos desarrollos de asentamientos humanos en las áreas de influencia de estas.

El municipio cuenta con el siguiente mapa geológico:

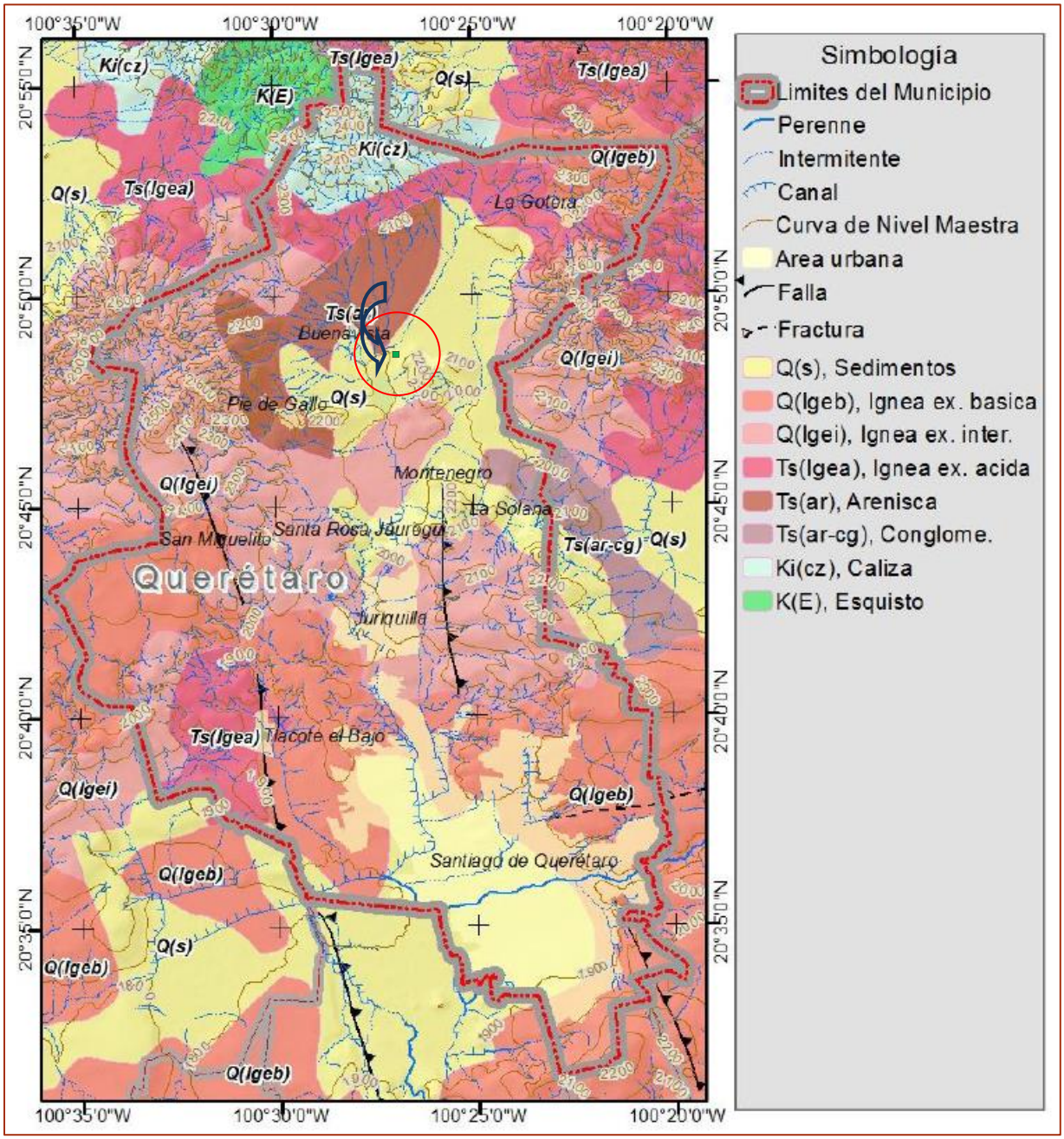


Figura 37 Mapa Geológico del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Municipal de Riesgos con datos de INEGI.

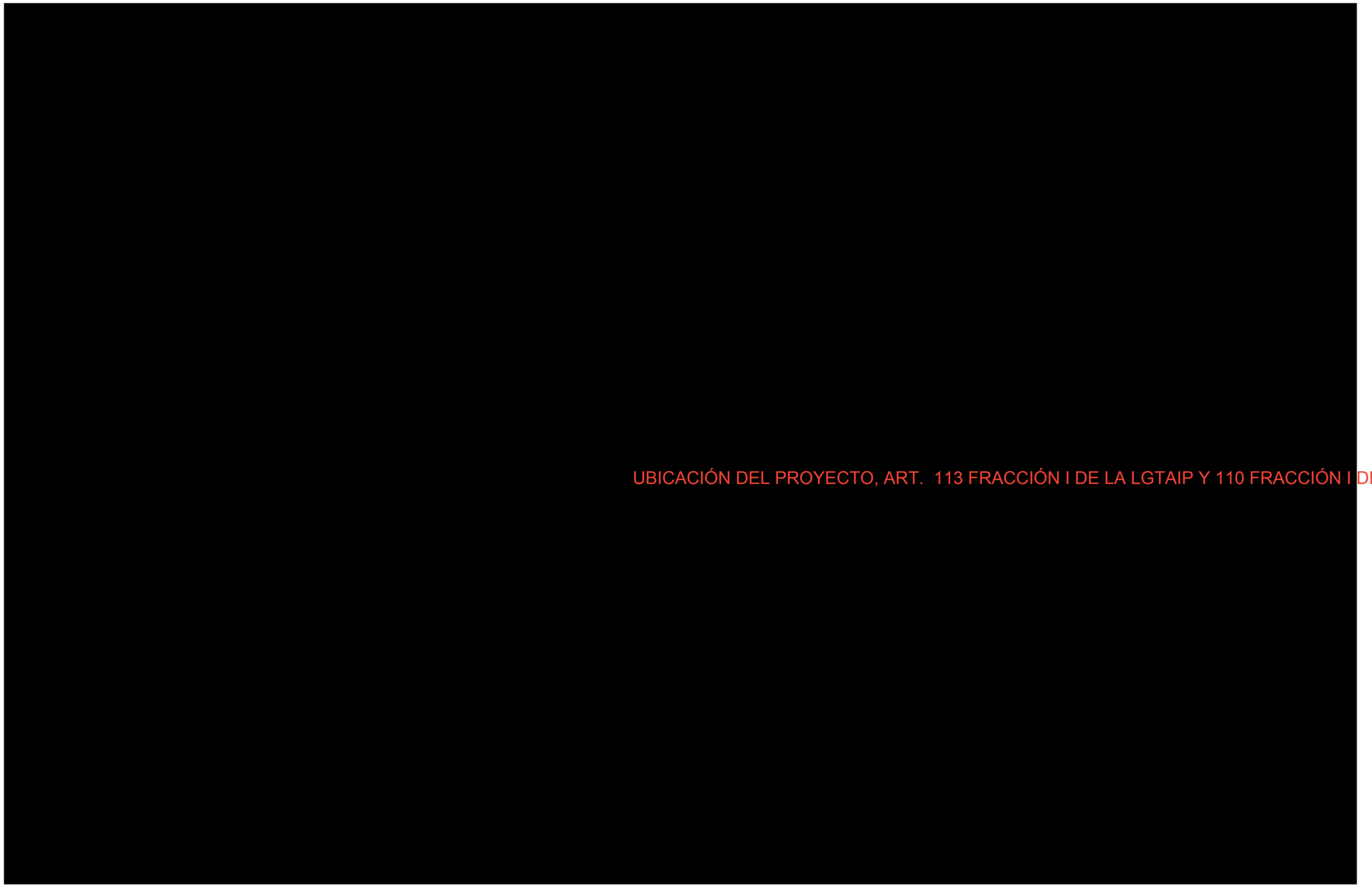


Figura 38 Acercamiento del proyecto y el Sistema Ambiental Regional para el proyecto

Como se observa en el mapa geológico, en el sitio de estudio no se observa ninguna falla ni factura geológica. Además, en el sitio se tiene una roca clasificada como: *Q(s), Sedimentos*. Según datos del INEGI, está es una roca / suelo de nombre *Otros del Cenozoico*, Clave: *Q(S)* con una ubicación: En la parte sur en la llanura aluvial del Bajío Guanajuatense que forma parte de la cabecera municipal, también se presenta en el Lomerio de Basalto con llanuras del Bajío Guanajuatense ubicado al este del municipio, con un área de 139.1 km^2 y un porcentaje de la superficie municipal de 20.56%.

Gran parte del municipio de Querétaro se localiza dentro de una cuenca sedimentaria delimitada por fallas regionales que se agrupan en dos sistemas activos desde el Mioceno (Alaniz - Alvarez et al., 2002 in Carreón-Freyre et al. 2005). La morfología actual del Valle de Querétaro es la de un graben, la cual se encuentra delimitado por sistemas de fallas con direcciones norte y sur y desplazamiento normal, cuyos flancos occidental y oriental pueden identificarse las Fallas San Bartolome y la Falla Oriental, respectivamente (Carreón-Freyre et al. 2005). El Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro, presenta un mapa geológico de la zona sur del municipio el cual se presenta a continuación:

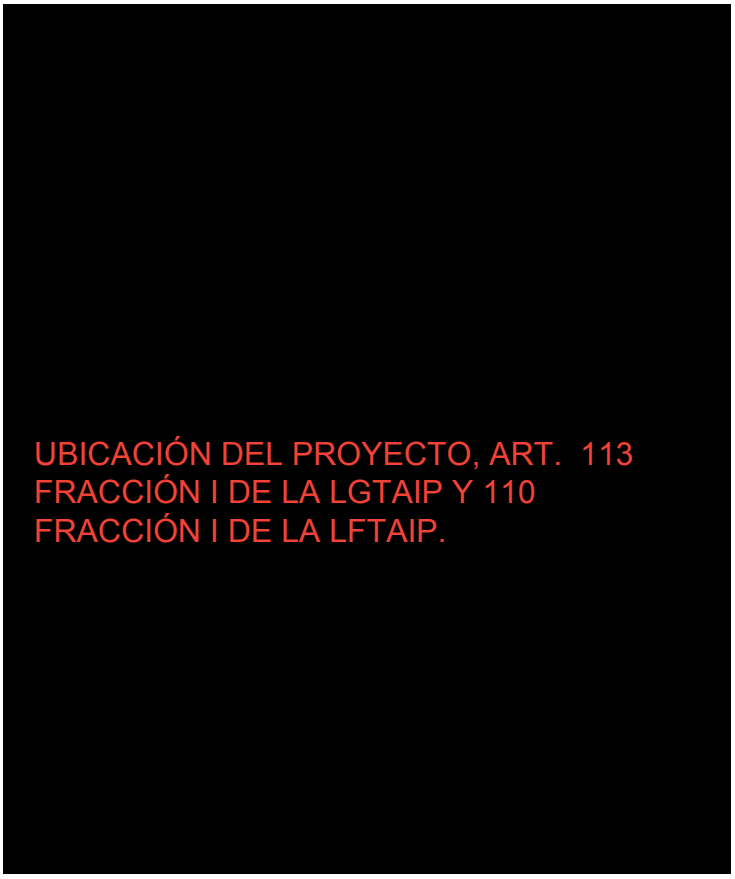


Figura 39 Mapa Geológico de la Zona Sur del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Municipal de Riesgos, modificado de Carreón et.al. 2005.

Geomorfología.

El municipio de Querétaro se localiza dentro de dos provincias fisiográficas Eje Neovolcánico (89.9%) y la provincia Mesa del Centro (10.1%), la cual recorre el norte y noreste del municipio.

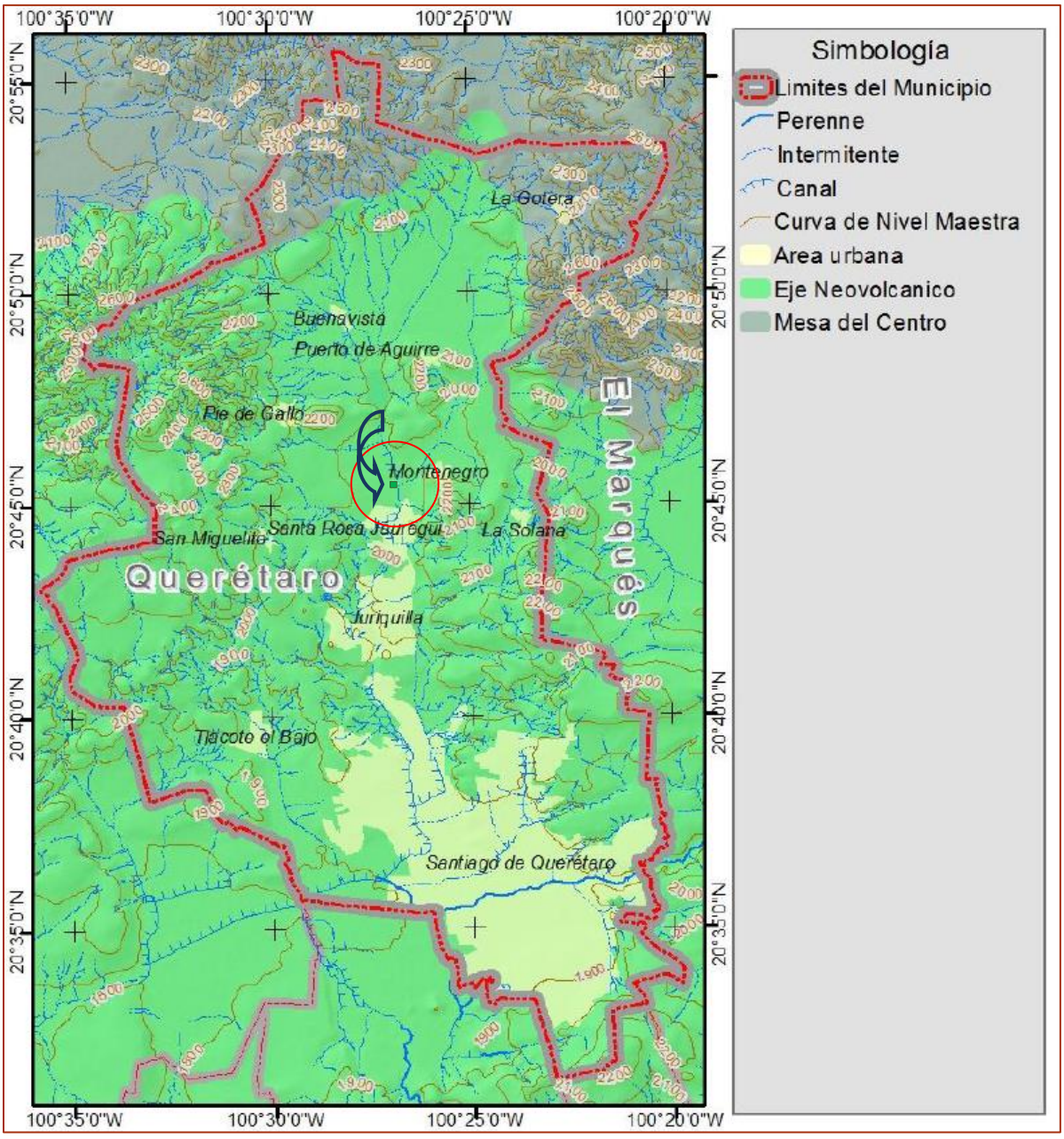


Figura 40 Mapa fisiográfico del municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro (2015) con datos de INEGI.

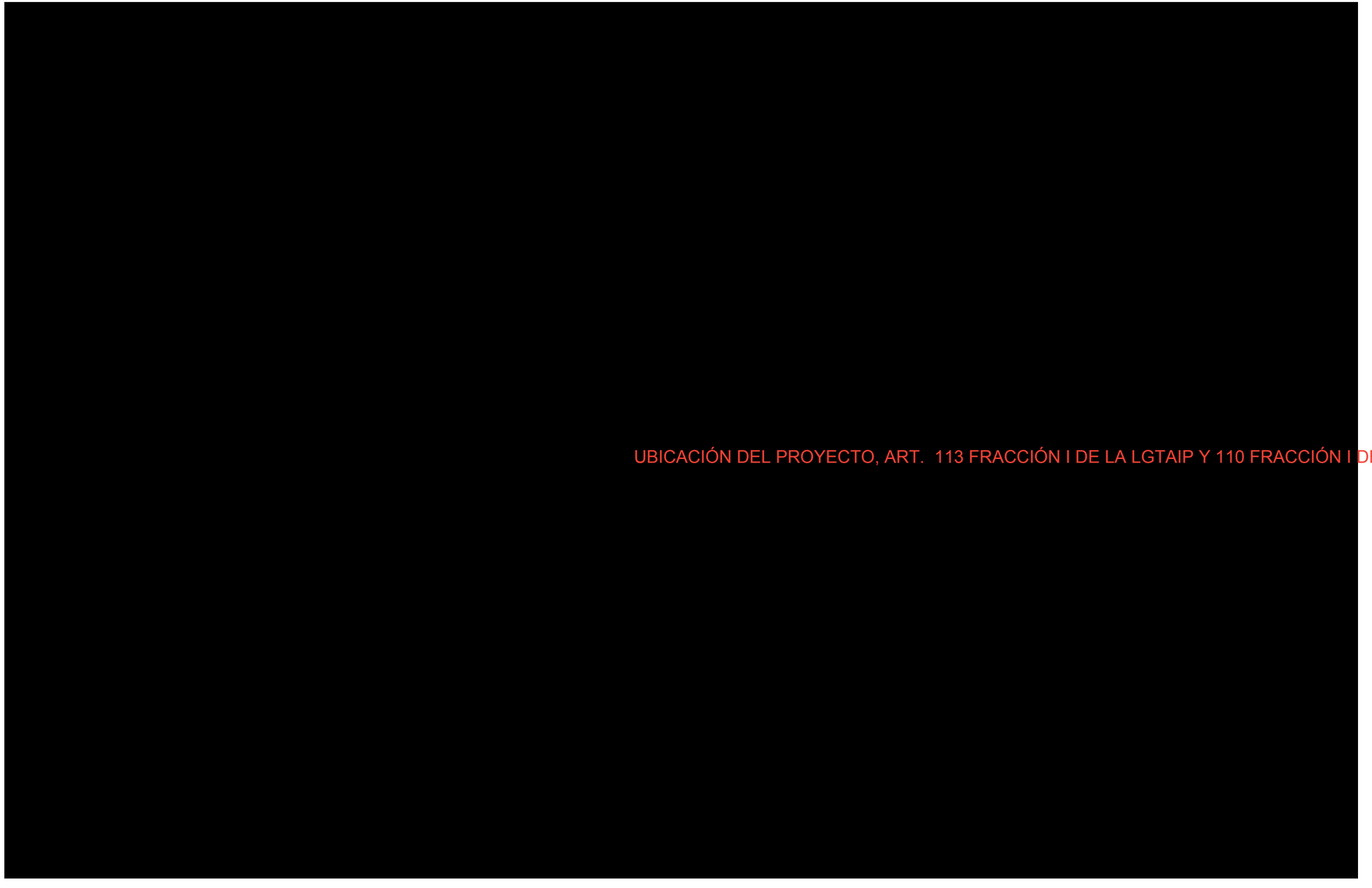


Figura 41 Provincias fisiográficas del proyecto y del Sistema Ambiental Regional

El sitio y la zona de estudio se encuentran en la provincia fisiográfica *Eje Neovolcánico*.

Esta provincia tiene las siguientes características: suelos de la era cenozoica del periodo cuaternario como son: los aluviales con pequeñas áreas de rocas Ígneas, tobas ácidas (ta), y sedimentarias arenisca-conglomerado (ar-cg), con un área de 608.7 km^2 en el territorio municipal con topoformas de Sierra, Lomerío, Llanura, Escudo y Meseta.

El municipio está conformado morfológicamente por lomeríos, sierras y llanuras. La zona de lomeríos presenta colinas redondeadas con llanuras que se extienden de Sur a Norte por el municipio, paralelamente a la autopista Querétaro - San Luis Potosí.

Litológicamente la llanura se compone de sedimentos aluviales en las partes bajas; laderas de areniscas y conglomerados y en las partes altas, de rocas ígneas extrusivas. Dicha región principia al Norte, a partir del poblado Ojo de Agua, prolongándose hacia el Sur por los poblados de La Barreta, La Estacada, La Huerta, Casa Blanca, Santa Rosa Jáuregui, El Pie, Jurica, El Salitre, Santa María del Zapote, Tlacote, San Pedro Mártir y Peñuelas.

La altura sobre el nivel del mar varía de 1,900 a 2,150 msnm, aunque se tienen algunas elevaciones mayores, como son los cerros El Buey (2,210 msnm), Pie de Gallo (2,340 msnm), El Patol (2,460 msnm), El Nabo (2,020 msnm) y El Paisano (2,080 msnm). Bordeando la zona de lomeríos, se tienen sierras discontinuas al Norte y al Este. Las sierras localizadas en las inmediaciones de El Charape y El Saucito son alargadas y forman pequeñas cañadas en afloramientos muy locales de rocas marinas del tipo de las calizas, así como esquistos, que son metamórficos y rocas ígneas extrusivas. Sobre este último tipo de roca se prolonga la sierra; que cruza los poblados de Las Monjas, La Barreta, La Joya, Charape de la Joya y La Presita de San Antonio, con elevaciones en los cerros La Rochera (2,650 msnm), Pájaro Azul, Támbula y El Pinalito (2,720 msnm).

Edafología.

Cada lugar presenta diferentes tipos de suelo debido a las características geográficas que posee tales como el clima, geología, geomorfología, vegetación, etc.; así como a los procesos erosivos y de intemperismo que ocurren. El municipio de Querétaro se localiza en una zona que presenta heterogeneidad en cuanto a relieve, debido a su origen y procesos transformadores, esto aunado a su geología, predominantemente ígnea y presencia de climas templados y secos, provoca que exista una diversidad ambiental que

modifica las características y propiedades del suelo a lo largo del territorio generando una diversidad de suelos.

El municipio presenta suelos maduros y evolucionados desarrollados bajo la acción de factores activos de formación, en especial el clima. Existen también suelos donde el clima no es determinante para su presencia, se trata en algunos casos de suelos inmaduros que se encuentran en las primeras etapas de su desarrollo por no haber actuado los factores edafogénicos durante el tiempo suficiente, como el litosol. La siguiente tabla muestra los principales tipos de suelo localizados dentro del municipio:

Tabla 53. Suelos ubicados dentro del municipio de Querétaro

Suelo	Características	Ubicación	Área (Km^2)	% de superficie
Castañozem cálcico	Literalmente, tierra castaña. Suelos con una capa de color blanco, rica en cal, y que se encuentra en forma de polvo blanco. En los Castañozem esta capa tiene m. Los suelos con esta subunidad tienen fertilidad que va de moderada a alta de 15 centímetros de espesor.	Se localiza en una pequeña porción de la zona norte del municipio.	20.6	3.04
Feozem háplico	El Feozem es un suelo con una capa superficial oscura, algo gruesa, rica en materia orgánica y nutriente. El Feozem háplico no presenta ninguna otra propiedad especial.	Se encuentra en el extremo noreste del municipio	72.0	10.64
Feozem lúvico	Del latín luvi, luo: lavar. Suelos con acumulación de arcilla en el subsuelo. Son generalmente de color rojizo o pardo oscuro.	Se encuentra en la colindancia norte del municipio.	20.6	3.04
Litosol	Suelo con menos de 10 cm. de espesor.	Este suelo se encuentra disperso en el noreste y noroeste del municipio, principalmente en las zonas de mayor altitud.	78.0	11.52
Vertisol pélico	Vertisol pélico es un suelo muy oscuro.	Es el suelo con mayor prevalencencia en el municipio. Se encuentra en la parte central y forma parte de la cabecera municipal.	485.7	71.75

Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro (2015), INIFAP – CONABIO 1995

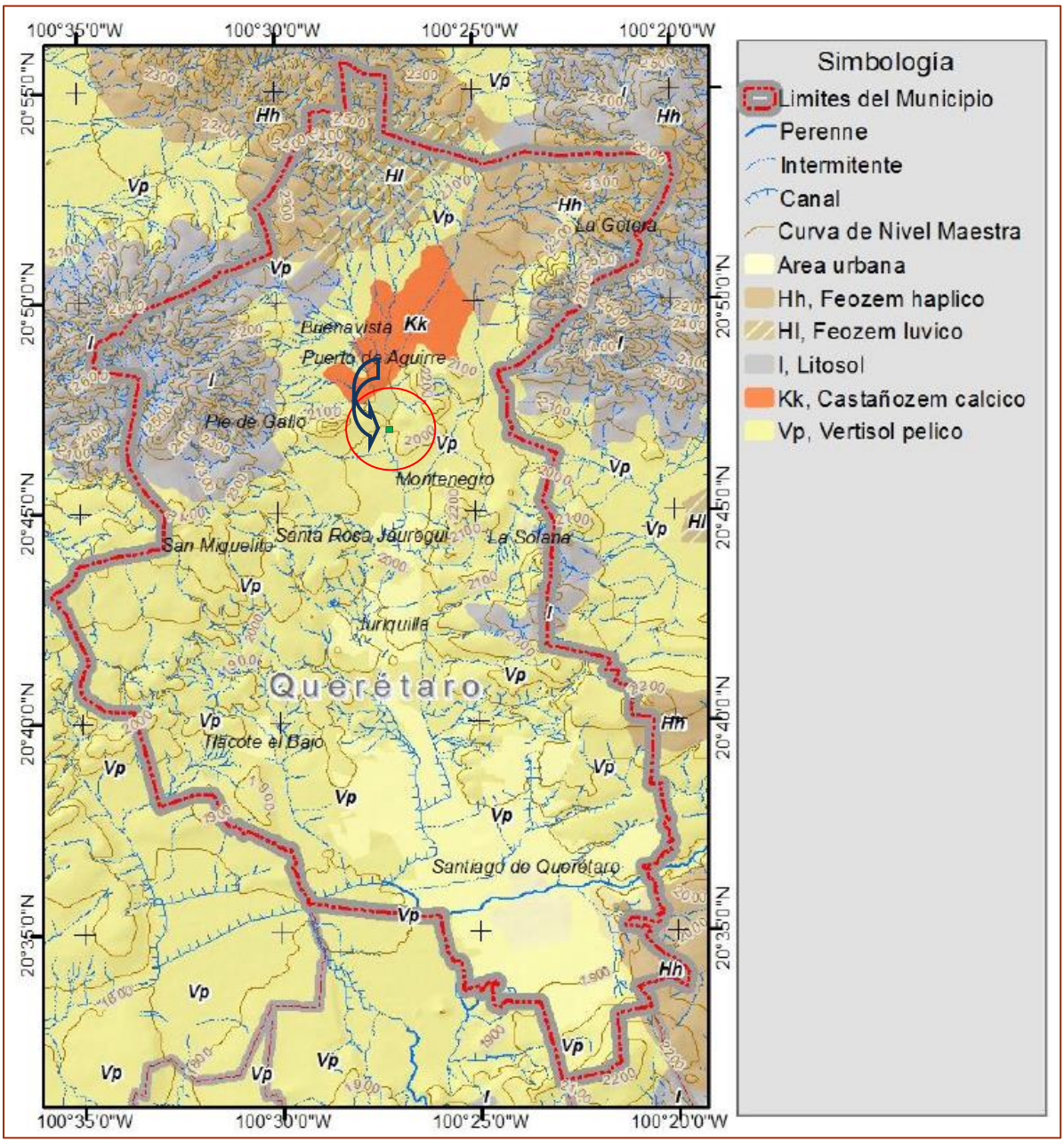


Figura 42 Mapa Edafológico del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Municipal de Riesgos, INEGI.

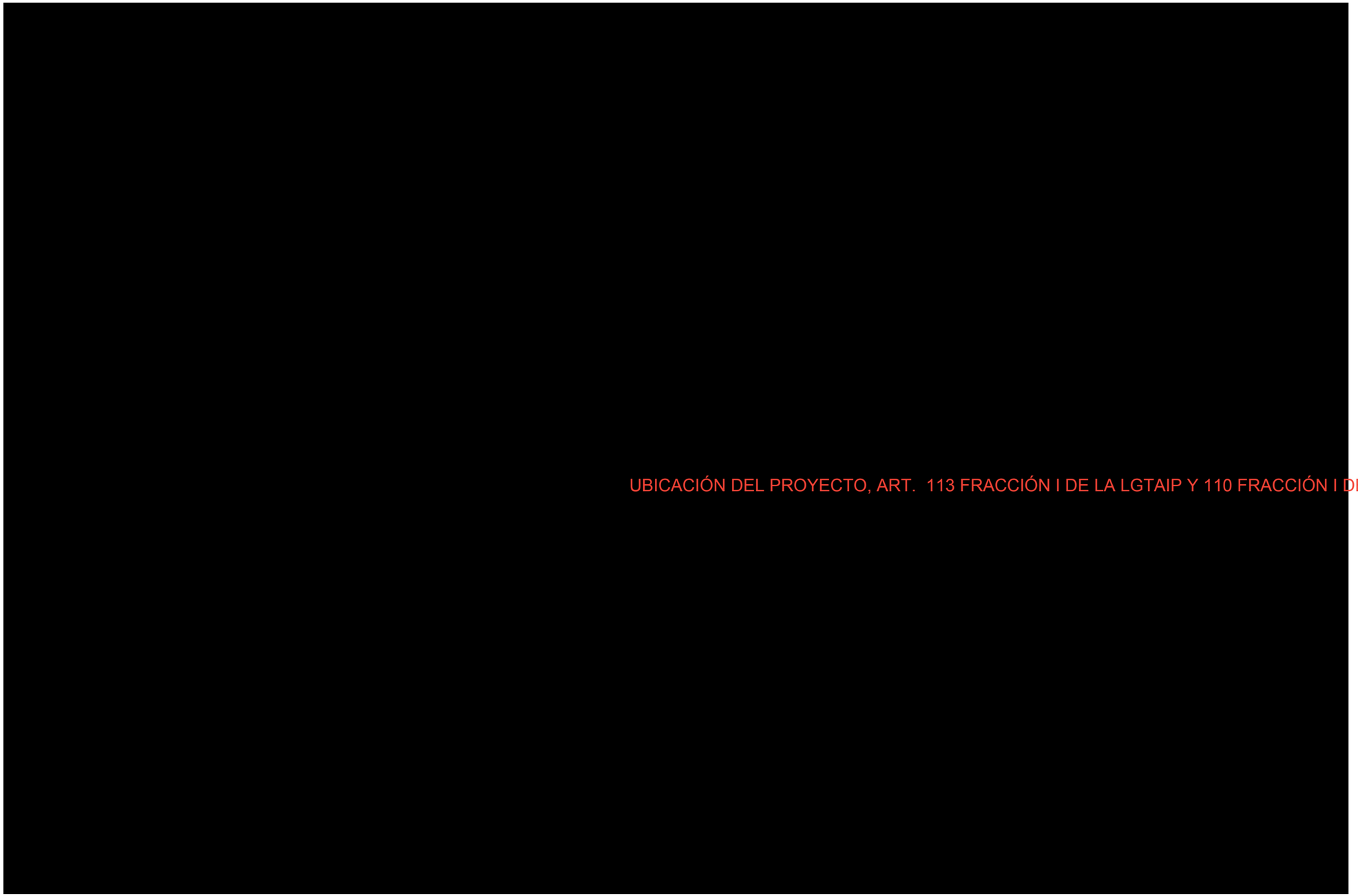


Figura 43 Acercamiento a la edafología del proyecto y el Sistema Ambiental Regional.

En el aspecto edafológico de la delegación Santa Rosa Jáuregui predominan los suelos de tipo vertisol pélico en casi el 50% de la superficie total de la delegación los cuales presentan limitaciones para el uso agrícola y pueden ser utilizados preferentemente en usos urbanos.

En el sitio de estudio se observa que el suelo dominante es el clasificado como *Vp, Vertisol pelico*.

Hidrología.

El municipio de Querétaro pertenece a la vertiente del Océano Pacífico, hacia donde drena en forma total su red hidrológica mediante la cuenca del río Lerma-Santiago.

Las principales corrientes perennes en el municipio se encuentran asociadas al Río Querétaro que se ubica en la parte central del área urbana de la cabecera municipal.

También se pueden encontrar aproximadamente 230 escurrimientos intermitentes. La mayor parte de estos se distribuyen en la parte central del municipio, con orientación norte-sur, exceptuando el Río Querétaro que tiene una orientación oriente-poniente.

Gracias a la naturaleza geológica del municipio (extensas mesetas y valles acumulativos) se presentan las condiciones ideales como porosidad y permeabilidad para la formación de acuíferos. Dentro del municipio se pueden encontrar 17 manantiales que se encuentran distribuidos en la zona central del municipio.

La hidrogeología subterránea se manifiesta mediante obras hidráulicas (pozos, norias, tajos) y afloramientos naturales (manantiales). La recarga del acuífero se da mediante dos componentes principales: la infiltración directa de lluvia en las rocas fracturadas expuestas en las partes altas de la sierra, la infiltración de los escurrimientos superficiales en los flancos montañosos.

La corriente principal del municipio es el río Querétaro, la cual proviene de La Cañada. El río recibe los escurrimientos temporales del Bolaños y del Pedro Mendoza; cruza la ciudad y acopia el caudal del arroyo Jurica; teniendo como afluente principal al río Pueblito, antes de abandonar el territorio queretano.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA) el municipio de Querétaro pertenece a la Región Hidráulica-Administrativa VIII Lerma Santiago-Pacífico.

La delegación Santa Rosa Jáuregui se localiza dentro de la Región hidrológica N. 12, Lerma Chapala en la subcuenca del río Querétaro, siendo la microcuenca de Santa

Catarina. Cuenta con 3 arroyos importantes y cinco presas (Santa Catarina, La Solana, El Cajón, Dolores y de Becerra).

Según el Prontuario de Información Geográfica Municipal, en el territorio se tiene la siguiente hidrografía:

Tabla 54. Hidrografía del municipio de Querétaro

Región hidrológica	Lerma – Santiago (100%)
Cuenca	R. Laja (100%)
Subcuenca	R. Apaseo (96.6%), R. Laja – Celaya (2.6%), P. Ignacio Allende (0.4%) y R. Laja – Peñuelitas (0.4%)
Corrientes de agua	Perenne: Querétaro Intermitentes
Cuerpos de agua	Perenne (0.2%): Santa Catarina y San Antonio Intermitentes (0.1%)

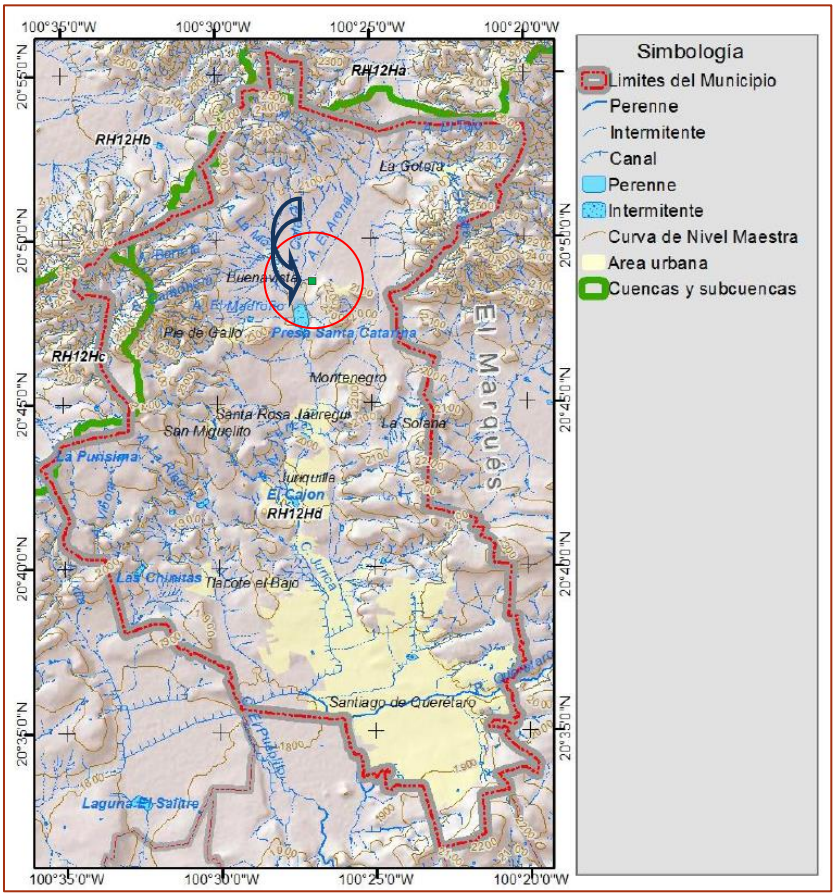


Figura 44 Mapa Hidrológico del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro (2015) con datos de INEGI.

Flora silvestre.

Los principales tipos de vegetación que se desarrollan en el Municipio son:

- Bosque tropical caducifolio.
- Matorral crasicaule,
- Pastizal
- Bosque de encino.

El tipo de vegetación más extendida en el Municipio es el bosque tropical caducifolio que tiene como especies representativas a *Calliandra eriophylla, Senna polyantha, Lysiloma microphylla y Forestiera phyllireoides*, aunque cabe decir que la mayoría de las zonas cubiertas por este tipo de vegetación en el territorio municipal presentan perturbación debido a cambios de uso de suelo, incendios o sobrepastoreo, adquiriendo una fisionomía parecida a la de un matorral espinoso, conocida también como matorral subtropical. Aquí las especies dominantes son *Jatropha dioica*, *Mimosa acauleticarpa*, *Dodonea viscosa*, *Zaluzania augusta, Karwinskia humboldtiana*; además de *Acacia Pennatula, A. farnesiana*, *Eysenhardtia polystachya* e *Ipomoea murucoides*.

En el Municipio se reportan 468 especies de flora fanerogama, que representan el 20.6 % del total reportado para el estado de Querétaro. Del total de especies, 39 son endémicas a México y 3 son microendémicas. En cuanto a las raras o en peligro de extinción, sólo 5 se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, pero hay 10 más que no se han vuelto a colectar en mucho tiempo y que probablemente ya desaparecieron de la zona.

En cuanto a los usos, hay 155 especies de usos múltiples (Martínez et al. 2008). Las gimnospermas son el grupo menos diverso, ya que solo se encuentra *Taxodium mucronatum*. De las angiospermas las familias con mayor número de especies son las Asteraceae (130 especies), Poaceae (85 especies), Fabaceae (64 especies), Cactaceae (38 especies), Solanaceae (34 especies), Euphorbiaceae (24 especies). En cuanto a los géneros con más especies, destacan Euphorbia (17), Solanum (14), Salvia (13), Physalis (11), Opuntia (11), Ipomoea y Cyperus (10 cada uno).

Riqueza en el área de estudio.

Para determinar la composición florística presente en el sitio y su área de influencia inmediata, durante la visita de campo se ejecutaron varias actividades:

- Se muestrearon 14 transectos dirigidos a los puntos con mayor porcentaje de vegetación dentro y alrededor del área de influencia.
- Se obtuvo la riqueza de especies, es decir, a las especies presentes en la comunidad o la diversidad propiamente dicha, que es variedad de especies presentes.
- Se identifican las especies de cada estrato (arbóreo, arbustivo y herbáceo) que paso sobre dichos transectos de 20 metros desde el centroide hacia cada punto cardinal.
- Los datos registrados fueron comparados con la base de daros de los herbarios digitales MexU, Trópicos y Naturalista.

El muestreo del predio de interés se presenta en la siguiente tabla.

Estrato arbóreo:

No.	Nombre científico	Familia	Nombre común
1	*Schinus molle*	Anacardiaceae	Pirul
2	*Prosopis laevigata*	Fabaceae	Mezquite
3	*Acacia schaffneri*	Fabaceae	Huizache chino
4	*Acacia farnesiana*	Fabaceae	Huizache
5	*Casuarina equisetifolia*	Casaruinaceae	Casuarina
6	*Ficus sp*	Ficus	Laurel de la india
7	*Eucalyptus camandulensis*	Myrtaceae	Eucalipto rojo
8	*Jacaranda mimosifolia*	Fabaceae	Jacaranda
9	*Cupressus sempervirens*	Cupresaceae	Ciprés italiano
10	*Fraxinus udhei*	Oleaceae	Fresno
11	*Buddleja cordata*	Scrophulariaceae	Tepozán
12	*Prunus doméstica*	Rocaceae	Ciruelo
13	*Phoenix dactylifera*	Arecaceae	Dátil
14	*Cupresus macrocarpa*	Cupresaceae	Cedro limón

No.	Nombre científico	Familia	Nombre común
15	*Acacia retinoides*	Fabaceae	Acacia Plateada
16	*Senna didymobotrya*	Fabaceae	Árbol mantequilla

Estrato arbustivo

No.	Nombre científico	Familia	Nombre común
1	*Forestiera angustifolia*	Oleaceae	Panalero
2	*Karwinskia humboldtiana*	Rhamnaceae	Tullidora
3	*Ipomoea arborescens*	Convolvulaceae	Palo blanco
4	*Mimosa sp*	Fabaceae	Mimosa
5	*Senecio cinerarioides*	Asteraceae	Jarilla
6	*Bougamvillia glabra*	Nyctaginaceae	Bugambilia
7	*Baccharis sp.*	Asteraceae	Romerillo

Estrato herbáceo

No.	Nombre científico	Familia	Nombre común
1	*Ipomoea purpurea*	Convolvulaceae	Campanita
2	*Zea mays*	Poaceae	Maíz
3	*Physalis ixocarpa*	Solanaceae	Tomatillo
4	*Lippia queretarensis*	Vervenaceae	Hierba de la hormiga
5	*Rhynchelytrum repens*	Poaceae	Pasto rosa
6	*Chloris virgata*	Poaceae	Barbas de indio
7	*Opuntia robusta*	Cactaceae	Nopal
8	*Zinnia peruviana*	Asteraceae	Zinnia
9	*Opuntia ficus-indica*	Cactaceae	Tunera

No.	Nombre científico	Familia	Nombre común
9	*Parthenium sp.*	Asteraceae	Falsa ahltamisa
10	*Sphaeralcea angustifolia*	Malvaceae	Hierba del negro
11	*Cylindropuntia imbrincata*	Cactaceae	Cardón
12	*Myrtillocactus geometryzans*	Cactaceae	Garambullo
13	*Jatropha dioica*	Euphorbiaceae	Sangre de drago
14	*Verbena sp.*	Verbenaceae	Alfombrilla

La ubicación de los puntos de muestreo se muestra en el siguiente gráfico:

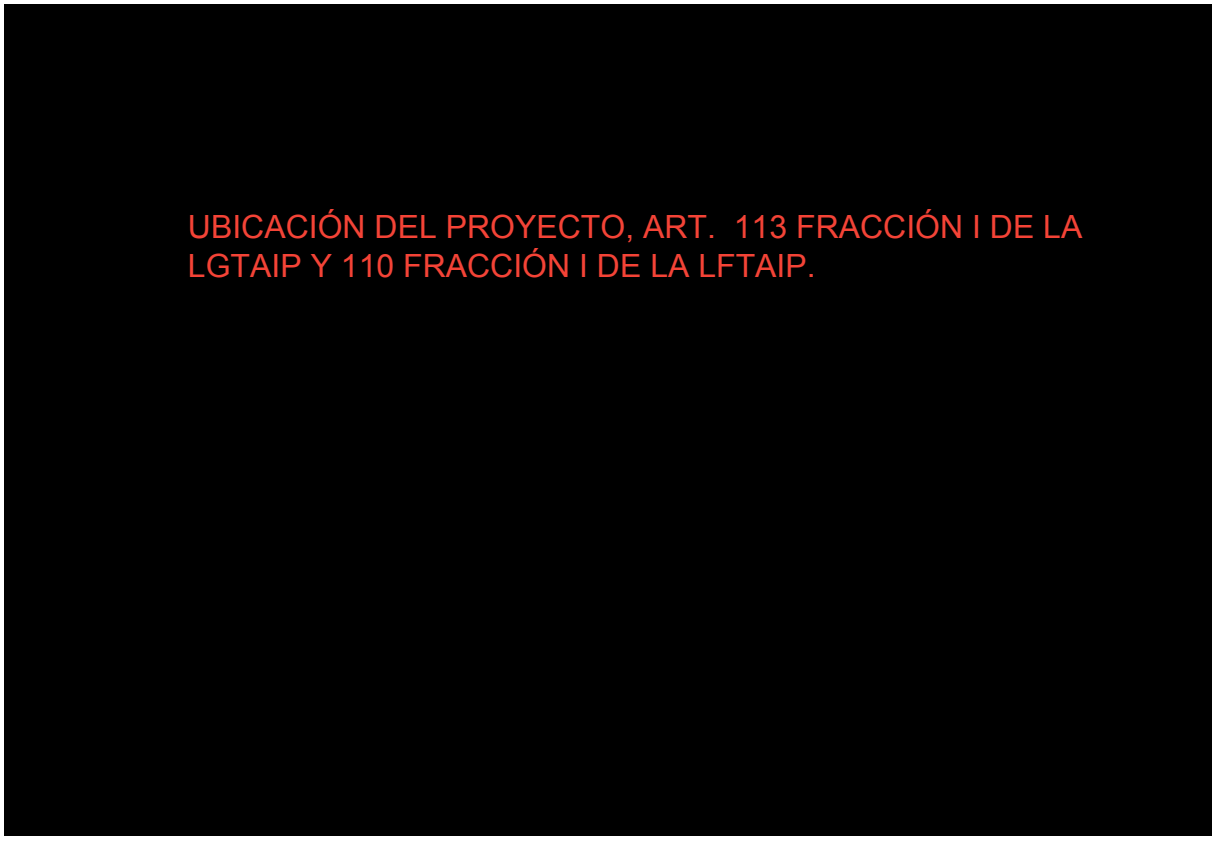


Figura 45 Puntos de muestreo.

Forma de crecimiento.

Las formas de crecimiento de las especies dominantes son aquellas que se observan a simple vista y están representadas por especies arbóreas entre los que se encuentran *Schinus molle* (Pirul) *Prosopis laevigata* (Mezquite) y Acacia schaffneri (Huizache chino) entre otras.

Distribución estacional.

Las especies presentes en el área de influencia inmediata presentan una distribución estacional que no es afectada para las formas arbóreas, sin embargo, en el caso de las herbáceas la estacionalidad es un factor fundamental en su distribución ya que se ven influenciadas por la presencia de lluvias para su desarrollo, aunado a lo anterior las prácticas de eliminación de los cultivos ya sea de manera manual o mediante el uso de herbicidas es un factor que limita su abundancia.

Potencial productivo del área.

Dentro de las subcuencas de aportación se puede destacar que se ha incrementado el área urbana, el contorno de la zona urbana de Querétaro, es mayor que la señalada en la clasificación de usos del suelo, en este sentido, el crecimiento de la mancha urbana le ha ganado terreno a las zonas naturales. La superficie forestal es el uso de suelo que ocupa el mayor porcentaje con respecto a los demás con un 62%, el uso agrícola con el 28%, el uso del suelo destinado a la producción o aprovechamiento de pastizales con el 7% y finalmente los asentamientos humanos y las zonas industriales con un poco más del 3%.

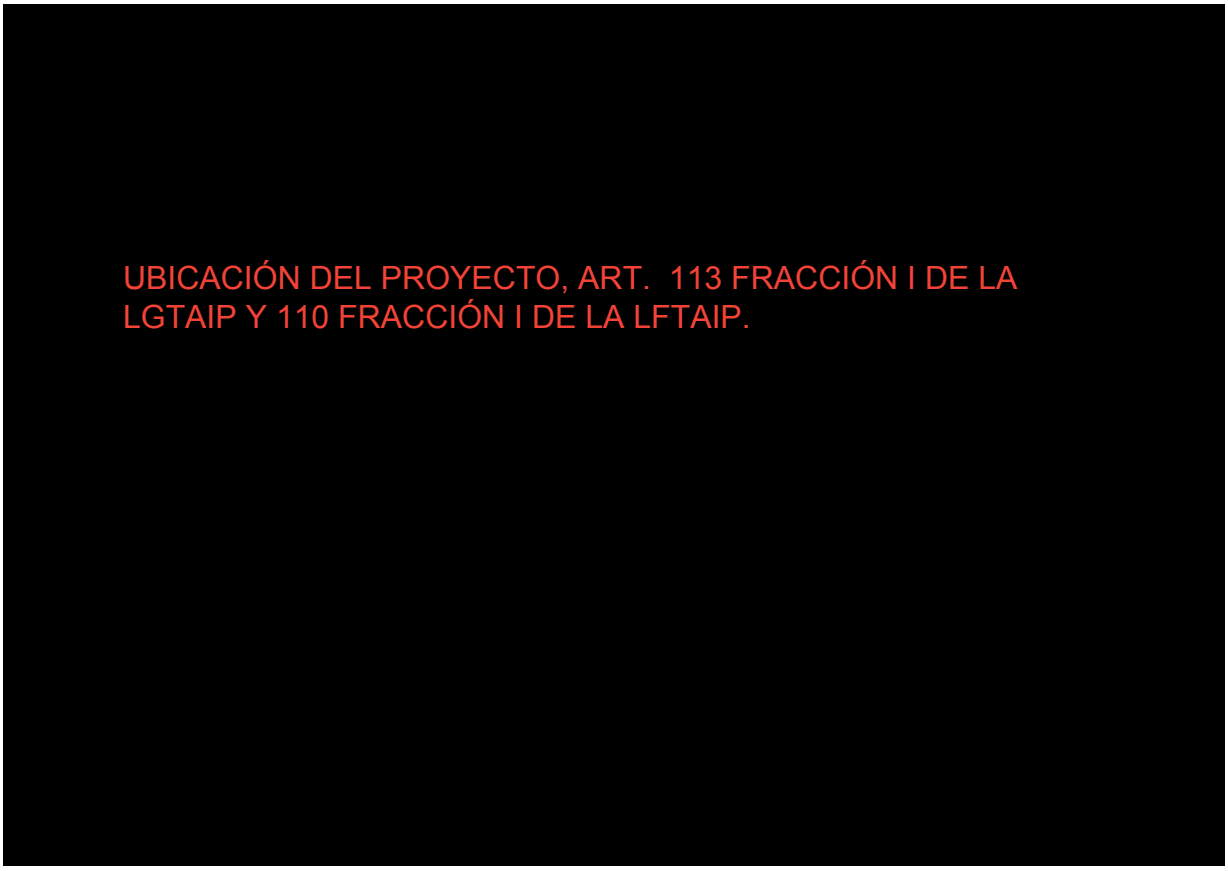


Figura 46 Distribución de uso de suelo y vegetación municipal

Especies endémicas y/o en peligro de extinción.

El listado florístico se comparó con la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010, en la cual se determinan las especies de flora y fauna silvestres nativas de México en riesgo, no encontrándose ninguna especie dentro alguna de las categorías especificadas en dicha normatividad.

Especies de valor cultural para etnias o grupos locales.

De acuerdo con la investigación realizada, no existen especies con valor cultural para etnias o grupos locales.

Fauna Silvestre

En el Municipio se tienen registradas 92 especies de insectos, 4 especies de peces, 16 especies de anfibios, 30 especies de reptiles, 99 especies de aves, y 64 especies de

mamíferos. En total, hay 305 especies de fauna registradas para el Municipio. Se encuentran 27 especies bajo alguno de los estatus ecológicos de conservación según la NOM-059-ECOL-2010. De estas los reptiles representan el 55.5 % con 15 especies.

El centro y sur del Municipio de Querétaro registran un alto número de mamíferos, precisamente en la región de la mancha urbana (Pineda et al, 2009). Algunas especies de mamíferos que podemos encontrar son: gato montés (*Lynx rufus*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), zorrillo (*Spilogale putorius*), ardillón (*Spermophilus variegatus*) y tlacuache (*Didelphis virginiana*).

Diversidad en área de estudio

Con la finalidad de conocer la fauna silvestre que habita en el área de influencia donde se pretende realizar el proyecto, se hizo una visita a campo el mes de agosto de 2021, en la cual se recorrió y muestreó el área de influencia del proyecto.

Para tener un mayor éxito en las observaciones realizadas, los recorridos se realizaron en tres horarios diferentes 06:00 a 09:00; 18:00 a 20:00 y 24:00 a 01:00 h lo anterior para poder tener un mayor éxito de registros, sobre todo evitando los horarios con mayor índice de insolación, que es cuando los organismos se refugian del calor y su visualización es más difícil de realizar.

Debido a las características que tiene la mayoría de las especies, se utilizaron cámaras fotográficas con un lente de 5.0 a 100.0 mm, que permites acercamientos de 20X ópticos, lo cual permite tener aproximaciones a los ejemplares con el menor nivel de perturbación.

Especies reportadas:

ESPECIE	NOMBRE COMÚN
MAMIFEROS	
Thomomys umbrinos	Tuza
Dasypus sp	Armadillo
Sylvilagus audubonii	Conejo
Lepus callotis	Liebre
Neotoma mexicana torquata	Rata
Didelphis virginiana	Tlacuache común

Reithrodontomys chrysopsis		Ratón	
AVES			
ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	STATUS
Coragyps atratus	Zopilote	CATHARTIDAE	
Zenaida macroura	Huilota	COLUMBIDAE	
Corvus corax	Cuervo	CORVIDAE	
Carpodacus mexicanus	Gorrión mexicano	EMBERIZIDAE	
ANFIBIOS			
Hyla sp.	Ranita	HYLIDAE	
Rana spectabilis	Rana leopardo	RANIDAE	
REPTILES			
Thamnophis spp.	Culebra de agua	COLUBRIDAE	
Crotalus transversus	Serpiente de cascabel	CROTALIDAE	P*

Especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010

El listado faunístico de la región se comparó con la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010, en la cual se determinan las especies de flora y fauna silvestres nativas de México en riesgo, encontrando que se han reportado 1 especie de reptiles bajo el régimen de Peligro de extinción (P*)

Tras los muestreos realizados en el sitio de estudio **No** se registraron en el predio en estudio especies de fauna silvestre.

Especies dominantes y abundancia relativa

Debido a que los estudios de dominancia y abundancia relativa requieren de metodologías de captura y recaptura en diferentes épocas del año, no se puede mencionar estos datos sin caer en supuestos, sin embargo, es prudente decir que las especies de comportamiento antropofílicos son las que abundan en la zona.

Zonas de reproducción.

No se pudo observar en el predio o en su área de influencia inmediata áreas consideradas como zonas de reproducción

Corredores (rutas migratorias)

No se pudo observar en el predio o en su área de influencia inmediata áreas consideradas como rutas migratorias.

Especies de interés cinegético y periodo de vedas.

No se pudo observar en el predio o en su área de influencia inmediata especies de interés cinegético

Especies de interés comercial.

No se pudo observar en el predio o en su área de influencia inmediata especies de interés comercial.

Especies de valor cultural para etnias o grupos locales.

No se pudo observar en el predio o en su área de influencia inmediata especies de valor cultural para etnias

Principales plagas reportadas y/o fauna nociva.

Solo se tienen consideradas como plagas las especies propias de áreas urbanas rata noruega (*Rattus norvergicus)* y ratón casero (*Mus musculus*).

5.3.2. Determinación de calamidades viables (Vulnerabilidad).

La identificación de los fenómenos destructivos que pueden afectar las instalaciones del proyecto, de acuerdo con la información disponible y con base al reconocimiento físico del lugar. Esta se realiza en función a:

A. Actividades en el entorno.
B. Ubicación geográfica.

El presente análisis determina la presencia de los Fenómenos Perturbadores (FP) que pudieran tener influencia en el ámbito de seguridad y operatividad sobre el área de estudio.

Con respecto a los agentes perturbadores, las amenazas de la zona se identifican mediante el análisis de probabilidades de ocurrencia de los fenómenos naturales y de la estimación de los riesgos de la actividad humana y operacional de los sistemas.

Agentes perturbadores Los agentes perturbadores de origen natural y humano, son fenómenos que pueden alterar el funcionamiento normal de los asentamientos humanos o sistemas afectables y producir en ellos un estado de desastre. Los primeros provienen de la naturaleza, generalmente de cambios en las condiciones ambientales, de los desplazamientos de las grandes placas que conforman el subsuelo o de la actividad volcánica.

Los de origen antrópico o humano son consecuencia de la interacción del hombre con su entorno a través del desarrollo de sus actividades.

Los agentes perturbadores, comúnmente llamados calamidades, se pueden clasificar como ***previsibles*** y ***no previsibles***.

Los ***previsibles***. - son aquellos que nos permiten tomar acciones de prevención; por ejemplo, contaminación, erosión, desertificación, incendios, explosiones, etc.

Los ***no previsibles***. -se presentan súbitamente, tales como: sismos, ciclones, nevadas, etc. Sin embargo, es posible estar preparados para reducir y mitigar sus efectos destructivos.

Existen dos conceptos básicos para el estudio de los desastres: sus mecanismos de generación y producción y los mecanismos de encadenamiento con otras calamidades.

Mecanismos generadores. **-** Son los mecanismos a través de los cuales se producen las calamidades y cuyas etapas son las siguientes.

Preparación. - Determina el conjunto de condiciones necesarias para la formación de la calamidad.

Iniciación. - Es la excitación del mecanismo.

Desarrollo. - Fase de crecimiento o intensidad del fenómeno.

Traslado. -Consiste en el transporte de los elementos o energía del fenómeno, del lugar de inicio al de impacto.

Producción de impactos. - Manifestación del fenómeno sobre el sistema afectable.

Encadenamiento Los mecanismos de encadenamiento son aquellos que como consecuencia de la presencia de una primera calamidad propician otra, llamada calamidad encadenada. Se han definido tres tipos de encadenamiento.

Corto. - Cuando un primer impacto da lugar directamente a otro (por ejemplo, de un sismo puede seguir un colapso de suelos.)

Largo. - Es una secuencia lineal de calamidades encadenadas (un sismo provoca ruptura de ductos eléctricos y de combustible; lo cual ocasiona un incendio.)

Integrado. - Es la agregación de impactos debido a efectos de una calamidad inicial, (interrupción del servicio de agua, afectar la salud de la población, interrumpe procesos productivos, daña sectores habitacionales, etc.)

Para su mejor estudio y control, el Sistema Nacional de Protección Civil elaboró un sistema de clasificación de fenómenos de acuerdo a su origen para simplificar su estudio; éste comprende cinco tipos de fenómenos, También se les denomina ***fenómenos perturbadores***.

Tabla 55. Definiciones y tipos de Agentes Perturbadores.

Riesgos Hidrometeorológico	**Sequías.** Se dice que se presenta cuando el agua de lluvias no es suficiente para satisfacer las necesidades de los ecosistemas y de los sistemas que planean para la supervivencia humana y sus múltiples actividades relacionadas con el agua de lluvia que presenta una sequía, puede ser leve, moderada, severa y extremadamente severa, así la sequía afecta solamente una parte del territorio nacional, se clasifica como regional; de abarcar todo o casi todo el país se denomina sequía generalizada.
	Inundaciones. Una inundación es el producto del flujo de una corriente que sobrepasa las condiciones normales alcanzando niveles extremos que no pueden ser contenidos por los cauces, esto da origen a que el agua invada zonas urbanas, tierras productivas y valles y sitios bajos.
	Tormentas eléctricas. Es la perturbación atmosférica violenta que va acompañada de descargas eléctricas entre dos nubes o entre una nube y la

	tierra; el eco que produce esta descarga se conoce como trueno; el rayo es la chispa eléctrica y el relámpago es el resplandor vivísimo e instantáneo que se produce en las nubes.
	Heladas. Las heladas son producidas por masas de aire polar con muy poco contenido de humedad; el aire alcanza temperaturas inferiores a los 0 grados centígrados; cuanto más baja es la temperatura, más intensa resulta la helada; éstas dejan sentir una secuela de efectos negativos como los daños. Particularmente importantes que provocan la pérdida total o parcial de las cosechas y en algunos casos la muerte de personas de escasos recursos que viven en la intemperie o bajo techos desprotegidos. En las zonas urbanas suelen provocar la rotura de tuberías de conducción de agua al congelarse ésta.
	Nevadas. A pesar de que la mayor parte de nuestro país se encuentra dentro de los trópicos también su mayor parte se encuentra sobre mesetas a altitudes mayores de 1,500 m, así mismo, ocurren cuando las condiciones de temperatura y presión atmosférica, referidas a la latitud de un lugar y el cambio de humedad en el ambiente, se conjugan para confrontar la precipitación de la nieve.
	Granizadas. Las granizadas de origen frontal pueden asociarse con los tres frentes típicos característicos: los de frente frío, de frente caliente y de frente ocluido. en México, generalmente se presentan solo con frentes fríos, que penetran por las regiones del noroeste, norte u noreste; sin embargo , meteorológicamente, las granizadas más importantes son las que pueden ocasionar calamidades; se producen en el verano cuando la actividad tormentosa se presenta más intensa generalmente entre los meses de mayo a septiembre, las granizadas que tienen como origen los factores ortográficos, son específicos de cada lugar y fundamentalmente de la influencia de los vientos dominantes hasta una altura de 3000 msnm, aproximadamente, el granizo está considerado desde la más remota antigüedad, como uno de los fenómenos más perjudiciales para la agricultura, tanto por el daño que sufre la planta como por el que produce en el suelo labrado.

	Ciclones Tropicales. A la época del año en que se producen estos fenómenos, se le llama temporada de ciclones tropicales; inicia el 15 de junio y termina el 15 de octubre.
	Temperaturas extremas e inversión térmica. Las temperaturas extremas, en verano, con la tendencia a estar seco, han llegado a alcanzar más de los 40º al medio día; en invierno, la temperatura llega a descender debajo de los 0º, debido en algunas ocasiones a la falta de viento u la orografía del lugar provoca que en los días de calor y frío la ciudad se vea cubierta de una densa capa de smog, debido principalmente a la inversión térmica. En los días de viento la cuidad se ve despejada en su totalidad.
Riesgos Químicos	**Explosiones.** Es una reacción química que se propaga con una velocidad superior a la del sonido superando en algunas ocasiones los 800 km/h. por lo general, las explosiones químicas se producen en instalaciones industriales o petroquímicas y sus efectos abarcan grandes porciones de territorio según la cantidad almacenada de productos químicos y sus derivados.
	Incendios forestales. Están considerados como agentes destructivos generadores de desastres, debido a su magnitud, su rapidez de devastación, su dificultad de controlarlo cuando se presente y el alto costo que se emplea en su control y extinción.
	Incendios urbanos Estos son consecuencia de actos inseguros que realizan el ser humano con el fuego o sin él; se necesita reunir tres elementos indispensables: el oxígeno, calor y combustible; algunas de las causas más conocidas que pueden provocar incendios son los cortos circuitos, fugas de gas LP y manejo inadecuado de sustancias químicas inflamables, entre otros.
	Derrames Químicos y Radiaciones. Se producen de diversas formas, ya que dependen del lugar en que se almacenan y del uso y manejo que se les dé a los productos químicos, los más frecuentes se presentan en plantas industriales, trasladados en camiones-pipas y los que se pueden ocasionar en los depósitos de furgones de ferrocarril; por otro lado, se consideran también como derrames químicos las fugas de estos productos.

	Envenenamientos Masivos. Este fenómeno se produce cuando una parte de la población consume artículos o productos en mal estado o con alguna sustancia tóxica, lo que provoca un envenenamiento tipo masivo. Por lo general, estos casos se dan al consumir alimentos o medicamentos en estado de descomposición.
Riesgos Socio-Organizativos	**Concentración masiva** se pueden realizar en lugares abiertos o cerrados y dependiendo de la capacidad del local y sus instalaciones, es la intensidad del daño que se puede generar y la problemática que se presenta para su control.
	Actos de sabotaje y terrorismo. Dado las condiciones socio-políticas del país, se dan con muy poca y rara frecuencia, pero cuando suceden se pone en riesgo a la población civil.
	Accidentes en el manejo de maquinaria y equipo. Las condiciones de operación de la máquina y equipo pueden causar accidentes en función de los riesgos potenciales que se encuentren.
	Interrupción o desperfecto en el suministro de servicios públicos y sistemas vitales. Estas calamidades se dan en muy raras ocasiones y son producidas por la falta de algún subsistema de servicios o de abasto. En general no ocurren desbasto de energía eléctrica, y en su ocurrencia no se requiere mucho tiempo para que sea restablecida; por ello no es un factor que pueda considerarse, que afecte directamente a las instalaciones del edificio; con excepción de que por algún accidente vial se tire el poste de energía eléctrica que suministra la subestación directamente.
	Accidentes aéreos, terrestres, marítimos o fluviales. En este tipo de situaciones, los operativos de rescate son prioritarios, ya que dependiendo de la naturaleza del accidente, existe la oportunidad de auxiliar a personas aún con vida durante el siniestro, así como disminuir los efectos del desastre cuándo este se presente en una zona urbana.

Riesgos Sanitarios	**Epidemias.** Es la explosión accidental y transitoria de una enfermedad infecciosa que ataca al mismo tiempo a un gran número de personas. Las epidemias que pueden darse en las instalaciones, básicamente pueden ser por contagios directos no significativos; así como, debe prestarse especial interés y atención en los filtros del aire acondicionado de las oficinas generales y limpiarlos con periodicidad, ya que existen evidencias de que algunos edificios se consideran enfermos por esta causa.
	Plagas. Es una calamidad que aflige a una comunidad y generalmente afecta al campo, sus estragos en la agricultura pueden llegar a ser de graves consecuencias. La ocurrencia de plagas podría perjudicar en algo las instalaciones de la empresa, debido a termitas o ratas u otra clase de insectos, ubicados en áreas donde exista comida y depósitos de basura o cartones y otros.
	Contaminación (lluvia ácida). Generalmente es producida por el hombre, ya que la mayoría de las veces éstas se dan debido a derrames, fugas y almacenamiento en lugares no propicios de desechos sólidos y líquidos modificaciones ambientales en aire, tierra y agua. Debido a los mismos contaminantes que se encuentran en el aire, la lluvia gana acidez, lo que afecta principalmente a los metales, provocando con más rapidez su oxidación.
Riesgos Geológicos	**Sismos y terremotos.** Los sismos se deben a los desacomodamientos de las placas de la corteza terrestre, pues esta, no está formada por una placa sólida, si no por una serie de segmento que se mueven unos con respecto a otros y que están juntos entre una placa y otra; en estos movimientos se provocan los temblores.
	Vulcanismo. Es el conjunto de fenómenos y procesos relacionados con la emisión de magma a través de los volcanes.
	Deslizamientos. Fenómenos de desplazamiento masivo de sólidos que se produce bruscamente cuesta abajo, a lo largo de una pendiente cuyo plano acumula de manera parcial el mismo material autolimitando su transporte.

	Este movimiento puede presentar velocidades variables, llegando a registrar aceleraciones de hasta 320 km/h
	Halar. Palabra indonesia con la cual se denomina a una especie de flujo de lodo formado por una mezcla de agua meteórica o cratérica y cenizas, que baja por las pendientes de un volcán arrastrando otras rocas, formando avalanchas de gran poder destructivo. Puede producirse no solo durante las erupciones volcánicas, sino también muchos meses después, debido a las lluvias y a la liberación de aguas del cráter.
	Maremoto. Son olas de gran tamaño y fuerza destructiva producidas por un sismo en el fondo del mar; ya sea por efecto de la actividad volcánica submarina o por derrumbes en el fondo marino: suelen alcanzar gran altura y penetrar varios kilómetros tierra adentro. El riesgo de un maremoto existe para los dos litorales de la república, aunque con mayor probabilidad en el del pacifico, sobre las costas de colima, Jalisco y Michoacán.
	Colapso de suelo. Es la falla o hundimiento en una zona ya sea por carga propia o extrema. Un colapso de suelo raras veces se presenta aislado, ya que va encadenado con el hundimiento regional, interrupción de servicios e inundaciones y que a su vez pueden causar epidemias y plagas.
	Hundimiento regional. Se presentan en los suelos blandos, en los que se producen pérdidas de volumen como consecuencia de la extracción de agua del subsuelo.

De origen geológico-geomorfológico.

Riesgos sísmicos.

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. Esto se realizó con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división, se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo.

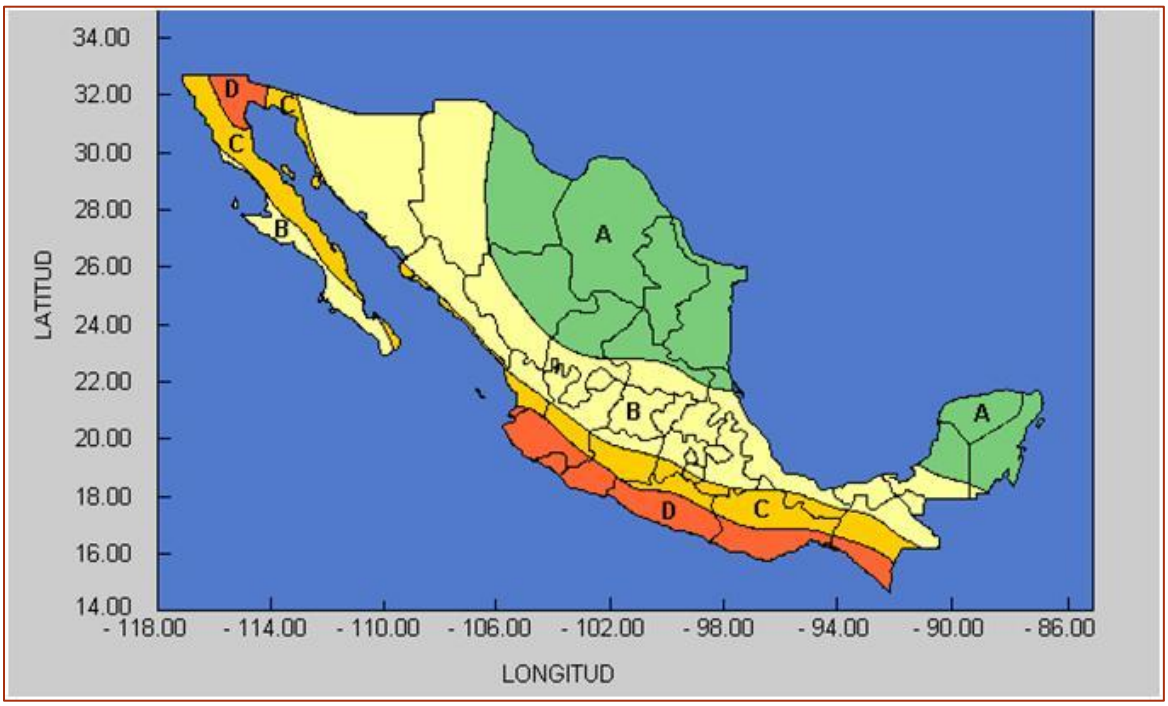


Figura 47 Regionalización sísmica de la República Mexicana

Estas zonas son un reflejo de que tan frecuentes son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. La zona A es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las otras dos zonas (B y C) son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

En algunos Estados de la República Mexicana asociados a zonas sismo génicas de gran actividad, tales como Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca y Chiapas, los sismos son la causa del mayor número de fallas y daños en las estructuras arquitectónicas.

En otras regiones, entre ellas la parte sur del Estado de Guanajuato, la ocurrencia de sismos es mucho menos frecuente o bien llegan a someterse a la influencia de sismos grandes ocurridos a distancias considerables.

La principal fuente generadora de sismos de gran magnitud (Mag 7) en la República Mexicana es la ampliamente conocida zona de subducción, la cual corre a lo largo de la costa occidental, desde Jalisco hasta Chiapas, continuando hasta América Central.

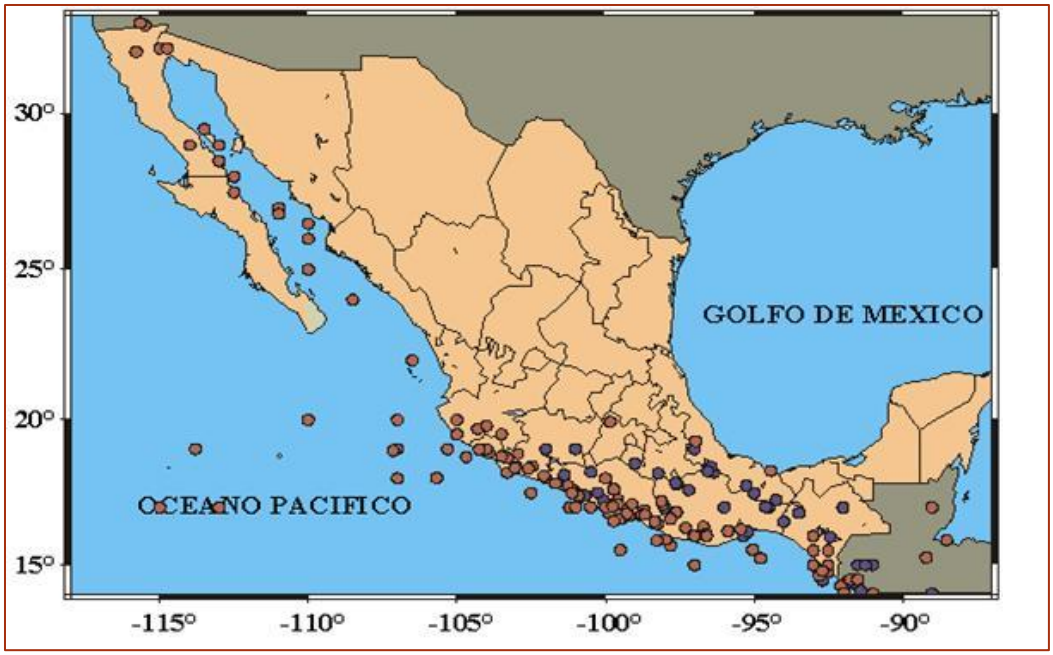


Figura 48 Regiones de la República Mexicana susceptibles a sismos y Terremotos.

La zona sísmica a que corresponde Querétaro es de escaso peligro, comparativamente con la CDMX. Querétaro tiene un subsuelo generalmente firme, asimismo, el historial sísmico de la ciudad no reporta afectaciones en sus edificaciones.

El primer temblor que se sintió en Querétaro ocurrió el 26 de noviembre de 1887 a las 5:08 am, no se tienen datos de la magnitud ni de daño alguno. Hasta ahora, la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) no ha registrado daños significativos a cusa de temblores.

El sismo que aconteció el 19 de septiembre de 2017, con epicentro en Morelos tuvo una magnitud de 7.1 (escala Richter). En la ZMQ se pudo sentir el sismo en edificios altos, sin embargo, no se reportaron daños (Sismos en México y en Querétaro, 2017).

Querétaro está catalogado como zona sismológica B, de intensidad moderada, en donde es muy poco probable que se suscite un terremoto, a pesar de que existen cerca de 12 fallas geológicas que tampoco se consideran de alto riesgo (el acomodo anual entre ellas es de apenas algunos milímetros).

Para la zona en estudio, de acuerdo a información proporcionada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), se registra que el predio de interés se ubica en una zona de **sismicidad media (Zona B – Media, Regionalización sísmica. CFE, 2015)**.

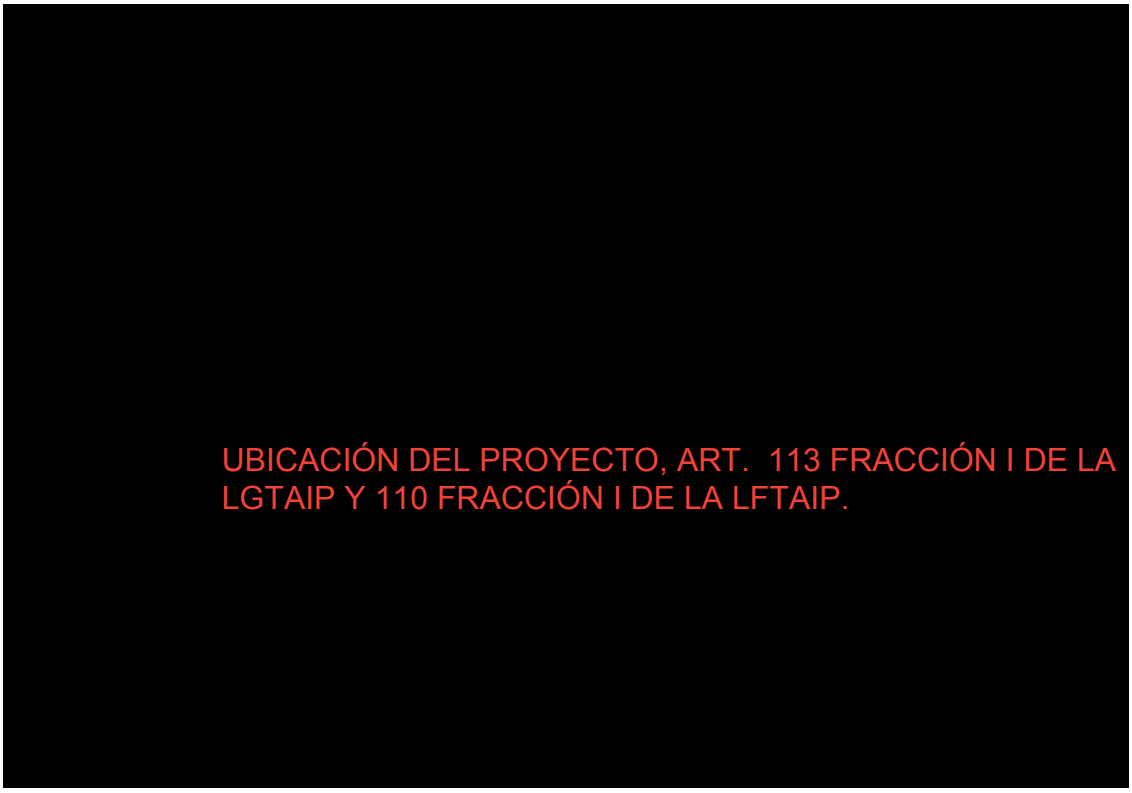


Figura 49 Ubicación del predio respecto a la Regionalización sísmica (CFE, 2015).

(Atlas Nacional de Riesgos 2019)

Riesgos por actividad volcánica.

Los volcanes son aberturas de la tierra generalmente en forma de montaña, algunos se forman por la acumulación de materiales emitidos por varias erupciones a lo largo del tiempo geológico llamados poli genéticos o volcanes centrales, otro tipo de volcanes que nacen, desarrollan una erupción que puede durar varios años y se extinguen sin volver a tener actividad, en lugar de ocurrir otra erupción en ese volcán puede nacer otro volcán similar en la misma región; a este tipo de volcán se le llama volcán mono genético y es muy abundante en México.

Los volcanes activos se distribuyen por diferentes regiones, particularmente en una faja central que se extiende desde Nayarit hasta Veracruz. La actividad volcánica puede tener

efectos destructivos, pero también benéficos. Las tierras de origen volcánico son fértiles por lo general altas, de buen clima, y ello explica el crecimiento de los centros de población en esos sitios. Los habitantes de esas regiones deben adquirir entonces una percepción clara de los beneficios y riesgos que conlleva vivir allí.

El peligro volcánico puede representarse de varias formas, la más utilizada es el mapa donde se presentan los alcances más probables de las diferentes manifestaciones volcánicas y el riesgo combina el peligro con la distribución y vulnerabilidad de la población y de la infraestructura de producción y comunicaciones alrededor del volcán.

El Municipio de Querétaro se encuentra en el campo volcánico del Cinturón Volcánico Transmexicano, por lo que el territorio municipal es susceptible a la aparición de nuevos volcanes, o a la erupción de los volcanes activos cercanos. El municipio mantiene una relativa cercanía con la mayor concentración de volcanes activos de México. La localización de los volcanes activos más cercanos al municipio se observa a continuación

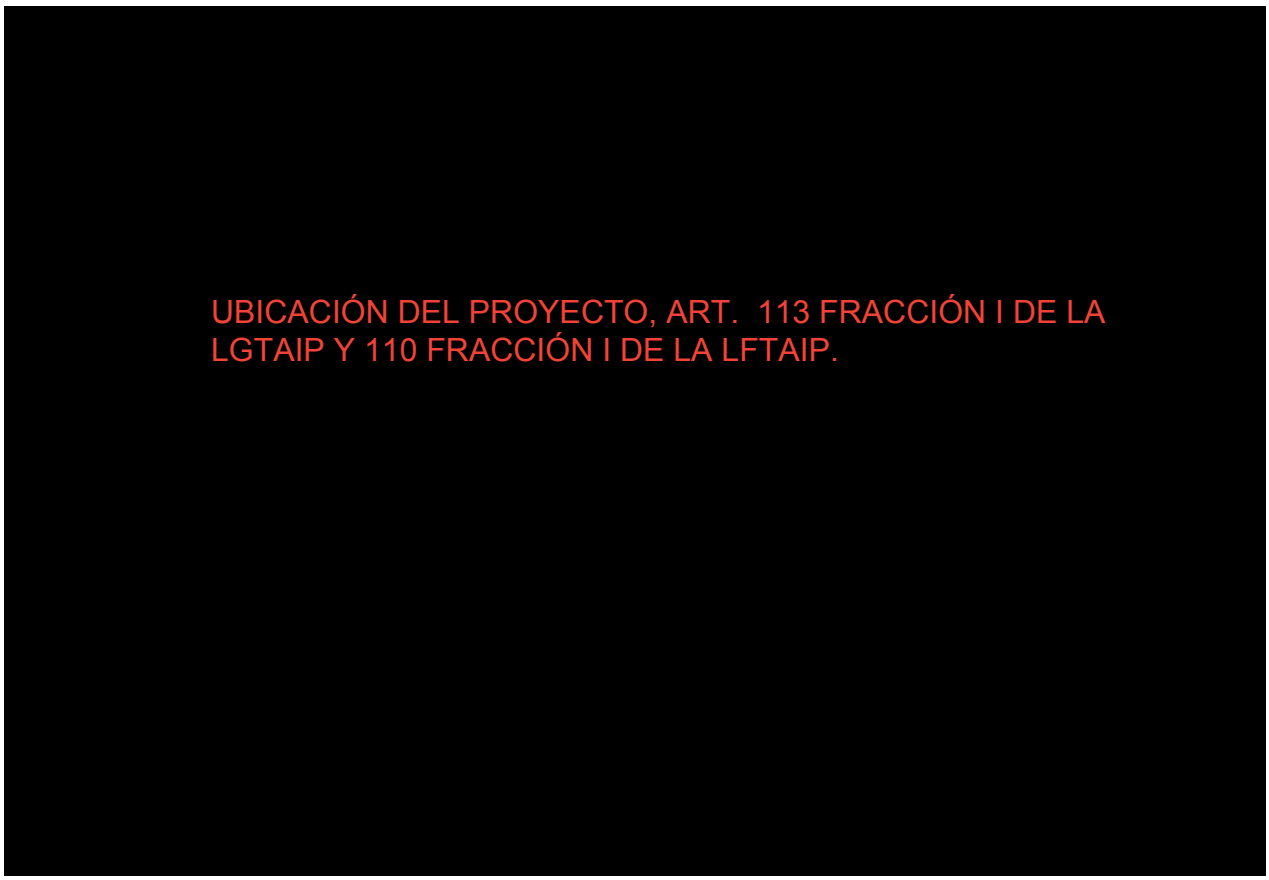


Figura 50 Ubicación de los aparatos volcánicos respecto al municipio y al sitio del proyecto.

El municipio se encuentra localizado a una distancia de 90 kilómetros del campo volcánico Los Azufres el cual está clasificado por el CENAPRED dentro de una categoría 4 donde se considera de peligro latente a los volcanes que hayan producido erupciones con un Índice de Explosividad Volcánica mayor a 4 con un tiempo medio de recurrencia mayor a 10,000 años, o que hayan producido al menos una erupción con un Índice de Explosividad Volcánica mayor a 4 en los últimos 100,000 años.

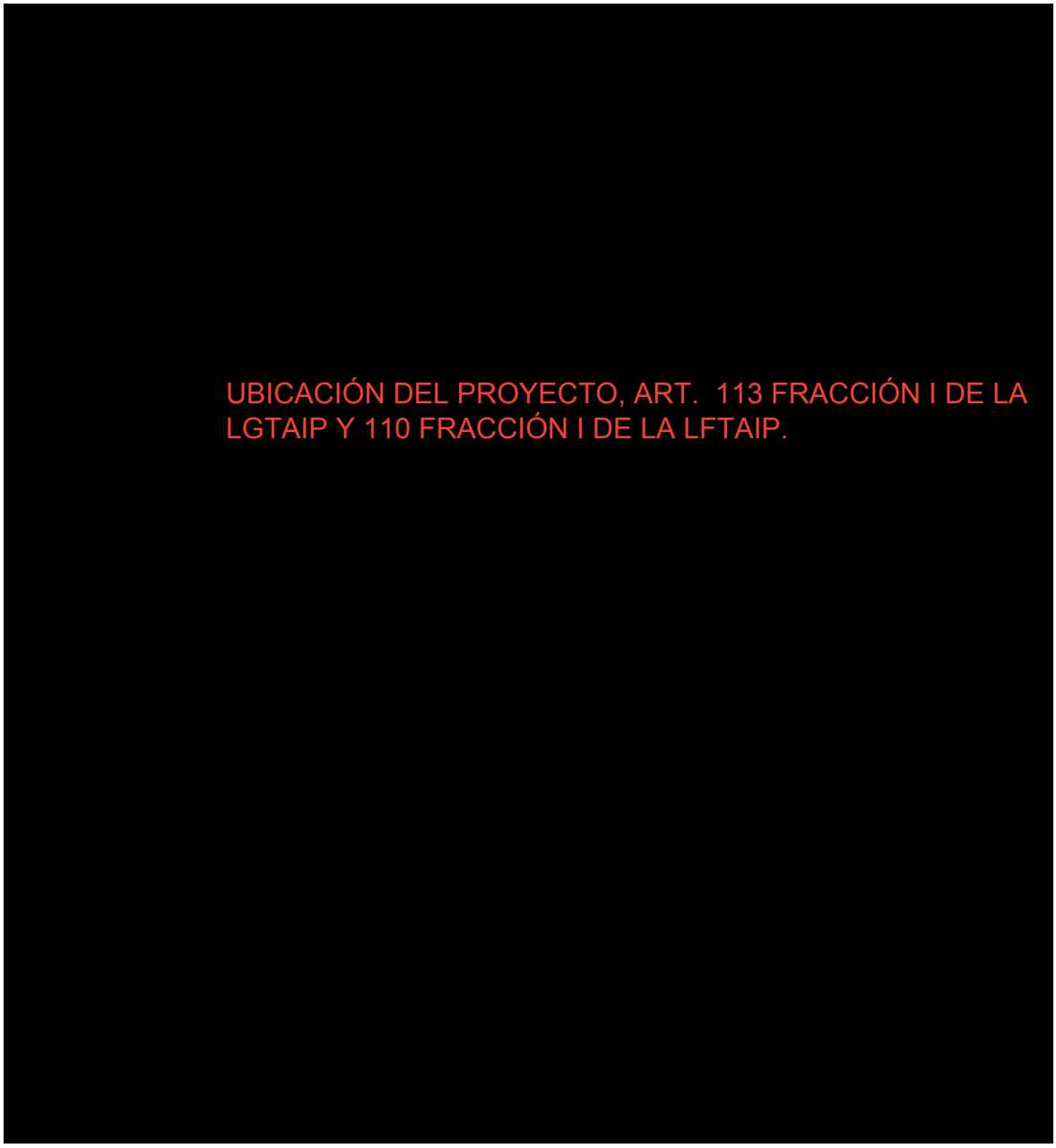


Figura 51 Peligro por Caída de Ceniza Volcánica, proveniente del Volcán activo Los Azufres.

En la zona del Municipio de Querétaro no se tiene la presencia de aparatos volcánicos activos. Entre sus elevaciones destacan el Cerro El Buey, Cerro Pájaro Azul, Cerro La Media Luna, Cerro El Nabo y Cerro El Cimatario, estos aparatos volcánicos son considerados "inactivos"; hacia la parte occidental una parte del municipio se localiza en el campo volcánico Michoacán-Guanajuato.

El Atlas Municipal de Riesgos presenta la siguiente imagen donde se clasifica el peligro por caída de ceniza volcánica en el municipio a partir de datos de la CENAPRED.

De acuerdo con la información proporcionada por el Atlas Municipal de Riesgos del Municipio de Querétaro, el sitio de estudio presenta un peligro ***Muy Bajo*** por caída de ceniza volcánica y en la parte sur de la zona de estudio se presenta un peligro *Bajo*. En el municipio y estado de Querétaro no se encuentra ningún volcán de peligrosidad, en ninguna de sus categorías.

Riesgos por deslizamientos o derrumbes.

Las rocas expuestas en la superficie terrestre están sujetas al intemperismo el cual actúa para establecer un equilibrio entre el material rocoso y su medio. Otros factores actúan para mover los productos del intemperismo, e incluso a las rocas inalteradas hacia niveles más bajos. A los movimientos de las rocas y del material sin consolidar, en respuesta a la atracción gravitacional se les llama movimientos de masa (Leet Don L. y Sheldon Judson, 1984).

Estos movimientos del material de la superficie causados por la gravedad algunas veces tienen lugar repentinamente en forma de grandes deslizamientos de tierra y de desprendimiento de rocas de los acantilados, pero frecuentemente se desarrollan casi imperceptiblemente, como el deslizamiento paulatino del suelo en terrenos de pendiente suave.

Los movimientos a corto y mediano plazo de la roca y el suelo a lo largo de laderas, así como el colapso vertical de los mismos, se conocen comúnmente, como ***deslizamientos de tierra*** o ***deslizamientos del terreno***, en esta categoría están incluidos los deslizamientos de roca, deslizamientos de escombros, flujos de lodo, flujos de tierra, desprendimientos de rocas y suelo y hundimientos.

Las topoformas en el municipio de Querétaro corresponden a: Lomerío de basalto con llanuras (84.8%), Llanura aluvial (12.9%) y Sierra volcánica de laderas tendidas con lomerío (2.3%). La zona urbana se encuentra asentada entre las zonas de lomeríos y llanuras, al norte del municipio.

Aunque no se tienen problemas de deslave, si los hay de deslizamiento en zonas rocosas. Los asentamientos irregulares que se ubican en lomeríos, sin infraestructura hidráulica en general, enfrentan situaciones de riesgo, por posibles deslizamientos. Se han detectado puntos que podrían ser propensos a derrumbes como en el Cerro Gordo en la colonia Emiliano Zapata, donde actualmente viven cerca de 500 personas; la zona conocida como las curvas de El Batán, y el libramiento sur poniente, frente a Colinas del Bosque II sección.

Respecto a fallas, como ya se mencionó, existen cerca de 12 fallas geológicas en el territorio municipal.

De esta manera, el RIESGO POR DESLIZAMIENTOS ES **BAJO** en el Municipio de Querétaro, debido a la carencia de población expuesta. En el caso de Santa Rosa Jáuregui, el Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro determina un grado Medio de vulnerabilidad para esta delegación, sin embargo, la zonificación a detalle del CENAPRED donde se encontró población vulnerable y expuesta a este fenómeno determina que el sitio de estudio presenta un grado de vulnerabilidad ***MUY BAJO*** a los deslizamientos, pero en la zona de estudio se ubican zonas al sur que presentan grados medios y altos de vulnerabilidad.



Figura 52 Vulnerabilidad por deslizamientos, Santa Rosa Jáuregui se localiza en una zona de Media vulnerabilidad. Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro 2015.

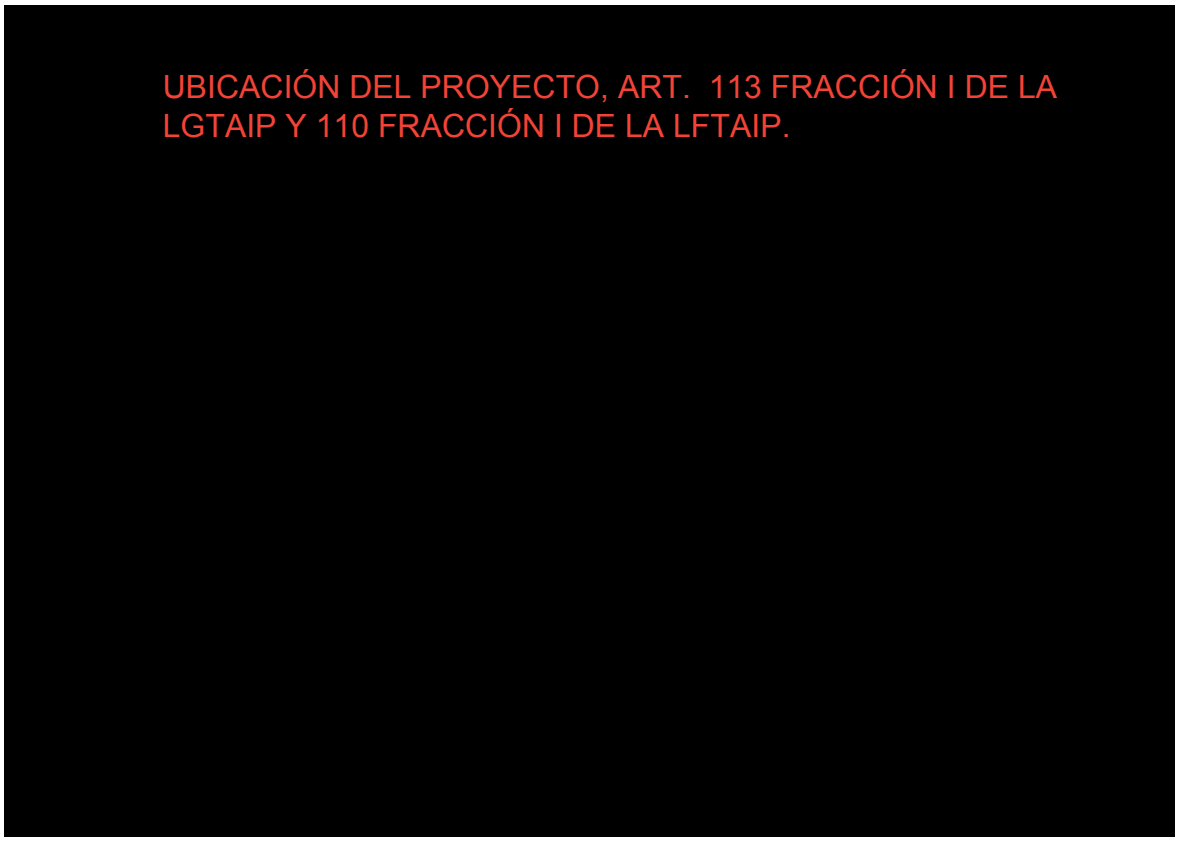


Figura 53 Susceptibilidad de inestabilidad de laderas, zonificación a detalle, el predio se localiza en una zona de Muy Baja susceptibilidad. CENAPRED, 2019.

Riesgos por Hundimiento regional y agrietamiento del terreno.

El hundimiento regional se manifiesta por el descenso de la superficie del terreno en una determinada área o región. En México y en varios países del mundo el fenómeno está directamente relacionado con la extracción de agua subterránea.

Se presenta principalmente en valles formados en cuencas que fueron rellenadas (generalmente en un proceso de miles o millones de años) con depósitos de suelos lacustres, aluviales, aluvio-lacustres y fluviales; constituidos por partículas finas de suelo como arcillas y limos o mezclas de suelos finos con arenas y gravas. También se presenta en áreas con rellenos no compactados, áreas con depósitos de arenas sueltas no confinadas y en zonas pantanosas con alto contenido de materia orgánica.

Por su parte, el agrietamiento del terreno es la manifestación superficial, y en ocasiones a profundidad, de una serie esfuerzos de tensión y distorsiones que se generan en el subsuelo debido a las fuerzas y deformaciones inducidas por el hundimiento regional,

la desecación de los suelos, los deslizamientos de laderas, la aplicación de sobrecargas, la ocurrencia de sismos, la presencia de fallas geológicas, la licuación de suelos, la generación de flujos subterráneos, las excavaciones subterráneas, entre otros. Se trata de un fenómeno que difícilmente podría ocurrir de manera espontánea, por lo que su origen siempre está ligado a otro fenómeno que lo detona.

El hundimiento y el agrietamiento del terreno son fenómenos difíciles de predecir debido a que su determinación requiere del conocimiento preciso de las propiedades mecánicas de resistencia y deformación del subsuelo, de su distribución estratigráfica, del conocimiento de las variaciones o anomalías subterráneas, de la determinación de la forma y distribución del basamento, del conocimiento del nivel freático y de su variación con el tiempo y de la determinación de las propiedades hidráulicas del terreno, entre otras.

El valle de Querétaro se ubica en la intersección de dos sistemas de fallas regionales, cada uno con varias centenas de kilómetros de largo. Uno tiene una orientación norte-noroeste (NNW) y es conocido como Sistema de Fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA) (Demant, 1978); el otro tiene una orientación este-noreste (ENE) y se le conoce como Sistema de Fallas Chapala-Tula (SFCHT) (Johnson y Harrison, 1990). Ambos sistemas se interceptan en una amplia franja que abarca al menos desde Huimilpan, Querétaro, hasta Santa Rosa Jáuregui, y desde Apaseo El Alto, Guanajuato, hasta Amazcala. Esta intersección de sistemas produjo un arreglo ortogonal de fallas normales.

En Querétaro existen cerca de 12 fallas geológicas que no se consideran de alto riesgo (el acomodo anual entre ellas es de apenas algunos milímetros).

En el Municipio de Querétaro se observaron agrietamientos y sus procesos de hundimientos asociados que afectarían edificaciones, viviendas o infraestructura, aunque abarcan zonas relativamente pequeñas de la zona urbana, su alcance es mayúsculo en términos de población afectada y afectación económica al equipamiento urbano. De esta manera, el RIESGO POR HUNDIMIENTOS O AGRIETAMIENTO ES ALTO en el Municipio a pesar de que la población expuesta es relativamente poca.

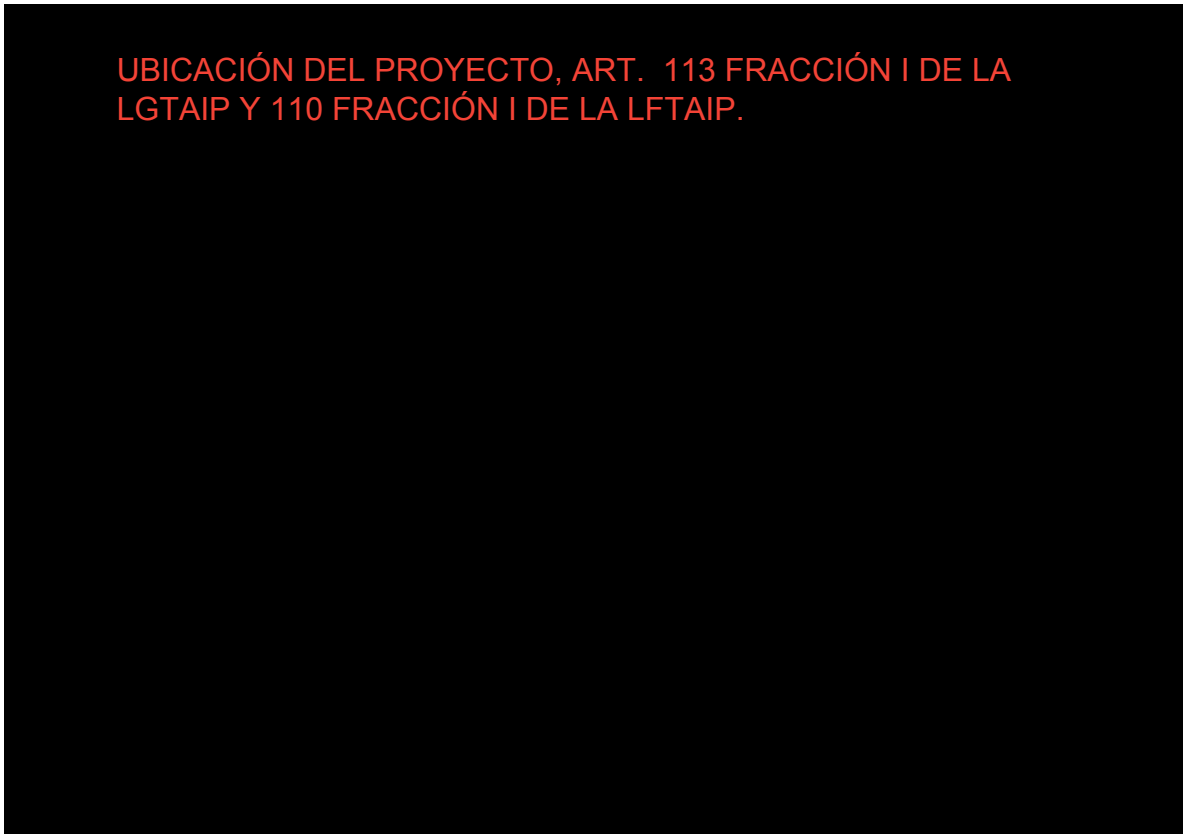


Figura 54 El municipio de Querétaro es uno de los municipios que han presentado hundimientos y agrietamientos, en la imagen se indica la ubicación del predio. CENAPRED, 2019.

Sin embargo, en una zonificación a detalle, se observa que el predio se ubica en una zona de riesgo muy bajo por agrietamientos, tal como muestra la siguiente figura.

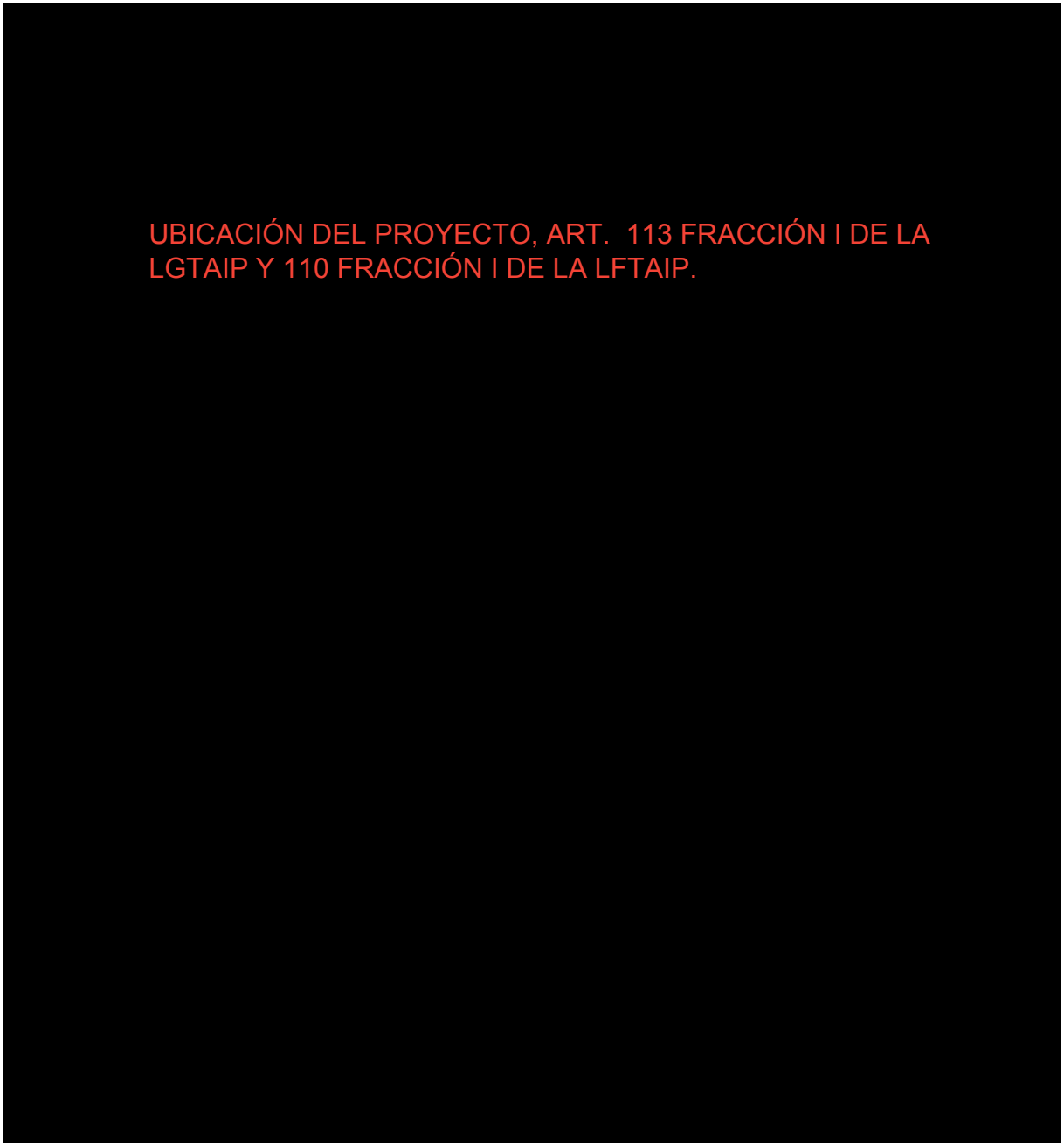


Figura 55 Riesgo por agrietamiento del suelo en el municipio.

De acuerdo con el Atlas de Riesgos del Municipio, el sitio del proyecto presenta un grado **MUY BAJO** de riesgo por agrietamientos. Adicionalmente el Atlas Nacional de Riesgos de la CENAPRED, indica que el municipio de Querétaro ha presentado hundimientos o agrietamientos históricamente.

Riesgos por Fallas y Fracturas.

Hacia la parte sureste del Municipio de Querétaro se han registrado la presencia de una serie de fracturas sobre el terreno las cuales tienen relación directa con un control estructural del sistema de fallas que cruza en gran parte del Municipio. Este fenómeno se desarrolla debido a que en determinadas zonas existe una heterogeneidad de materiales que conforman el subsuelo tanto volcánico como lacustre y que al estar asociados a factores como extracción de agua, cargas estáticas y dinámicas se puede desarrollar subsidencia del terreno (hundimiento) en una primera etapa, para posteriormente desarrollarse fracturamiento y/o fallamiento del subsuelo.

En el territorio municipal, se muestra una deformación del subsuelo asociada al desarrollo de fracturas / fallas y/o hundimiento del terreno, en su etapa inicial. Estos fenómenos se desarrollarán con mayor intensidad al paso del tiempo, generando mecanismos de fracturamiento particulares, así como hundimiento diferenciales originados por el contraste mecánico de los materiales geológicos del subsuelo. Esto puede provocar afectación de la gran parte de la infraestructura y equipamiento urbano, por lo que se debe realizar el monitoreo constante de las redes hidráulicas para descartar daños sobre las tuberías debido a que parte del agua se podría infiltrar sobre el terreno provocando socavamientos de diversas magnitudes.

Las geometrías de las fracturas estarán controladas por la presencia de un sistema de fallas activo y/o asociado a morfologías de relieves volcánicos y/o sedimentarios. El sitio de estudio se encuentra en la parte norte del municipio, donde se observa lo siguiente según el Atlas Municipal de Riesgos:

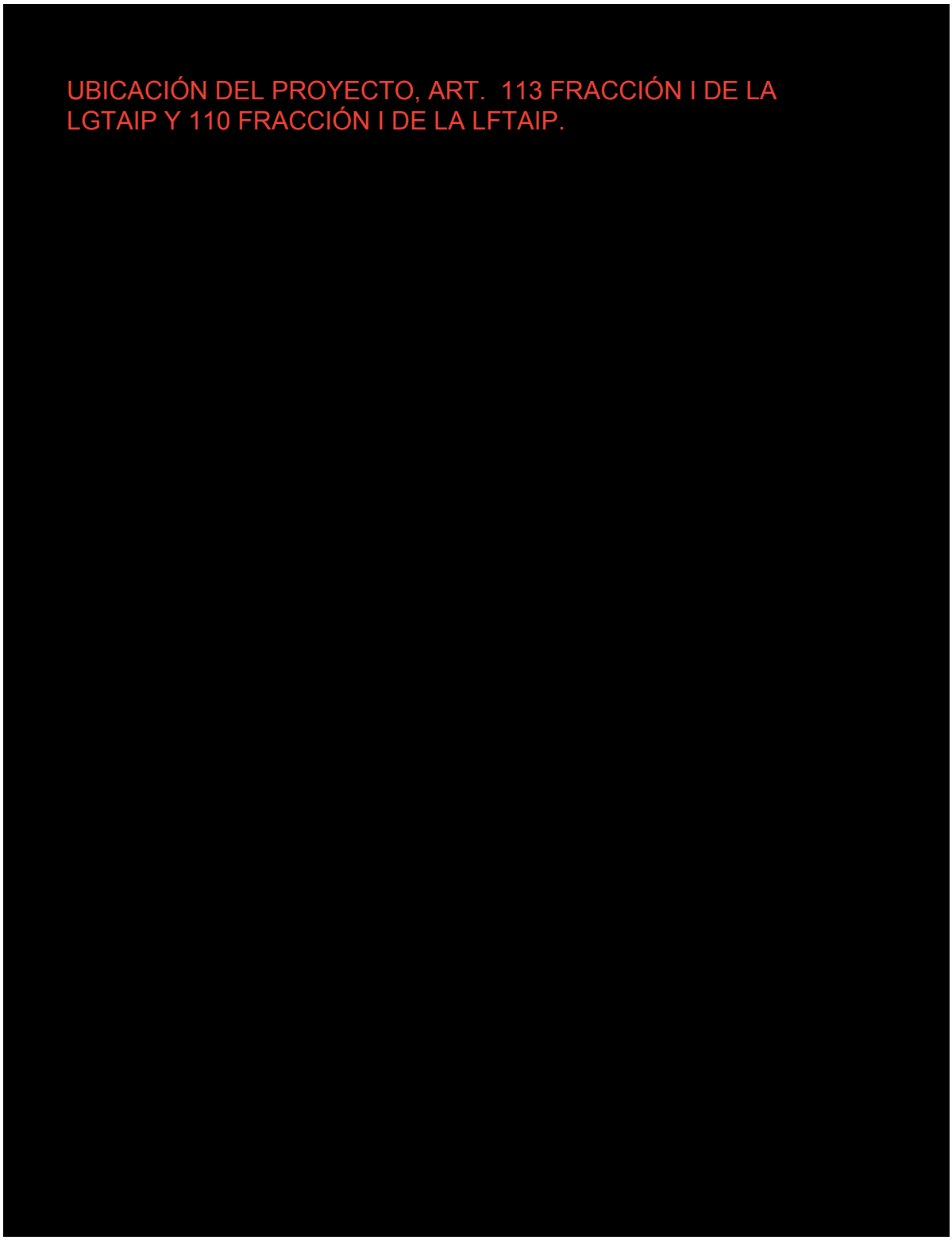


Figura 56 Localización y ubicación de los sistemas de fracturamiento-fallamiento dentro del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro 2015.

Dentro de la zona de estudio, **NO** se observan fallas ni fracturas. En el territorio municipal existen estos fenómenos, pero se encuentran a suficiente distancia, lo cual evita que puedan afectar al sitio en estudio.

De origen Hidrometeorológico.

Tormentas Eléctricas.

Son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Tienen una naturaleza local y se presentan en espacios de decenas de kilómetros cuadrados.

Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantar a éste, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente en grupos o en líneas. La duración de las tormentas eléctricas es sólo de una o dos horas, sin embargo, pueden causar daños materiales, causar lesiones graves e, incluso, la muerte.

De acuerdo con el Atlas Nacional de México elaborado por la UNAM, en el municipio de Querétaro se pueden presentar de 20 a 29 días con tormentas eléctricas al año. Es necesario señalar que no todos los rayos producidos en estas llegan a tierra, por lo que no necesariamente pueden representar algún peligro para la población; además, esta cifra se distribuye a lo largo del territorio municipal, por lo que existirán zonas donde el número de tormentas será menor que en otras.

De acuerdo con información del CENAPRED, el municipio de Querétaro tiene un índice de peligro por tormentas eléctricas ALTO.

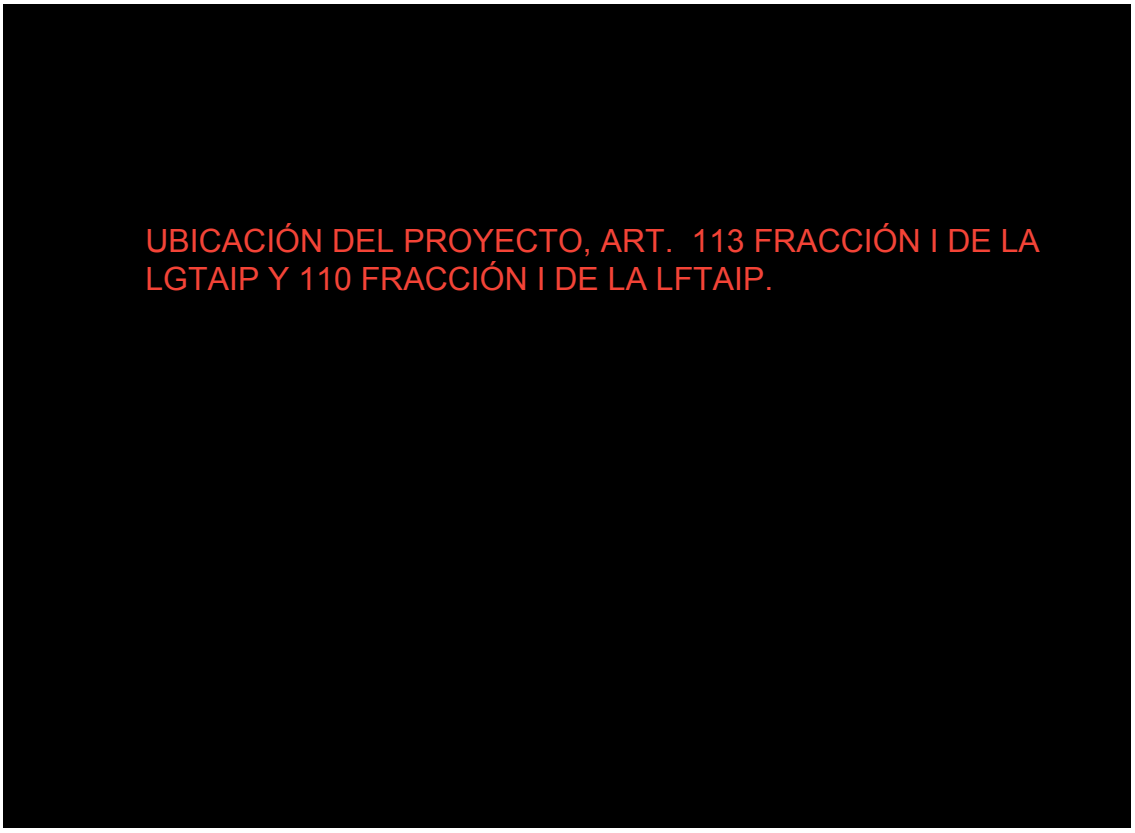


Figura 57 Localización y ubicación de los sistemas de fracturamiento-fallamiento dentro del Municipio de Querétaro. Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro 2015.

Sin embargo, el detalle de la zonificación del municipio por peligro por tormentas eléctricas se presenta a continuación:



Figura 58 Mapa de peligro por tormentas eléctricas del municipio, en la zona de proyecto.

De acuerdo con información del Atlas Municipal de Riesgo, el sitio de estudio tiene un **índice de riesgo Bajo** por tormentas eléctricas.

Inundaciones.

Se considera inundación al flujo o a la invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o por acumulación en terrenos planos, ocasionada por falta o insuficiencia de drenaje, tanto natural como artificial. Son especialmente destructivas, dado que en un tiempo muy breve son capaces de afectar el patrimonio de las personas, provocando un cambio en la normalidad de sus vidas en forma particular y hasta comunitaria. También originan severos problemas de circulación vial que derivan en grandes pérdidas de horas hombres, pudiéndose desencadenar en un congestionamiento de vialidades primarias.

Las inundaciones son uno de los peligros más comunes en el Municipio de Querétaro; a menudo las inundaciones se desarrollan lentamente, pero las más dañinas son repentinas e incluso finalizan en sólo unas horas. Las inundaciones ocurren sobre los márgenes de un canal o arroyo definido, pero también pueden generarse por la confluencia de aguas en zonas bajas. En este sentido es necesario acotar que las inundaciones a nivel municipal ocurren cuando un drenaje es sobrepasado en su capacidad.

Los efectos individuales de las inundaciones generalmente son muy locales, afectando a un grupo de casas o algunas calles, pero el efecto sumado de varios puntos de inundación en un mismo evento aqueja grandes porciones del municipio.

Debido a la particular configuración del municipio, el riesgo de inundación es muy alto en varias colonias de la zona urbana del Municipio, debido a que las aguas pluviales se acumulan en áreas con deficiente drenaje, o bien escurren por callees que hacen de arroyos en épocas de lluvias, en zonas ocupadas por viviendas u otras edificaciones urbanas.

Aunque en la mayoría de los casos existen obras de infraestructura destinados a drenar las aguas de las zonas altas, estas se llegan a ver sobrepasadas, provocando encharcamientos e inundaciones en zonas habitadas y con infraestructura vial. Además, son también susceptibles las áreas bajas, que aunque no están cerca de los arroyos y canales, pueden inundarse debido a que se ubican en zonas bajas.

El relieve sobre el que se encuentra la Ciudad de Querétaro es principalmente una llanura aluvial, con algunas zonas de lomeríos; esta área, de forma natural, es la zona

de acumulación y paso de las aguas de los lomeríos y sierras circundantes, de tal manera que las zonas de inundación se han constituido como tales debido a los bloqueos de los cauces naturales por la urbanización. La dirección general de los escurrimientos superficiales es hacia el Oeste de la subcuenca RH12Hd, siendo esta área donde se ubica la ciudad, por ser la zona más plana.

Estos cauces transportan el agua hacia la ciudad, donde se acumula en diferentes puntos, según la microtopografía local y las obras de urbanización (entre las cuales es de particular importancia el sistema de drenaje). A esta área se le denominó Microcuenca de la Zona Urbana del Municipio de Querétaro.

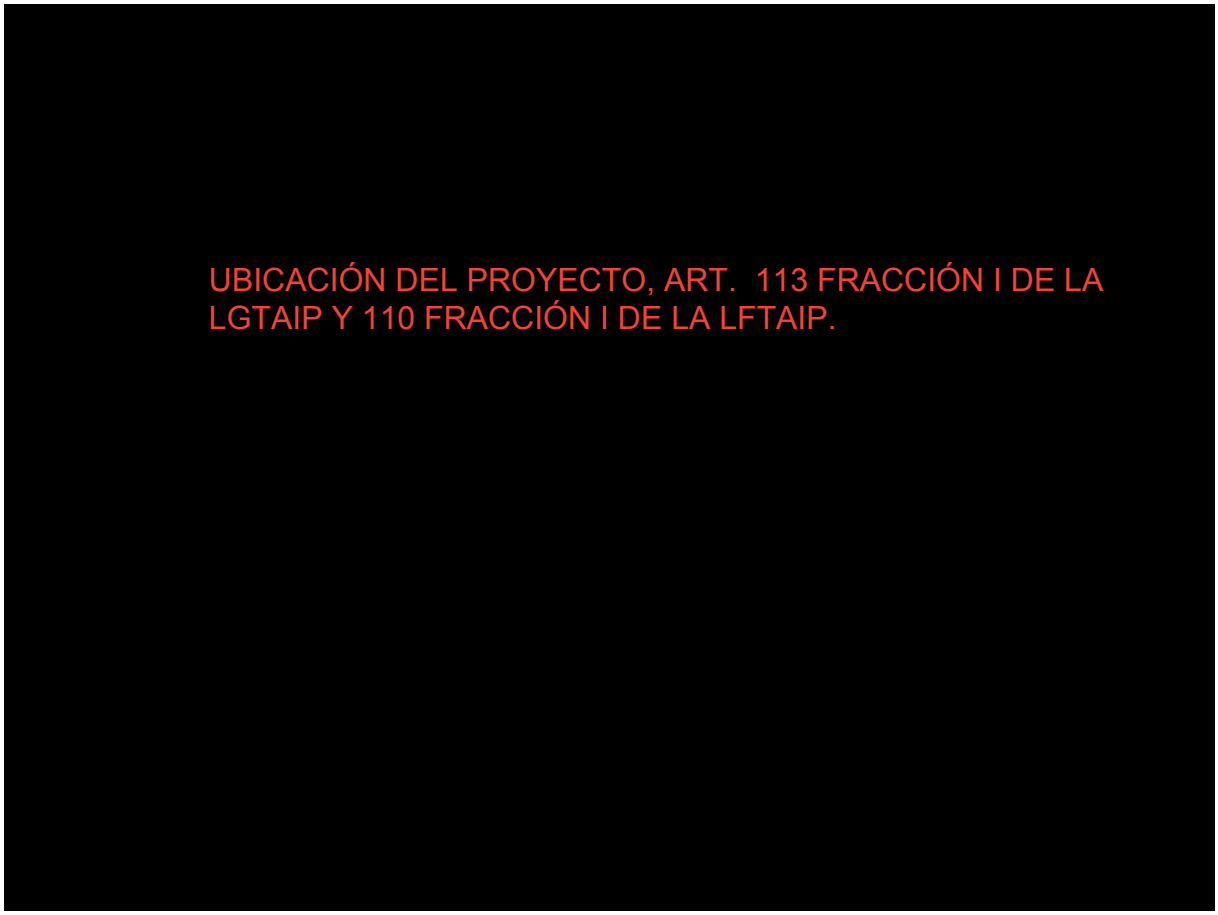


Figura 59 Índice de peligro por inundación, la zona de estudio presenta peligro alto. CENAPRED 2019.

De acuerdo con el CENAPRED el sitio de estudio presenta un peligro de inundación en grado **ALTO**. Debido a la geomorfología de la zona, este evento se considera viable.

Heladas.

Las heladas son la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C. La cubierta de hielo, es una de sus formas producida por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos; ocurre cuando se presentan dichas temperaturas. Las heladas se presentan particularmente en las noches de invierno por una fuerte pérdida radiactiva. Suele acompañarse de una inversión térmica junto al suelo, donde se presentan los valores mínimos, que pueden descender a los 2°C o aún más.

En el norte y centro de la República Mexicana, durante los meses fríos del año (noviembre-febrero), se presentan temperaturas menores de 0 ° C debido al ingreso de aire polar continentales, generalmente secas, provenientes de Estados Unidos. En cambio, las zonas costeras poseen ausencia de este fenómeno; como la vertiente del golfo de México, el sur del río Pánuco y hasta la península de Yucatán, e incluso el istmo de Tehuantepec, además de la llanura del océano Pacífico.

La severidad de una helada depende de la disminución de la temperatura del aire y de la resistencia de los seres vivos a ella. En este sentido puede provocar pérdidas a la agricultura y afectar a la población de las zonas rurales y ciudades en las cuales sufren sus inclemencias, sobre todo, las personas que habitan en casas frágiles o que son indigentes. De igual forma pueden entorpecer el funcionamiento de la infraestructura, como los caminos, que se hacen inseguros por el hielo acumulado en el pavimento y pueden ocasionar accidentes.

El Municipio de Querétaro se ha visto perturbado por este fenómeno en diversas ocasiones, provocando daños a la salud de la población, así como cuantiosas mermas a los productores agropecuarios. El último fenómeno de gran magnitud que afectó al municipio se presentó los días 3 y 4 de marzo de 2013. Provocó daños principalmente a los productores del medio rural, especialmente a los de bajos ingresos. Este evento género que se emitiera una declaratoria de desastre natural en el sector agropecuario, publicada el 5 de abril del mismo año en el Diario Oficial de la Federación.

De acuerdo con los criterios establecidos por el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED), se considera que el peligro por heladas es alto si hay más de 120 días al año con

presencia de este fenómeno; medio si hay de 61 a 120 días; bajo si hay de 1 a 60 y muy bajo si hay 0 eventos por año.

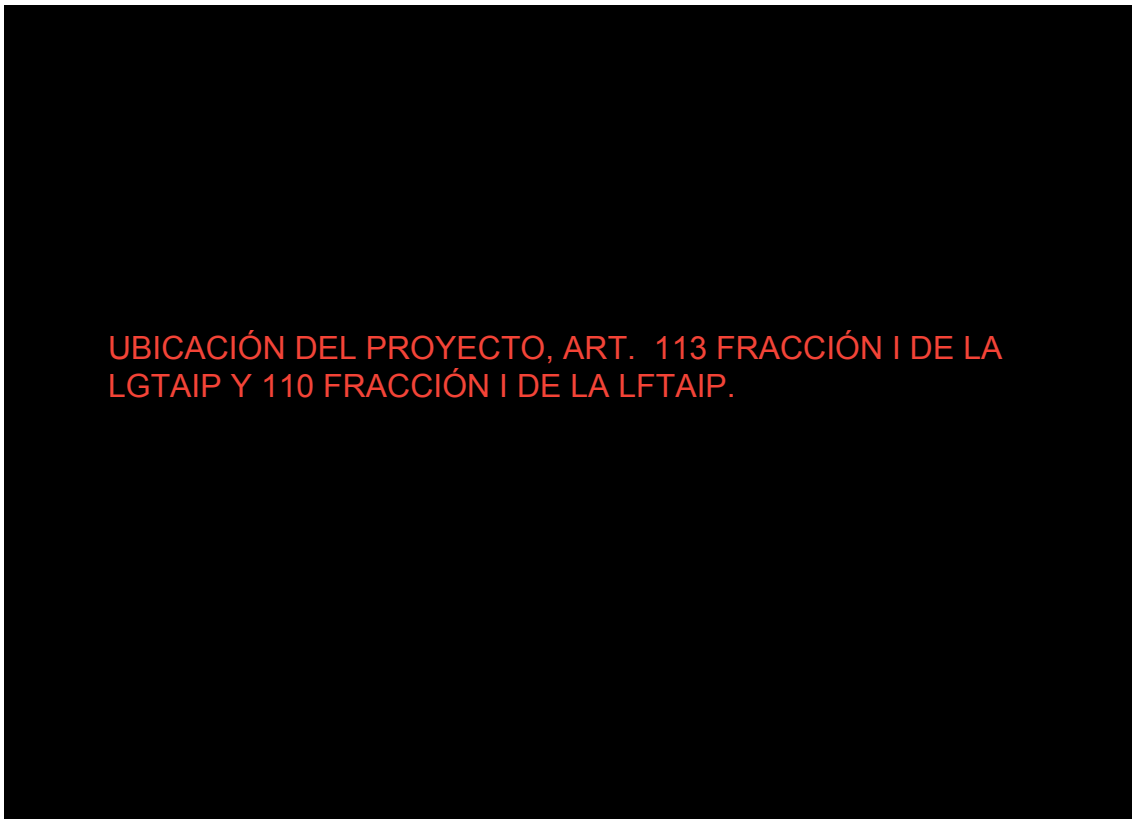


Figura 60 Índice de peligro por heladas. CENAPRED 2019.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en general, el Municipio de Querétaro presenta en un índice **bajo** de peligro ya que presenta entre 1 y 60 días con heladas.

Granizadas.

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulunimbus son arrastrados por corrientes ascendentes de aire. La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. En las zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; a veces causan la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones y áreas verdes.

En ocasiones, el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y generar inundaciones durante algunas horas. Las zonas más

afectadas de México por tormentas de granizo son el altiplano de México y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora. El Municipio de Querétaro no está exento de sufrir daños derivados de este fenómeno, pues en temporadas de lluvias se llegan a presentar fuertes granizadas que afectan de manera directa a la población así como sus actividades económicas e infraestructura.

De acuerdo con CENAPRED, aquellas zonas que presentan de 0 a 1 granizada al año son clasificadas como de peligro bajo; de 1 a 2 como medio; 2 a 5 alto y más de 5 días con granizadas muy alto.

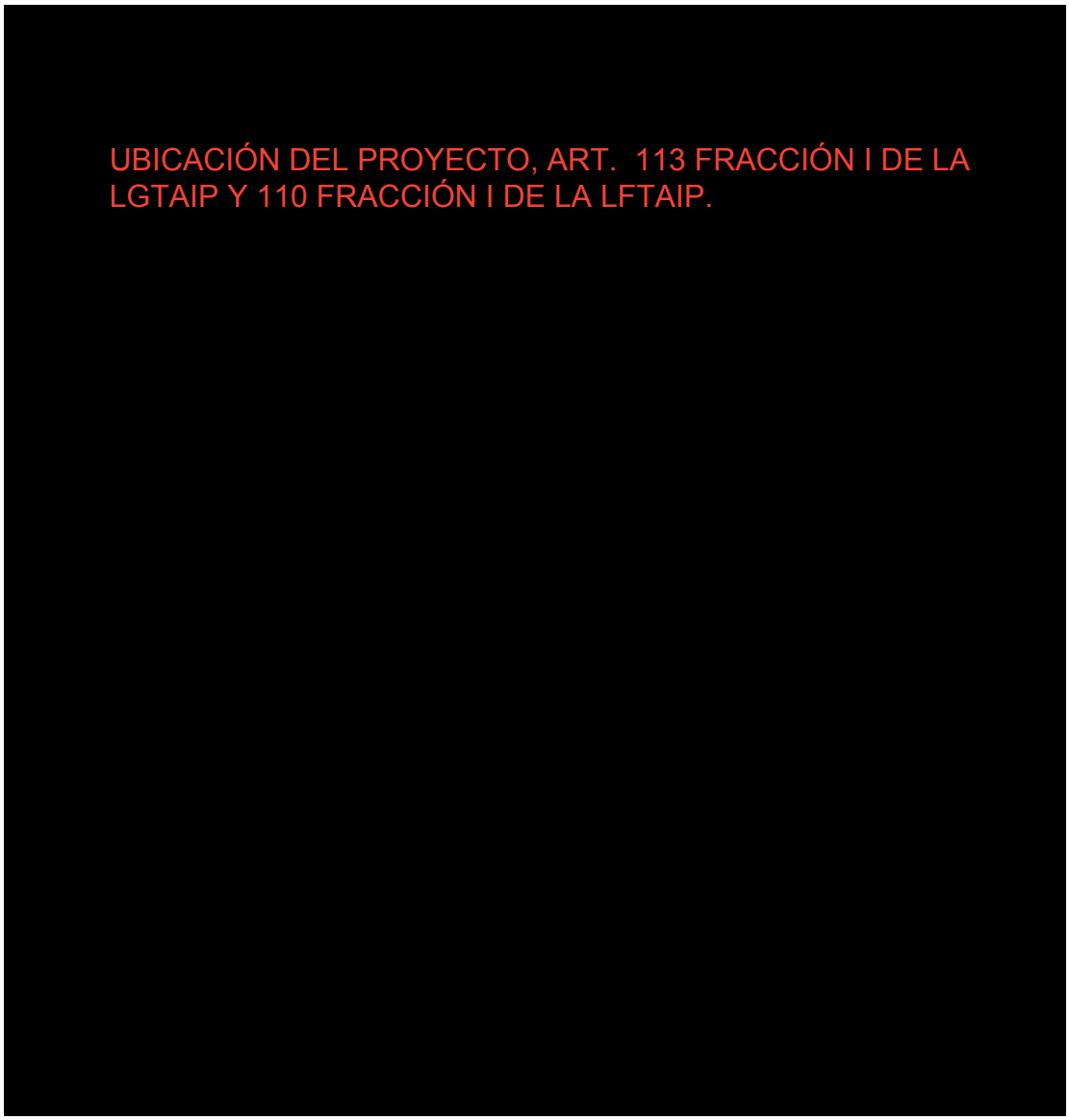


Figura 61 Mapa de Peligro por Tormentas de Granizo en el Municipio y en la zona de proyecto.

De acuerdo con información del Atlas Municipal de Riesgos, el sitio de estudio tiene un **índice bajo de peligro por tormentas de granizo**.

Nevadas

Las tormentas de nieve son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua. La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones. Los efectos negativos de las nevadas en la población son producidos por las bajas temperaturas que se asocian a ellas, que pueden provocar enfermedades en las vías respiratorias o en el peor de los casos, muerte por hipotermia lo cual ocurre, sobre todo, a indigentes o personas de bajos recursos económicos, por habitar en viviendas precarias.

La última nevada registrada se presentó el 16 de enero de 2010 en las partes altas del parque recreativo Joya-La Barreta, la cual se originó por las bajas temperaturas provocadas por el paso del frente frío número 23. La altitud de esta zona oscila entre los 2,200 y 2,400 msnm.



Figura 62 Mapa de Peligro por Nevadas en el Municipio, en la zona de proyecto.

De acuerdo con el Atlas Municipal de Riesgos y el CENAPRED, el municipio de Querétaro tiene un índice de peligro por nevadas **medio**, a pesar de que estas, como se comentó, sólo se presentan en las partes con mayores elevaciones.

Sequias.

La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un período de tiempo es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia de agua es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas.

En México, los Estados que más las padecen son los del norte, mencionando entre ellos, en orden de magnitud a: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Tlaxcala.

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional, la mitad de los municipios del estado de Querétaro padecen algún grado de sequía. Cinco se reportaron como "anormalmente secos" (34.1 %), mientras que nueve presentaron "sequía moderada" (21.8 %) [Monitor de Sequía de México, CONAGUA 2018].

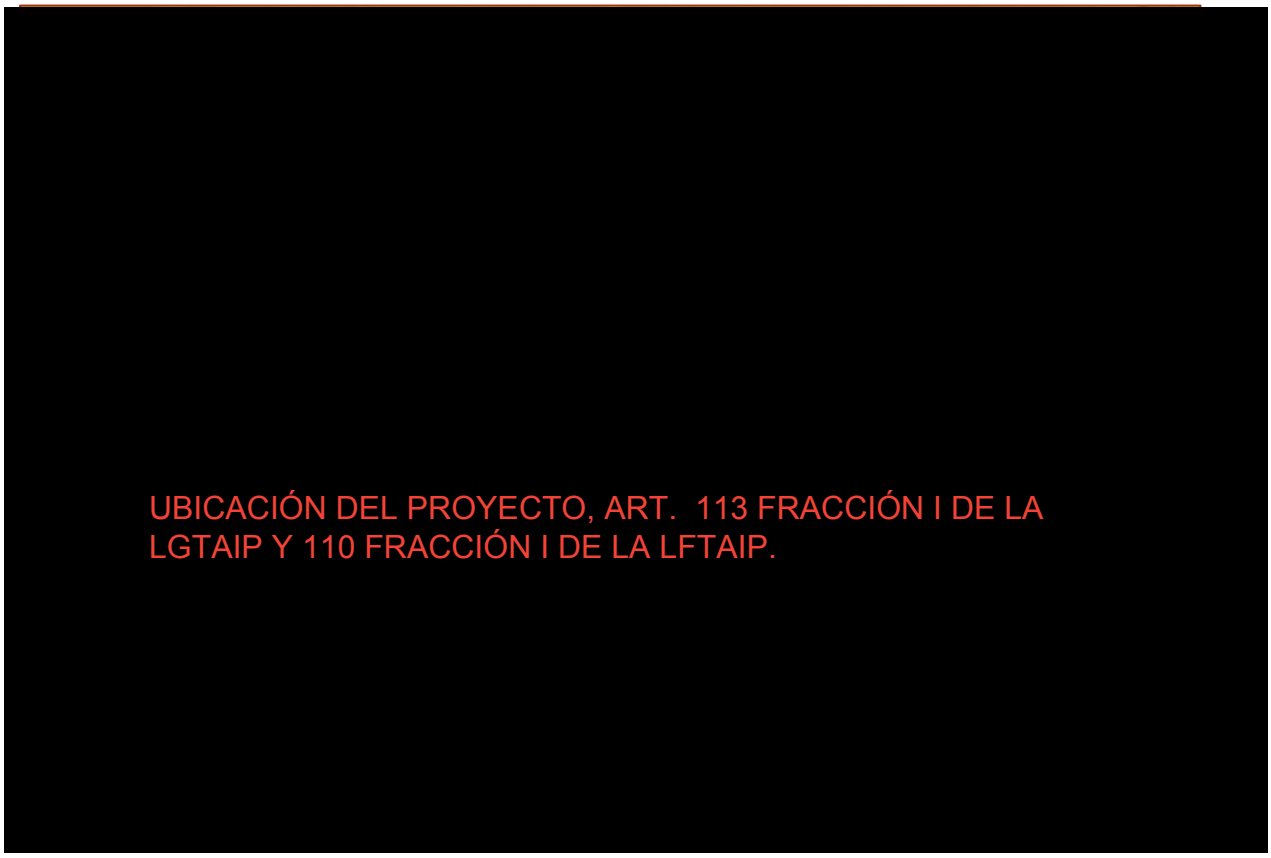


Figura 63 Grado de peligro por sequía, en la zona de proyecto.

De acuerdo con información del CENAPRED, el sitio de estudio tiene un Grado de peligro por sequía **MEDIO**.

Tabla 56 Proximidades con zonas vulnerables de población para un buffer de 800 m.

Tipo de zona vulnerable de población	Nombre de la zona vulnerable de población)	Ubicación (N/S/E/O/ NE/SE/NO/SO	Distancia al ducto (m)	Tipo (proximidad o cruzamiento)	Km inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Km final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Colonia	Puerto de Aguirre	S	600	Proximidad	1+500.00	1+598.26
Colonia	La Estacada	E	800	Proximidad	0+250.00	0+316.70
Escuela	Politécnica de Santa Rosa	NO	610	Proximidad	0+366.52	1+057.14
Tienda Autoservicio	OXXO REDICAL	S	200	Proximidad	1+500.00	1+598.26
Colonia	Jofre	N	550	Proximidad	0+500.00	0+722.73
Templo	Nuestra Sra Del Carmen, Jofre	N	644	Proximidad	0+500.00	0+722.73
Parque	Parque recreativo	N	800	Proximidad	0+500.00	0+722.73

Se indicará la densidad de población para zonas vulnerables de población que sean cuantificables como localidades, colonias, unidades habitacionales de alta densidad y caseríos, entre otros.

Tabla 57 Proximidades y cruzamientos con componentes ambientales franja de 800 m a ambos lados del DDV.

Tipo de componente ambiental	Nombre	Descripción breve	Ubicación (N/S/E/O/ NE/SE/NO/SO	Tipo (Proximidad/ Cruzamiento)	Para proximidades, distancia promedio al ducto (m)	Km inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)	Km final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento)
Cuerpo de Agua	Arroyo la calera	Arroyo intermitente	O	Cruzamiento	NA	0+600.00	0+000.00
Cuerpo de Agua	El arenal	Arroyo encausado que pasa por la mitad del área de estudio	O	Cruzamiento	NA	0+600.000	0+360.00
Cuerpo de Agua	Canal de riego	Canal de riego intermitente	E	Cruzamiento	NA	0+900.00	0+800.00

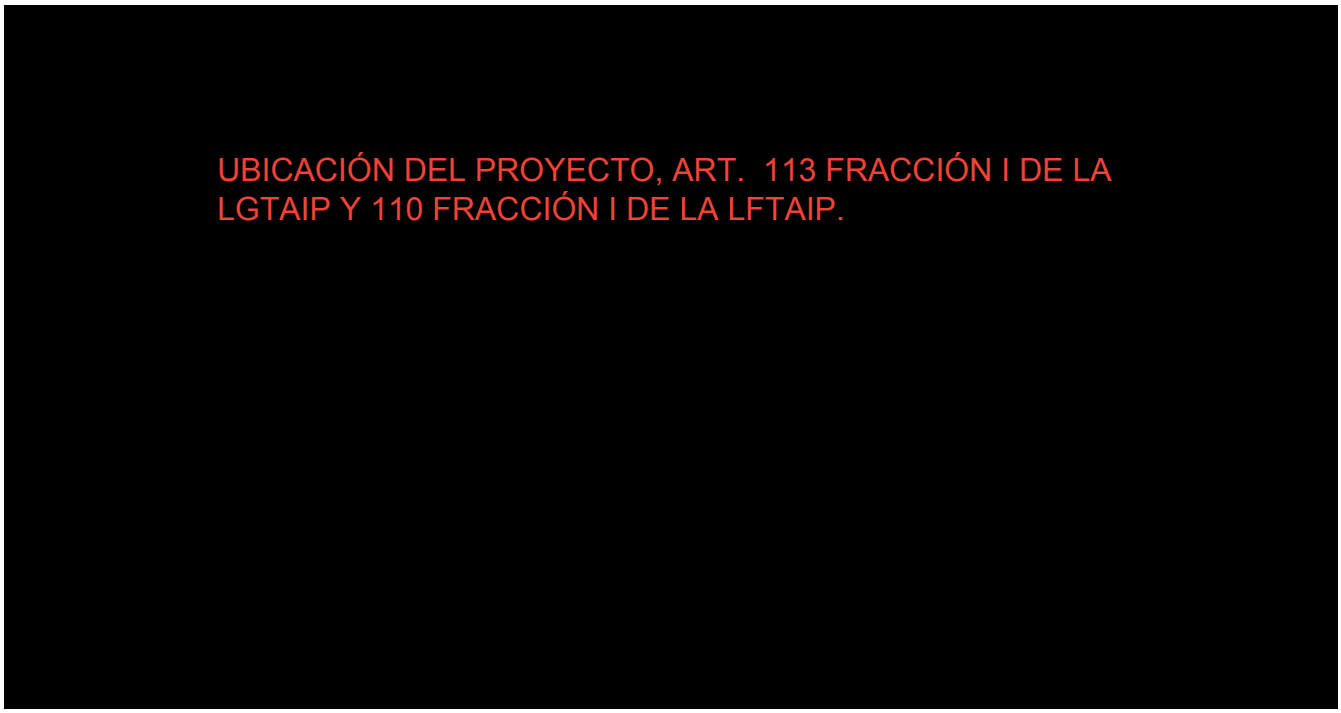


Figura 64 Ubicación de componentes ambientales respecto al predio y sitio de estudio. Fuente: Elaboración propia con información del SIATL y visita de campo.

Tabla 58 Proximidades con infraestructura franja de 800 m a ambos lados del DDV

Tipo de infraestructura	Nombre/descripción	Ubicación (N/S/E/O / NE/SE/NO/SO)	Distancia promedio al ducto (m)	Km inicial de la proximidad (cadenamiento)	Km final de la proximidad (cadenamiento)
Carretera	Querétaro- SLP	O	50	0+620.00	0+900.00
Carretera	Buena vista- San Miguel de Allende	SO	33	0+146.60	0+245.68
Carretera	Libramiento noreste de Querétaro	S	0	0+400.00	1+211.33
Estacion de Servicio	Grupo Gasolinero Sabagas Sa De Cv	S	222	1+500.00	1+598.26
Estación de servicio	Pemex	SO	840	1+200.00	0+700.00
Estación de gas	Estacion De Gas LP	SO	540	1+500.00	1+598.26

Tabla 59 Uso de suelo (sobre el DDV).

Km de inicio (cadenamiento)	Km de fin (cadenamiento)	Tipo de uso de suelo	Descripción
0+356.00	1+880.00	Industrial	Industria Mediana
0+338.00	0+655.759	Industrial	Equipamiento institucional
1+033.84	1+310.23	Agrícola	Preservación Ecológica Agrícola
0+700.00	1+116.65	Habitacional	Habitacional hasta 200 habitantes por hectárea

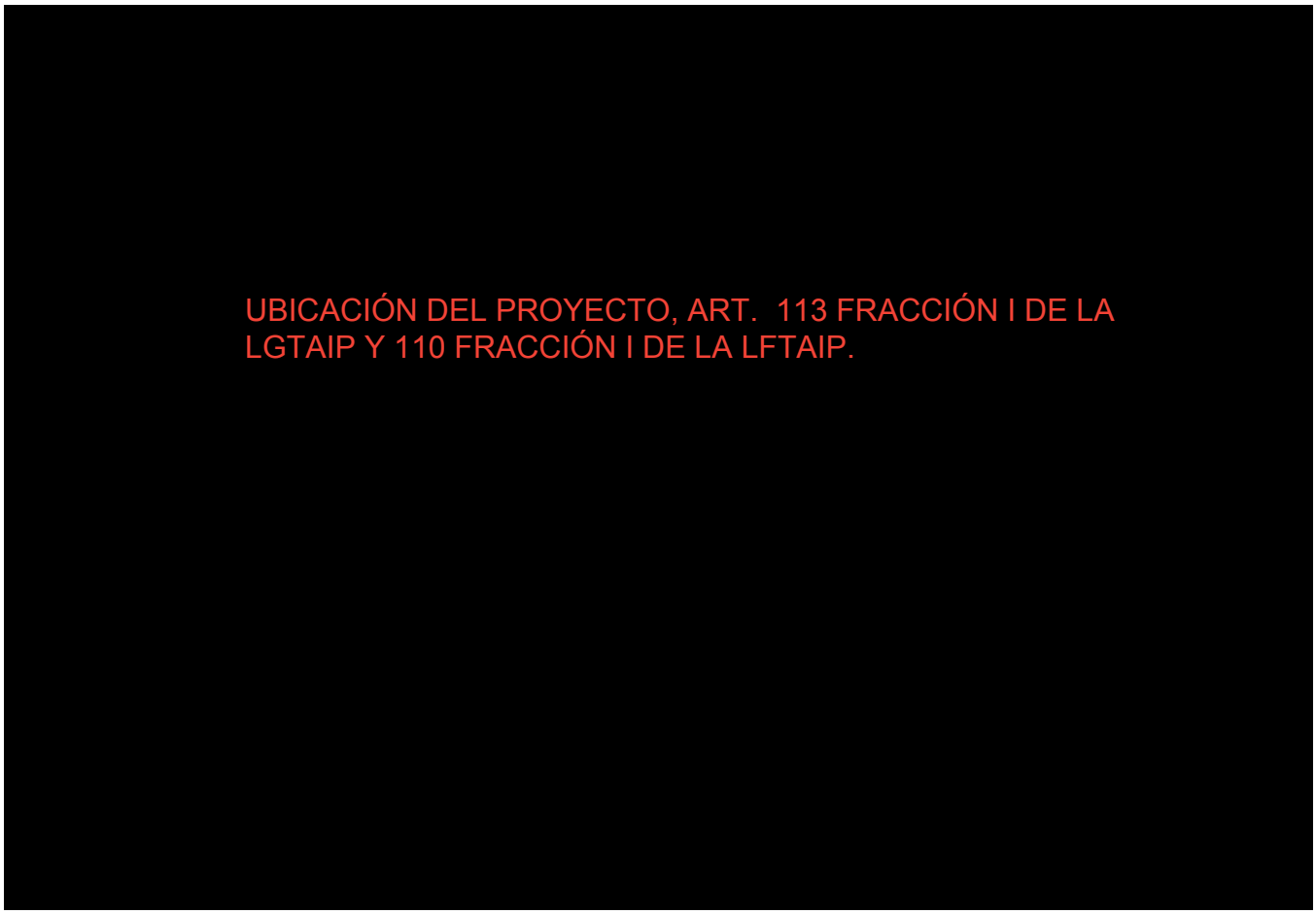


Figura 65 Usos de suelo Delegación Santa Rosa Jauregui. Fuente: Adaptado del Plano de Uso de Suelo, Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Querétaro 2018-2021.

5.4. Análisis y Evaluación de Riesgos

Los Regulados llevarán a cabo la identificación de peligros, evaluación y análisis de Riesgos del Proyecto de manera exhaustiva, considerando como mínimo lo que se indica en los apartados siguientes.

Los estudios de riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

La frecuencia de accidentes e incidentes de tipo industrial que han ocurrido en el ámbito internacional y local ha generado en el país una cultura de prevención dentro de los departamentos de seguridad de cada empresa, por ello las instalaciones no sólo son revisadas en los aspectos de riesgo, seguridad e higiene laborales sino que también es evaluada por la presencia de eventos como incendios, explosiones, derrames o fugas por el manejo y almacenamiento de sustancias consideradas como altamente riesgosas independientemente del estado físico de las mismas.

En términos generales, existe conciencia del peligro que conlleva el manejo de sustancias inflamables como son los combustibles, por lo que la ASEA ha implementado los protocolos y controles de seguridad necesarios para su buen manejo.

El riesgo se encuentra relacionado con el peligro o condiciones que pueden producir efectos adversos sobre la mejor utilización de los recursos humanos y de la propiedad.

Se dice que existe peligro cuando se ha descubierto, se conoce o se sabe que existen una o varias condiciones peligrosas. Las consecuencias pueden dar como resultado pérdidas, las cuales pueden ser del siguiente tipo:

- Al personal (Lesiones).
- A la propiedad (Bienes inmuebles y muebles).
- Al entorno (Daños al ambiente, la ecología y a la sociedad).

Para que una actividad sea considerada como riesgosa, debe comprender acciones asociadas con el manejo de sustancias con propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, radioactivas y biológicas en cantidades tales que, en caso de producirse su liberación, ya sea por fuga, derrame, incendio o explosión, puedan ocasionar afectación significativa al ambiente, a la población o sus bienes.

5.4.1. Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo

El personal que realice la identificación de peligros y jerarquización de Escenarios de Riesgo contará con conocimiento y experiencia suficiente en las metodologías empleadas y en el Sector Hidrocarburos, especialmente en el área operativa.

La identificación de los peligros y jerarquización de escenarios de riesgos permite conocer y entender los riesgos del proyecto, además debe orientarnos en la definición de los objetivos de control y acciones propias para su correcta gestión integral; en esto radica su importancia, porque sobre la coherencia y validez de los resultados obtenidos se determinara la calidad de las medidas de prevención y mitigación necesarias para disminuir el riesgo intrínseco que conlleva el manejo de sustancias químicas peligrosas, así como mantener la administración de riesgos de la organización.

De acuerdo a las características y naturaleza del proyecto, este conlleva el uso del Gas Natural, la cual por sus características físicas y químicas es clasificada como una sustancia química peligrosa. Por lo tanto, es necesario realizar la identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgos asociados al sistema de distribución de gas natural, para lo cual vamos a utilizar las técnicas / metodologías descritas en la *Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos*, que emitió la ASEA en Julio del 2020. Las técnicas / metodologías a utilizar se describen en los siguientes capítulos.

5.4.1.1. Análisis Preliminar de Peligros

La elección de la metodología por parte de los Regulados será aquella que permita identificar de manera preliminar los Riesgos propios y característicos de acuerdo con el tipo de Proyecto y acorde a la etapa del ciclo de vida del mismo (Diseño, Construcción, Operación, Cierre, Desmantelamiento y Abandono), considerando en todo momento que dicha metodología servirá de retroalimentación para la fase posterior del Análisis de Riesgos.

Los "Accidentes" e "Incidentes", por lo general, siempre tienen una causal específica compuesta por una sucesión de hechos y factores que confluyeron para que se de dicha situación. Esto cobra real importancia puesto que, si logramos detectar los factores o situaciones de riesgo que puedan causar los accidentes o incidentes, podremos tomar las medidas preventivas respectivas, y así estaremos directamente incidiendo en minimizar su ocurrencia.

Para el análisis preliminar de riesgos se efectúa una revisión detallada de los materiales que se manejan, sus características de inflamabilidad y toxicidad y las características de cada una de las áreas en donde se manejan.

De acuerdo con este análisis, se establece como criterio de aceptabilidad que no se encuentre dentro del primero y segundo listados de actividades altamente riesgosas, así como que no rebase el nivel 2 de acuerdo con la clasificación de NFPA para Inflamabilidad y Toxicidad.

Tabla 60 Clasificación NFPA para aceptabilidad de riesgos

Características	Nivel aceptable	Nivel no aceptable
Primer y segundo listados de actividades altamente riesgosas	No se encuentra	Se encuentra
Clasificación NFPA	Salud < 3 Inflamabilidad < 3	Salud ≥ 3 Inflamabilidad ≥ 3

Los riesgos del sistema de distribución de gas natural se integran, principalmente, a partir de los siguientes aspectos:

- Bases de usuario que se emplearon en el diseño del proyecto
- Variables de operación (presión, flujo, temperatura, etc.)
- Ingeniería de diseño
- Filosofías de control y de automatización operativa

El Análisis Preliminar de Peligros que se utiliza para un primer análisis siendo un método cualitativo cuya finalidad radica en la fase de ingeniería conceptual del diseño de una instalación, en su aplicación se identifican peligros de los materiales, equipos y ubicación. Se centra en los materiales peligrosos y componentes mayores de equipos de proceso, con lo cual permite visualizar los eventos que involucren la liberación incontrolada de sustancias peligrosas y/o energía. La característica básica de la revisión inicial es revelar los aspectos que a veces pasan desapercibidos en los sistemas de seguridad ya existentes.

Para el Análisis Preliminar de Peligros (PHA, por sus siglas en inglés) motivo de este estudio, se utilizará el método cualitativo conocido como "**Método William T. Fine**". Este método es un procedimiento originalmente previsto para el control de los riesgos cuyas medidas usadas para la reducción de los mismos eran de alto coste. Este método probabilístico, permite calcular el grado de peligrosidad de cada riesgo identificado, a través de una fórmula matemática que vincula la probabilidad de ocurrencia, las consecuencias que puedan originarse en caso de ocurrencia del evento y la exposición a dicho riesgo. El objetivo de este método es determinar de forma numérica y comprobable "que tanto" es el riesgo que representan cada uno de los escenarios de riesgo que está expuesto en el sistema o proceso calculando **Magnitud del Riesgo** o **Grado de Peligrosidad** siendo esta la siguiente:

$$Grado\ de\ Peligrosidad\ (GP) = Consecuencias\ (C) * Exposición\ (E) * Probabilidad\ (P)$$

$$GP = C * E * P$$

Donde:

CONSECUENCIAS (C): Se define como el daño, debido al riesgo que se considera, más grave razonadamente posible, incluyendo desgracias personales y daños materiales. Los

valores numéricos asignados para las consecuencias más probables de un accidente se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 61. PHA. Valoración de las Consecuencias

CONSECUENCIAS	C
Catástrofe, numerosas víctimas, y/o daños superiores a 10,000,000 dólares, Paro De actividades	100
Varios muertos, y/o daños de 9,000,001 a 10,000,000 dólares.	50
1 muerto y/o daños de 1,000,001 a 9,000,000 dólares.	25
Lesiones extremadamente graves (incapacidad permanente) y/o daños de 10,001 a 1,000,000 dólares.	15
Lesiones con incapacidad temporal, y/o daños hasta 10,000 dólares.	5
Heridas leves y/o daños menores a 100 dólares.	1

EXPOSICIÓN (E): Es la frecuencia con que se presenta la situación de riesgo. Siendo tal que el primer acontecimiento indeseado iniciaría la sentencia del accidente. Mientras más grande sea la exposición a una situación potencialmente peligrosas, mayor es el riesgo asociado a dicha situación. La siguiente tabla se presenta la interpretación numérica:

Tabla 62. PHA. Valoración de las Exposición

EXPOSICIÓN	E
Continuamente (muchas veces al día)	10
Frecuentemente (una vez al día)	5
Ocasionalmente (de una vez por semana a una vez al mes)	3
Irregularmente (de una vez al mes a una vez al año)	2
Raramente (se sabe que ocurre)	1
Remotamente posible (no se sabe que haya ocurrido)	0.5

PROBABILIDAD (P): La posibilidad de que, en vez presentada la situación de riesgo, se origine el accidente. Habrá que tener en cuenta la secuencia completa de acontecimientos que desencadenan el accidente. La siguiente tabla se presenta la interpretación numérica:

Tabla 63. PHA. Valoración de probabilidad

PROBABILIDAD	P
Es el resultado más probable y esperado si la situación de riesgo tiene lugar	10
Es completamente posible, nada extraño 50%.	6
Sería una secuencia o coincidencia rara pero posible; ha ocurrido.	3
Sería una consecuencia remotamente posible, se sabe que ha ocurrido	1
Nunca ha sucedido en muchos años de exposición, pero concebible	0.5
Secuencia prácticamente imposible (nunca ha sucedido)	0.3

Los resultados obtenidos de la ecuación, se interpreta de la siguiente manera:

Tabla 64. APH. Interpretación numérica de resultados

GRADO DE PELIGROSIDAD	CLASIFICACIÓN DE RIESGO	ACCIÓN FRENTE AL RIESGO
> 401	MUY ALTO	Detención inmediata de la actividad peligrosa
201 – 400	ALTO	Corrección inmediata
71 – 200	MEDIO	Corrección necesaria urgente
21 – 70	BAJO	No es emergencia, pero debe corregirse
1 – 20	MUY BAJO	Puede omitirse la corrección

La identificación de peligros en el proyecto abarca todo el sistema de la red de transporte de gas natural al interior del Parque Industrial, en cualquier de las fases de expansión del proyecto, así como en la fase que actualmente está operando. Se excluyen del análisis, otros eventos que puedan ocurrir antes de la Estación de Medición y Regulación de la actual red de distribución de gas natural, específicamente los eventos que puedan ocurrir en el ducto del Centro Nacional de Control de Gas Natural (CENAGAS) bajo operación de Pemex Logística. Además, se excluyen los eventos que puedan ocurrir dentro de las industrias vecinas a los gasoductos, así como los eventos que involucren otras sustancias químicas en las industrias al interior del Parque Industrial, al no tratarse de una actividad del proyecto de distribución de gas natural ni de sustancias

relacionadas al sector hidrocarburos. Utilizando toda la información anteriormente descrita, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 65 Resultados Método William T. Fine. Estación de Medición y Regulación

ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN	
ESCENARIO PELIGROSO:	Fuga de Gas Natural por falla mecánico de alguno de los equipos de bombeo, regulación, medición o comprensión del gas natural, por mal diseño o falta de mantenimiento.
Consecuencia (C)	5
Exposición (E)	5
Probabilidad (P)	1
PELIGROSIDAD = C * E * P	25 (BAJO)
Acción a tomar	Tolerable, no es emergencia, pero debe corregirse
ESCENARIO PELIGROSO:	Incendio por fuga de Gas Natural por falla mecánico de alguno de los equipos de bombeo, regulación, medición o comprensión del gas natural, por mal diseño o falta de mantenimiento.
Consecuencia (C)	25
Exposición (E)	5
Probabilidad (P)	0.5
PELIGROSIDAD = C * E * P	25 (BAJO)
Acción a tomar	Tolerable, no es emergencia, pero debe corregirse

Tabla 66 Resultados Método William T. Fine. Sistema de Distribución de Gas Natural

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL	
ESCENARIO PELIGROSO:	Fuga de Gas Natural por ruptura total / parcial de alguno de los ductos que transporta gas natural en cualquier de sus etapas, debido a falta de mantenimiento o error de diseño.
Consecuencia (C)	15
Exposición (E)	5
Probabilidad (P)	1
PELIGROSIDAD = C * E * P	75 (MEDIO)
Acción a tomar	Corrección necesaria urgente

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL	
ESCENARIO PELIGROSO:	Incendio por fuga de Gas Natural por ruptura total / parcial de alguno de los ductos que transporta gas natural en cualquier de sus etapas, debido a falta de mantenimiento o error de diseño.
Consecuencia (C)	25
Exposición (E)	5
Probabilidad (P)	0.5
PELIGROSIDAD = C * E * P	62.5 (BAJO)
Acción a tomar	Tolerable, no es emergencia, pero debe corregirse

Tabla 67 Resultados Método William T. Fine. Estación de Regulación de cualquier de las industrias

ESTACIÓN DE REGULACIÓN DE CUALQUIER DE LAS INDUSTRIAS	
ESCENARIO PELIGROSO:	Fuga de Gas Natural por ruptura total / parcial de alguno de los ductos posterior al medidor de la caseta, debido a un choque por parte del personal de la industria, lo que provoca el daño al ducto o alguno de los equipos.
Consecuencia (C)	15
Exposición (E)	5
Probabilidad (P)	3
PELIGROSIDAD = C * E * P	225 (ALTO)
Acción a tomar	Corrección inmediata
ESCENARIO PELIGROSO:	Incendio por fuga de Gas Natural por ruptura total / parcial de alguno de los ductos posterior al medidor de la caseta, debido a un choque por parte del personal de la industria, lo que provoca el daño al ducto o alguno de los equipos.
Consecuencia (C)	50
Exposición (E)	5
Probabilidad (P)	1
PELIGROSIDAD = C * E * P	250 (ALTO)
Acción a tomar	Corrección inmediata
ESCENARIO PELIGROSO:	Fuga de Gas Natural por ruptura total / parcial de alguno de los ductos antes del medidor de la caseta de regulación, debido a un

ESTACIÓN DE REGULACIÓN DE CUALQUIER DE LAS INDUSTRIAS	
	choque por parte del personal de la industria, lo que provoca el daño al ducto o alguno de los equipos.
Consecuencia (C)	15
Exposición (E)	5
Probabilidad (P)	1
PELIGROSIDAD = C * E * P	75 (MEDIO)
Acción a tomar	Corrección necesaria urgente
ESCENARIO PELIGROSO:	Incendio por fuga de Gas Natural por ruptura total / parcial de alguno de los ductos antes del medidor de la caseta de regulación, debido a un choque por parte del personal de la industria, lo que provoca el daño al ducto o alguno de los equipos.
Consecuencia (C)	25
Exposición (E)	5
Probabilidad (P)	1
PELIGROSIDAD = C * E * P	125 (MEDIO)
Acción a tomar	Corrección inmediata

Como se observa en las tablas anteriores, el mayor grado de peligrosidad es de grado *ALTO* para el incendio por fuga de gas natural en las industrias donde se suministra el combustible, siendo en esta área donde se presentan los escenarios más peligrosos con una puntuación de 250, por lo tanto, se requiere una corrección inmediata. En el caso del área de la Estación de Medición y Regulación que es donde inicia el suministro de gas natural al Parque Industrial, el grado de peligrosidad es de grado *BAJO*, debido a que en esta zona todavía no existen industrias colindando y además, no hay personal fijo en la Estación, por lo que la exposición es baja, en esta zona no se requieren acciones inmediatas.

A pesar de los resultados obtenidos, debemos recordar el método de análisis preliminar es realizado sin tomar en cuenta las características de seguridad y medidas con las cuales va a contar el proyecto. Por lo tanto, el riesgo será menor a la peligrosidad ya que el proyecto contará con sistema contra incendios, medidas de prevención, programa de operación, mantenimiento y capacitación.

Los eventos anteriormente descritos, pueden ocurrir por algún problema de diseño de los equipos. Sin embargo, los eventos de este tipo históricamente han ocurrido por la falta de mantenimiento de los equipos y/o por la falta de capacitación del personal. El proyecto contempla contar con programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como programas de capacitación de los trabajadores con el objetivo de evitar que estos escenarios peligrosos se puedan manifestar.

5.4.1.2. Antecedentes de Accidentes e Incidentes en proyectos similares

Los Regulados podrán referenciarse de la información de Accidentes e Incidentes ocurridos (nacionales e internacionales), en la operación de Proyectos similares y, en su caso, aquellos ocurridos en sus Instalaciones, proporcionando la siguiente información: Año, Ciudad y/o País, evento, las causas, las sustancias involucradas, los daños materiales, pérdidas humanas, radios de afectación, las acciones realizadas para su atención y la fuente consultada

La frecuencia de accidentes e incidentes de tipo industrial que han ocurrido en el ámbito internacional y local ha generado en el país una cultura de prevención dentro de los departamentos de seguridad de cada empresa, por ello las instalaciones no sólo son revisadas en los aspectos de riesgo, seguridad e higiene laborales sino que también es evaluada por la presencia de eventos como incendios, explosiones, derrames o fugas por el manejo y almacenamiento de sustancias consideradas como altamente riesgosas independientemente del estado físico de las mismas.

A pesar del gran avance tecnológico en la industria de los hidrocarburos, el riesgo está siempre presente en la operación, en la prevención y control de las principales causas de accidentes en instalaciones donde se manipulen hidrocarburos. Por lo tanto, se debe priorizar la atención para la prevención y control de las principales causas de accidentes y así poder coadyuvar el incremento de la seguridad y protección del medio ambiente.

El transporte de sustancias químicas en México se lleva a cabo mediante vía carretera, ferroviaria y marítima. Este proceso de transporte implica dos riesgos básicos:

1. Riesgo de un accidente en la carretera o en el sistema ferroviario, y derrame real de los materiales durante ese accidente.
2. Riesgo durante el transporte por tubería, desde una instalación a otra.

El riesgo de sufrir eventos como fugas, incendios y explosiones pueden ser disminuidos al incrementar las medidas de seguridad en sitios donde se almacenan sustancias peligrosas.

De junio de 1990 a diciembre de 1997, se realizó una base de datos denominada ACQUIM, la cual se ha venido elaborando en el Área de Riesgos Químicos del CENAPRED. Las fuentes de información fueron: los medios de difusión, las unidades estatales de protección civil y la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ).

Tabla 68 Sustancias químicas que aparecen con mayor frecuencia en los accidentes en fuentes fijas (1990 a 1997).

Sustancia	Eventos	% de ocurrencia
Gas LP	178	16.64
Gasolina	104	9.72
Amoniaco	62	5.79
Amoniaco anhidro	43	4.02
Explosivos	33	3.08
Combustóleo	25	2.34
Hidrocarburos	25	2.34
Petróleo crudo	24	2.24
Ácido clorhídrico	22	2.06
Sosa cáustica	20	1.87
Ácido Sulfúrico	19	1.78
Combustible	16	1.50
Otros	499	46.64

Fuente: Base de datos de accidentes químicos (ACQUIM) (CENAPRED, 1997).

En cuanto a las sustancias involucradas en los eventos indicados aparecen con mayor frecuencia el gas LP, amoniaco, gasolina, combustóleo, diésel, explosivos, cloro (gas) y solventes. En lo respectivo a las sustancias que se manejaran dentro del proyecto, serían la Gasolina, Hidrocarburos (donde se incluye la turbosina) y Combustible lo que significa

que en el total se tuvieron 145 eventos en el periodo mencionado lo que representa el 13.56 % de ocurrencia.

Los accidentes producidos por el gas natural son los segundos con mayor nivel de ocurrencia en el mundo, así lo reporta la base Mhidas del Health and Safety Executive del Reino Unido que, desde 1980, reporta incidentes en más de 95 países.

De acuerdo con el informe mundial, de los 2.884 incidentes reportados, el gas natural fue la segunda sustancia responsable, con el 11,29% y un total de 321 situaciones, casi una por día durante un año. Solo fueron superados por los producidos por el petróleo, con el 15,40% y 438 incidentes. La mirada geográfica establece que cerca del 45% de los registros se produjeron en dos países: Estados Unidos, con el 33,80%, y Gran Bretaña, con el 10,87%. Entre los primeros diez del mundo se ubican dos países del grupo de los Brics[4]. Rusia, en el tercer lugar, con el 4,33%, y China, en el quinto, con el 3,08%. El primer país latinoamericano es México, en la séptima casilla.

Por tipo de incidente, el estudio muestra que son cuatro los básicos: explosión, fuga, fuego y nube de gas. El primero es el más frecuente para el gas natural y otras sustancias, con el 88,51% de los casos.

La siguiente lista es un recopilado de accidentes ocurridos a nivel mundial con el uso del gas natural, en el periodo de 1965 a 2010 (en 45 años):

Tabla 69 Accidentes ocurridos a nivel mundial por manejo/uso de gas natural (1965-2010).

Fecha	Descripción de accidente	Causa o falla	Consecuencia
1965	Derrame del metanero "Princess": Los brazos de descarga de GNL de la Planta regasificadora a un buque se desconectaron antes de las líneas de líquido se hubieran vaciado completamente causado un accidente de GNL.	Humana	Derrame

[4] Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, todos ellos considerados economías emergentes.

Fecha	Descripción de accidente	Causa o falla	Consecuencia
1965	Derrame del "Jules Verne": Existió un fallo en la instrumentación de nivel de líquido, causado un derrame de GNL.	Maquinaria	Derrame
1971	En La Spezia, Italia. Se produjo un fenómeno llamado "rool-over" o de vuelco, en el que dos capas de gas natural licuado con diferentes densidades y contenido de calor pueden formar de nuevo el flujo de gas natural desde el 180xplosive180 hasta la línea de nitrógeno provocando así otro accidente.	Maquinaria	Derrame
1972	Montreal East, Quebec, Canadá, Ocurrió una 180xplosive en la licuefacción de GNL debido a una falla que produjo una alta concentración de gas superando la máxima presión en la planta regasificadora de Gaz Metropolitan. El accidente ocurrió en la sala de control debido a un reflujo de gas natural desde el 180xplosive180 hasta la línea de nitrógeno.	Maquinaria	Explosión
1973	Staten Island EE.UU. Estalló un incendio en un tanque de GNL fuera de 180xplosiv, que estaba siendo reparado. Murieron los cuarenta trabajadores que estaban trabajando en el tanque. Se supone que se había filtrado gas a través del revestimiento en las rellenadas anteriores y se habían acumulado en el suelo y que una chispa eléctrica de las aspiradoras encendió el gas provocando la 180xplosive.	Humana	Incendio
1974	Massachusetts Barge EEUU. Después de un corte de energía y el cierre automático de las válvulas de la línea de líquido principal, una pequeña cantidad de gas natural licuado se filtró por una 180xplosi de purga debido al aumento de la presión causado por el cierre de la 180xplosi, provocó una fuga de gas natural licuado – causado otro accidente.	Humana	Fuga

Fecha	Descripción de accidente	Causa o falla	Consecuencia
1977	Derrame del buque "Aquarius" Dificultades en el 181xplosi de medida de nivel de líquido – causó otro accidente de GNL.	Humana	Derrame
1978	Isla Das, Emiratos Árabes Unidos. Una falla en una conexión de tubería de fondo de un tanque de GNL provocó otro accidente.	Maquinaria	Fuga
1979	Cove Point, Maryland, EEUU: Una fuga de gas natural licuado al fallar una bomba de alta presión, filtró por un conducto eléctrico – causando otro accidente.	Maquinaria	Fuga
1979	En el metanero Argelino Mostafa Benboulaid. Fallo en una 181xplosi en el 181xplosi de tuberías de 125 mil metros cúbicos de un buque causó otro accidente.	Maquinaria	Fuga
1979	El metanero Pollenger: Fuga en una 181xplosi provocó otro accidente.	Maquinaria	Fuga
1983	Bontang, Indonesia: Ruptura de un intercambiador de 181xplosiv una planta de GNL y la 181xplosive resultante provocan accidente.	Maquinaria	Explosión
1987	Nevada Test Site, Mercury, EEUU: Un encendido accidental de una nube de vapor de GNL se produjo en el lugar de pruebas de Departamento de Energía de EE.UU. (DOE) de Nevada	Humana	Explosión
1990	En el metanero Bachir Chihan. Se produjeron grietas en un tanque de 130.000 metros cúbicos, en partes de la embarcación sometidas a altas tensiones cuando la nave estaba en alta mar.	Maquinaria	Derrame
2002	Gibraltar fuera del Mediterráneo: Un portador menor de GNL "Norman Lady" colisionó frente a Gibraltar con el USS Oklahoma City, un 181xplosive nuclear de la Marina Norteamericana. Se produjeron daños menores en los dos buques. La compañía dijo que el buque, ya había	Humana	Derrame

Fecha	Descripción de accidente	Causa o falla	Consecuencia
	descargado su cargamento de GNL en Barcelona, España, sino el daño habría sido muy grande.		
2004	2004.- Argelia: las instalaciones portuarias de GNL diseñado para cargar 182xpl con pequeños buques tanque de GNL para cortas distancias explotó, muriendo 27 trabajadores y dejando 74 lesionados. La causa: en un principio se creía que fue debida a una "caldera defectuosa", que había recibido antes "reparaciones superficiales", investigación de seguros determinaron que la causa fue una fuga de gas natural licuado en la tubería	Maquinaria	Explosión
2004	Trinidad y Tobago: Explotó una turbina de GNL, decenas de trabajadores tuvieron que ser evacuados después de que una turbina de gas explotó	Maquinaria	Explosión
2004	Bélgica: Explosión de un oleoducto mata a 15 trabajadores. Los restos de la 182xplosive inicial se encontraron hasta cuatro kilómetros de distancia, siendo el accidente con gas más 182xplosive ese país, después de 1967 en el que murieron 22 personas, cuando un 182xplos cisterna que transportaba gas líquido estalló.	Maquinaria	Explosión
2004	Noruega: Un buque tanque de GNL cargado con una tripulación de 14 hombres, quedó a la deriva al oeste de Fedje, en la costa oeste de Noruega, al norte de Bergen. Los motores del buque se habían detenido, y las anclas fueron inútiles debido a un tiempo tormentoso. Los remolcadores recién llegaron al buque cuando este estaba a 182xpl 30 metros de golpear contra las rocas. Había viento y dado las malas condiciones meteorológicas en la zona, se hicieron los preparativos para evacuar a las 800 personas que viven en la isla de Fedje, por temor a que el buque explotara.	Fenómeno natural	Ninguna

Fecha	Descripción de accidente	Causa o falla	Consecuencia
2005	Nigera: Una cañería de gasoducto subacuático de 28 pulgadas de diámetro explotó. La 183xplosive afectó un área estimada en 27 kilómetros cuadrados. Once personas desaparecidas y toda la vida acuática de la zona totalmente destruída en Kalakama, una comunidad 183xplosiv en Ogoloma. El incidente, 183xplos un infierno que devoró unos 27 kilómetros cuadrados de los manglares, matando todo lo que había en el mar.	Maquinaria	Explosión
2005	India: Vientos poco más de 40 nudos provocó un accidente en la terminal de GNL Ltd Petronet en Dahej cuando los remolcadores de LNG "Disha" golpearon contra el muelle. La compañía Petronet LNG Ltd está 183xplosiv la evaluación de la 183xplosive de los daños.	Fenómeno Natural	Derrame
2006	Savannah, GA 14 de marzo 2006. Un desastre se evitó al controlar el derrame de un buque cisterna de gas licuado natural en el sur de la isla de Elba se separó de sus amarras y se alejó del muelle. El muelle fue cerrado durante unas 36 horas mientras que los representantes de la Guardia Costera y un ingeniero de GNL de la Comisión Federal Reguladora de Energía, investigó el incidente. Este accidente casi 183xplos las importaciones de GNL en Elba	Maquinaria	Derrame
2006	Trinidad & Tobago Fuego en una planta de GNL El fuego se desató al saltar un sello de seguridad. No hubo lesionados. Pocos días después los empleados tuvieron que evacuarla planta después de que al saltar un fusible golpeó a un empleado en el pecho. Tres días antes de ese incidente, la planta tuvo que ser cerrada durante seis horas, al descubrirse una fuga de gas natural en una tubería.	Maquinaria	Fuga
2006	Barco cargando gas líquido ardió en Jordania AMMAN Un barco cisterna que transportaba gas natural licuado se incendió, hiriendo a 12 personas. El barco fue evacuado	Humana	Incendio

Fecha	Descripción de accidente	Causa o falla	Consecuencia
	rápidamente y remolcado desde el muelle en el 184xplos del Mar Rojo.		
2010	El metanero de 90.000 Toneladas de capacidad (TRB) y 289 metros de eslora "Suez Matthew" se quedó sin 184xplosive184 en la medianoche sábado 27 de diciembre, cuando se dirigía desde Trinidad hacia el 184xplos de Boston con un cargamento de gas natural licuado (LNG). La tripulación y un equipo de especialistas enviado por el armador pudieron 184xplosive y reparar la avería, bajo la atenta 184xplosive184n de la Guardia Costera y con la presencia permanente de dos remolcadores. Antes de ser autorizado a atracar en los muelles de Everett, el capitán del Puerto de Boston revisó y aprobó las reparaciones realizadas, así como la certificación de las mismas emitida por Lloyd's Register. El "Suez Matthew" opera bajo la dirección técnica de Hoegh Fleet Services.	Maquinaria	Ninguna
2010	Un accidente similar, aunque más grave, se produjo en febrero, cuando el metanero de bandera 184xplosiv "Catalunya Spirit" se quedó sin máquinas y a la deriva. El Catalunya Spirit transportaba gas natural licuado desde Trinidad hacia Boston y tuvo que ser auxiliado por varios remolcadores. La reparación de la avería duró varios días. La prensa americana de esas fechas publicó que la potencia 184xplosive del cargamento transportado por este buque equivalía a 55 bombas como la arrojada en Hiroshima.	Maquinaria	Ninguna

De 26 accidentes ocurridos durante el periodo analizado, se encontró que las consecuencias ocurridas recayeron en 30,77% derrame, 26.92% explosión, el 7.62% incendio, 23.08% fugas y 11.54 % de los incidentes no tuvieron consecuencias.

Consecuencia Cantidad %

Derrame	8	30.77
Explosión	7	26.92
Incendio	2	7.69
Fuga	6	23.08
Ninguna	3	11.54
TOTAL	26	100.00

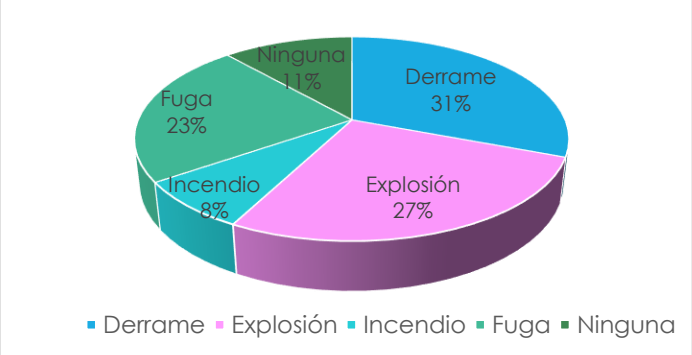


Figura 66 Porcentaje de consecuencias ocurridas por uso de gas natural

Obsérvese que en 45 años sucedieron 26 accidentes, en lapsos de tiempo prolongado, las causas recaen en maquinaria, y al hablar de maquinaria hablamos de fallas humanas. En los últimos años del siglo presente (XXI), los accidentes también han sido dispersos, dados por descuido humano y acumulación de los vapores, esto nos lleva a pensar en la implementación de medidas de seguridad y establecer controles para aprender a manejar este combustible, el cual ante cualquier descuido existe una probabilidad alta en resultados de graves secuelas en caso de darse un accidente.

Estadísticas de accidentes a nivel nacional.

Esta sección describe estadísticas de incidentes y accidentes que han ocurrido en la industria del transporte por medio de ductos de hidrocarburos a nivel nacional. Cabe mencionar que los datos mostrados en las Figs. 4.2 – 4.5 han sido recopiladas de diferentes medios de información principalmente periódicos de circulación nacional.

Por otro lado, la Figura 71 "Índice de frecuencia" –PEMEX (PEMEX, 2008) muestra las estadísticas de PEMEX en relación con la "frecuencia de accidentes" entre 1996 y 2007.

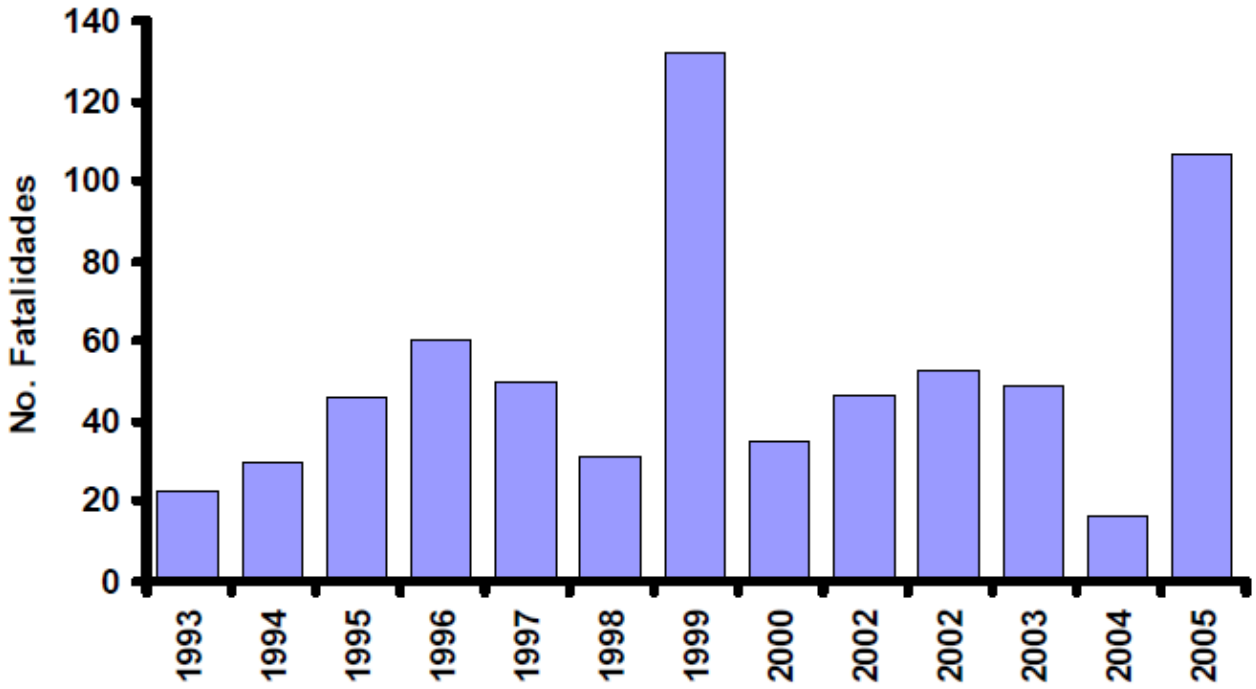


Figura 67 Fatalidades-accidentes en ductos (PEMEX, 2007).

Fuente: Santos Reyes, 2010.

La Figura 67 Fatalidades-accidentes en ductos (PEMEX, 2007). muestra el número de fatalidades debidas a accidentes de ductos que han ocurrido entre 1993 al 2005. El número de fatalidades por año es de 100. Siendo los años 1999 y 2005 los más críticos ya que hubo un total de 132 y 107 fatalidades respectivamente. Por otro lado, la Figura 68 Intoxicados-accidentes en ductos (PEMEX, 2007).3 muestra el número de personas que han sido intoxicadas por estos eventos; siendo el año de 1996 el más crítico con 1336.

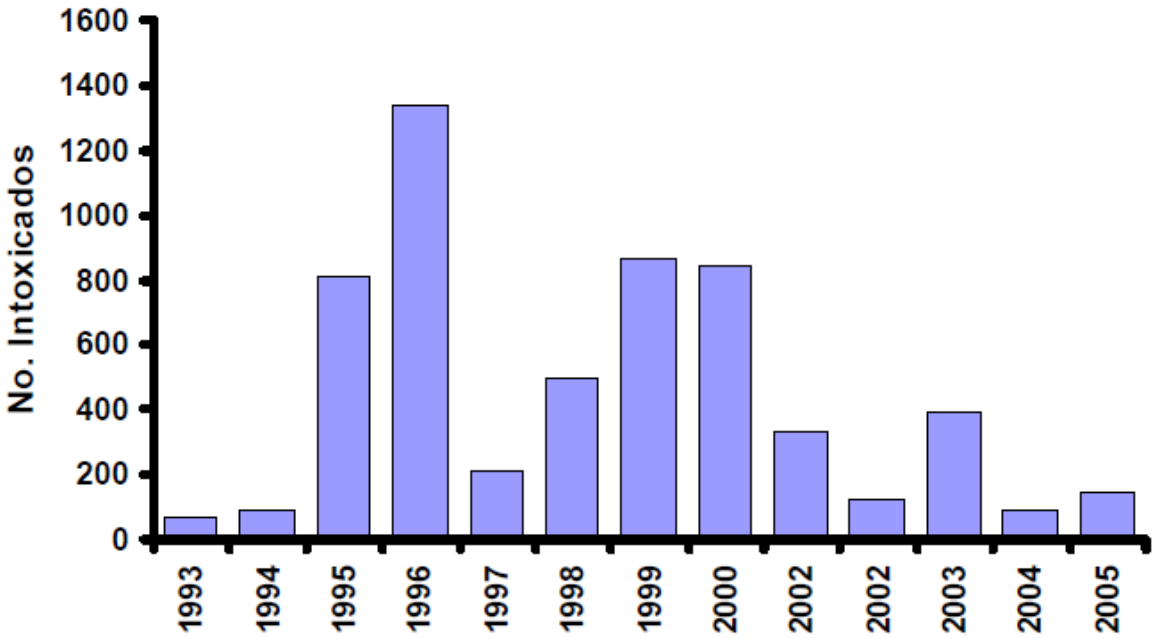


Figura 68 Intoxicados-accidentes en ductos (PEMEX, 2007).

Fuente: Santos Reyes, 2010.

La Figura 69 Lesionados-accidentes en ductos (PEMEX, 2007) muestra el número de personas que han sido lesionadas (Ej., quemaduras, entre otros) con una media de 200 por año. El número de personas que han sido evacuadas de sus hogares o centros de labores debidos a accidentes de ductos se muestra en la Figura 70 Evacuados-accidentes en ductos (PEMEX, 2007). Se puede observar que los años más críticos han sido el 2004 y 2005; con cifras de 22,978 y 24,111 evacuados respectivamente.

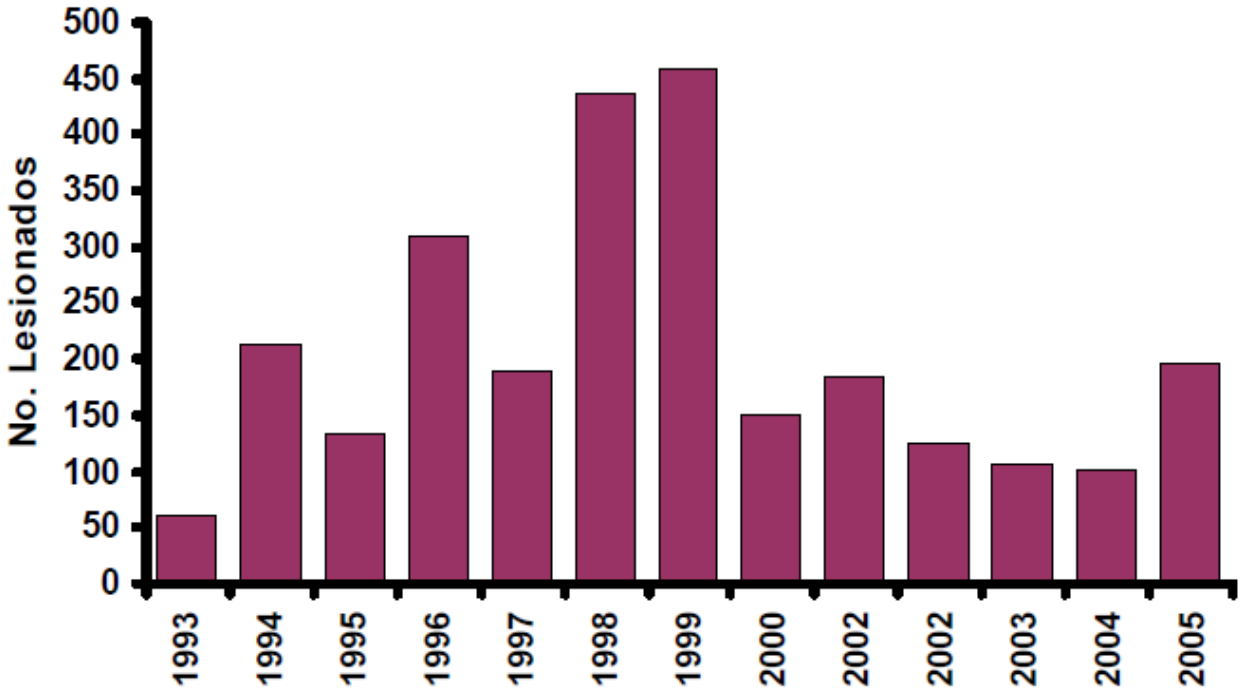


Figura 69 Lesionados-accidentes en ductos (PEMEX, 2007)

Fuente: Santos Reyes, 2010.

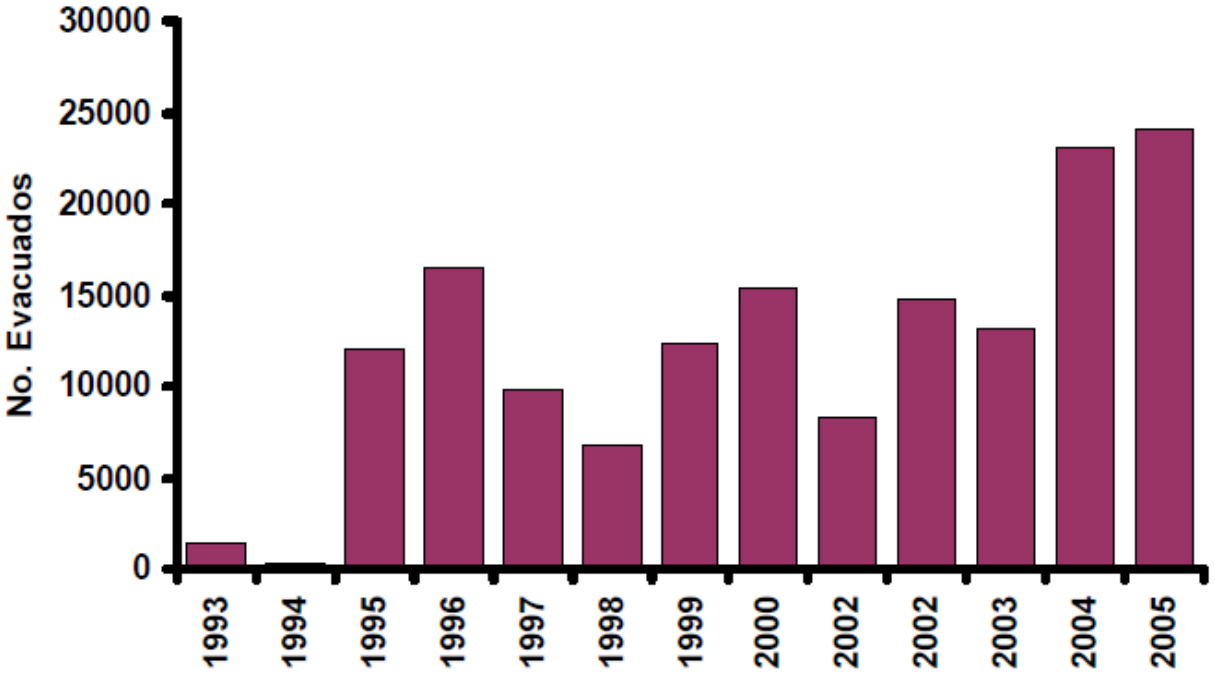


Figura 70 Evacuados-accidentes en ductos (PEMEX, 2007)

Fuente: Santos Reyes, 2010

La Figura 71 "Índice de frecuencia" –PEMEX (PEMEX, 2008) muestra las estadísticas de PEMEX en relación con el "Número de lesiones incapacitantes por cada millón de horas hombre". Los datos mostrados no muestran explícitamente los incidentes o accidentes ocurridos en ductos.

El índice de frecuencia de accidentes tiene mejoras entre 1996 y 2001 de manera consistente, según Pemex, "llegó a ubicarse incluso por debajo de las referencias internacionales". Sin embargo, dicho índice repuntó en 2004. Por otro lado, el índice de frecuencia para personal de Petróleos Mexicanos en 2007 se ubicó en 0.59, comparado con 0.67 durante 2006. Dicho índice repuntó en octubre, al alcanzar 1.14, debido principalmente a tres accidentes en las actividades de exploración y producción (una intoxicación en la plataforma Ixtal-A, una reparación de fugas en el ducto Potrero-Naranjos, y la colisión de la plataforma Usumacinta). Otras áreas, como Pemex Gas y Petroquímica Básica, Pemex Refinación y Pemex Petroquímica mantuvieron índices decrecientes respecto a otros años. Lamentablemente, en 2007 fallecieron dieciocho trabajadores de Pemex.

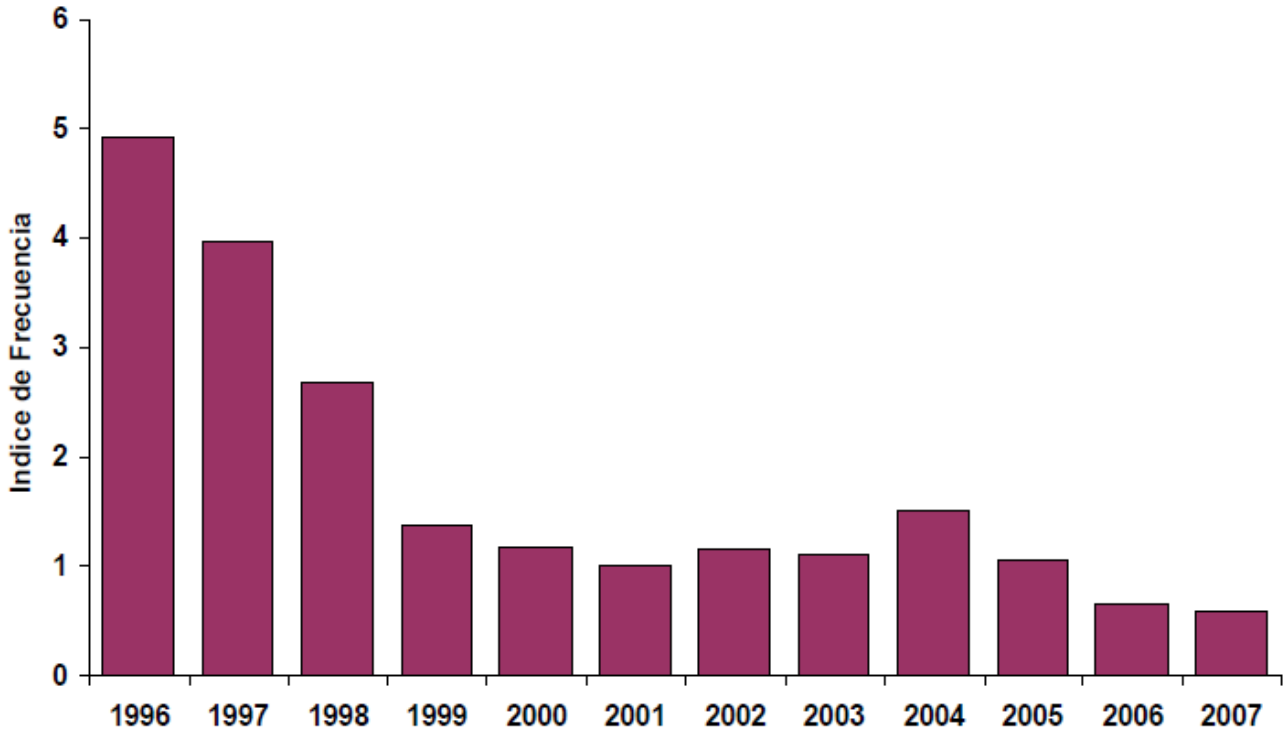


Figura 71 "Índice de frecuencia" –PEMEX (PEMEX, 2008)

Fuente: Santos Reyes, 2010

Tabla 70 Antecedentes de Accidentes e Incidentes en México por el manejo de Gas Natural.

No.	Fecha.	Ciudad.	Instalación.	Sustancias involucradas.	Evento.	Causa o falla.	Niv. de afect. (pers., pob., medio ambiente, entre otros.)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada.
1	1993	Villahermosa, Tabasco.	N.D..	Gas Natural.	Fuga de gas natural con un volumen despreciable.	Carretes dañados.	No hubo área afectada	Se bloqueó la línea de gas y desfogó el remanente, posteriormente se cambiaron los carretes dañados.	PROFEPA
2	1993	Villahermosa, Tabasco.	Gasoducto.	Gas Natural.	Fuga de gas natural.	N.D.	No hubo daños al ambiente.	Reparación de la fuga, sustituyendo un tramo de 195 m de tubería en el gasoducto.	PROFEPA
3	1993	Villahermosa, Tabasco.	Gasoducto.	Gas Natural.	Fuga de gas natural, el volumen de la fuga fue de aproximadamente 10 m^3.	N.D.	Afectación de un área de 3,200 m	Se bloqueó la tubería mediante el cierre de la válvula y el remanente se desfogó.	PROFEPA
4	1994	Coahuila.	Red de distribución de gas natural.	Gas Natural.	Explosión, derivado de varias fugas en la línea de gas.	N.D.	Dos heridos.	Renovación de la tubería de gas, reparación de fugas en medidores y un estudio de	PROFEPA

No.	Fecha.	Ciudad.	Instalación.	Sustancias involucradas.	Evento.	Causa o falla.	Niv. de afect. (pers., pob., medio ambiente, entre otros.)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada.
								evaluación del área afectada.	
5	1994	Nuevo León,	Centro de regulación de gas.	Gas Natural.	Fuga de gas natural en el centro de regulación de gas, la fuga se produjo durante el mantenimiento al purgar la válvula de salida del gas.	Purga a 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; posteriormente se reubicó el centro de regulación del ducto.	PROFEPA
6	1994	Villahermosa, Tabasco.	Gasoducto de 36"	Gas Natural.	Flamazo seguido de una explosión, cuando se realizaba el cambio de la válvula de 36".	Corto circuito del cable de suministro de energía eléctrica.	Hubo 11 lesionados con quemaduras.	El personal de contraincendio sofocó el siniestro.	PROFEPA

No.	Fecha.	Ciudad.	Instalación.	Sustancias involucradas.	Evento.	Causa o falla.	Niv. de afect. (pers., pob., medio ambiente, entre otros.)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada.
7	1995	Monclova, Coahuila.	Gasoducto.	Gas Natural.	Fuga de gas natural, se activó la válvula de seguridad, provocando una emisión de 50 m^3 de gas.	Sobrepresión en la estación de regulación. Falla en la calibración de la válvula de seguridad.	No se registraron afectaciones al ser humano.	Se realizó la recalibración de la válvula de seguridad, con el fin de que se encontrara en óptimas condiciones en caso de ocurrir otra sobrepresión en el sistema.	PROFEPA
8	1995	Chiapas.	Línea de descarga de la compresora que succiona Gas Marino y Mesozoico.	Gas Natural.	Fuga de gas natural seguida de un incendio, propagándose en toda la máquina y dirigiéndose a los cabezales de llegada y salida del gas de la compresora.	N.D.	Hubo cuatro bomberos lesionados con quemaduras de primer grado y emisiones de humo de la combustión al aire.	Como acciones de emergencia se realizó el bloqueo del suministro de gas Marino y Mesozoico al Complejo y la Brigada Contra Incendio sofocó el incendio.	PROFEPA
9	1995	Jalisco.	Gasoducto.	Gas Natural.	Fuga de gas, la cual se originó en la válvula de salida del gas.	Mal estado de la válvula de salida del gas.	No hubo lesionados.	Se acordonó el área y se realizó la reposición de la	PROFEPA

No.	Fecha.	Ciudad.	Instalación.	Sustancias involucradas.	Evento.	Causa o falla.	Niv. de afect. (pers., pob., medio ambiente, entre otros.)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada.
								válvula inmediatamente.	
10	1995	Tamaulipas.	Cuarto de control de un laboratorio químico.	Gas Natural.	Explosión en el cuarto de control, al tomar una muestra de la corriente de gas natural.	Lo anterior se originó al formarse una atmósfera de hidrógeno que, al contacto con la fuente de ignición, produjo la explosión.	Se registró una pérdida humana.	Cierre del suministro de gas y evacuación.	PROFEPA
11	1995	Tabasco.	Gasoducto.	Gas Natural.	Explosión de gas natural.	Originado al momento de seccionar con un soplete una línea abandonada que contenía remanentes de gas.	Hubo dos personas lesionadas a las que se les proporcionó atención médica inmediata.	Se realizó la verificación de que los tramos de tubería que se iban a retirar no contuvieran residuos de gas, para evitar algún evento subsecuente.	PROFEPA

No.	Fecha.	Ciudad.	Instalación.	Sustancias involucradas.	Evento.	Causa o falla.	Niv. de afect. (pers., pob., medio ambiente, entre otros.)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada.
12	1996	Chiapas.	Complejo procesador de gas Cactus, Chiapas.	Etano Plus Se considera de importancia esta experiencia, porque se suscitó en una instalación de gas, donde se maneja también gas natural.	Explosión.	N.D.	Las llamas alcanzaron hasta 80 metros de altura y la onda expansiva se calculó en 1.5 km.	Evacuación de la planta y de los poblados aledaños	PROFEPA
13	2003	Nogales, Veracruz.	Gasoducto.	Gas Natural.	La ruptura de un oleoducto y un gasoducto generó en La Balastrera una explosión.	Provocada por la corriente del río Chiquito.	Hubo cinco muertos, seis desaparecidos y 50 personas quemadas, entre ellas 11 menores de edad.	Reparación del tramo dañado.	LA JORNADA

No.	Fecha.	Ciudad.	Instalación.	Sustancias involucradas.	Evento.	Causa o falla.	Niv. de afect. (pers., pob., medio ambiente, entre otros.)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada.
14	09/07/2005	Tabasco	Gasoducto.	Gas Natural.	Fuga con incendio en el gasoducto de Dos Bocas a Cunduacán.	N.D.	Una persona murió, 11 resultaron lesionadas y 800 tuvieron que ser desalojadas.	Cierre del suministro.	LA JORNADA
15	10/09/2007	Veracruz	Gasoducto	Gas Natural	Cuatro explosiones y una fuga de gas en los ductos de Petróleos Mexicanos (Pemex).	Sabotaje, presumiblemente miembros del EPR colocaron artefactos explosivos a lo largo de 14 km de ductos.	Las llamas alcanzaron 200 metros de altura y se podían ver a varios kilómetros. Miles de litros del hidrocarburo alcanzaran el río Chiquito, cuyo caudal, elevado por las recientes lluvias, los arrastró hacia el río Blanco, uno de las principales de la entidad.	24 mil personas fueron evacuadas por brigadistas y elementos de la Secretaría de la Defensa Nacional en todos los puntos afectados. Petróleos Mexicanos y el gobierno del estado informaron que los incendios fueron controlados y que se interrumpió el flujo en los ductos averiados.	LA JORNADA

No.	Fecha.	Ciudad.	Instalación.	Sustancias involucradas.	Evento.	Causa o falla.	Niv. de afect. (pers., pob., medio ambiente, entre otros.)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada.
								La Policía Federal Preventiva dispuso de un operativo para desviar el tráfico hacia la carretera federal Veracruz-Tamarindo-Jalapa.	
16	13/09/2008	Estado de México.	Gasoducto.	Gas Natural.	Explosión de gas Natural.	Trabajadores de la empresa OHL, golpearon un ducto al realizar trabajos de perforación para la construcción de un puente vehicular del Circuito Exterior Mexiquense, tercera etapa.	Explosión e incendio. Dos personas lesionadas y desalojo de poco más de 5,000 habitantes.	Se cerró el suministro de gas.	CRÓNICA AL MOMENTO
17	2013	Delegación Magdalena. Contreras.	Gasoducto.	Gas Natural.	Explosión en la lateral del Periférico, frente a la Comisión Nacional de	Trabajadores rompieron un ducto de gas, de forma accidental.	Explosión.	Se cerró el suministro de gas.	LA JORNADA

No.	Fecha.	Ciudad.	Instalación.	Sustancias involucradas.	Evento.	Causa o falla.	Niv. de afect. (pers., pob., medio ambiente, entre otros.)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada.
					Derechos Humanos (CNDH).				
18	08/2014	CDMX.	Red de distribución de gas natural.	Gas Natural.	Los trabajos de la Línea 3 del Metro ocasionaron una fuga de gas en el cruce de Félix U. Gómez y Constitución.	Golpe al ducto durante los trabajos de la Línea 3.	No hubo lesionados.	Se bloqueó la línea de gas.	NOTICIEROS TELEVISA.
19	13/05/2015	Santa Catarina, delegación Azcapotzalco.	Red de distribución de gas natural.	Gas Natural.	La ruptura generó una fuga de gas que bomberos lograron controlar más de dos horas después.	Fractura de la tubería durante obras de construcción en calles de la colonia	Autoridades ordenaron el desalojo de habitantes en quinientos metros a la redonda, aproximadamente 600 personas, a fin de prevenir una mayor emergencia. No se reportaron personas lesionadas.	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.	NOTICIEROS TELEVISA

No.	Fecha.	Ciudad.	Instalación.	Sustancias involucradas.	Evento.	Causa o falla.	Niv. de afect. (pers., pob., medio ambiente, entre otros.)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada.
20	07/03/2018	Colonia Arcos de San Sebastián.	Red de distribución de gas natural.	Gas Natural.	Explosión de un ducto de gas natural.	Un tractor en el que hacían labores para introducir drenaje por parte del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL), rompió los ductos.	Tres trabajadores resultaron lesionados durante la explosión.	Se cerró el suministro de gas.	MILENIO.
21	25/12/2019	Tuxpan, Veracruz.	Gasoducto.	Gas Natural.	Fuga en el gasoducto de Tuxpan-Texas.	Venteo controlado por una sobrepresión.	Habitantes de las comunidades Monte Grande y Banderas en este municipio fueron desalojados de sus casas.	Se realizó el venteo y la evacuación.	NOTICIEROS TELEVISA.

A la fecha la Gas Natural de Santa Rosa, S. de R.L. de C.V., no ha tenido accidentes registrados durante sus operaciones.

La base de datos CartoCrítica (https://cartocritica.org.mx/2017/ductos/), ha generado una primera caracterización sobre los ductos para el transporte de hidrocarburos que existen en el país. En este esfuerzo se identificaron 6 mil 777 proyectos de ductos, cuya longitud es de 68 mil 843.15 kilómetros.

Para la zona en estudio, se observa lo siguiente:

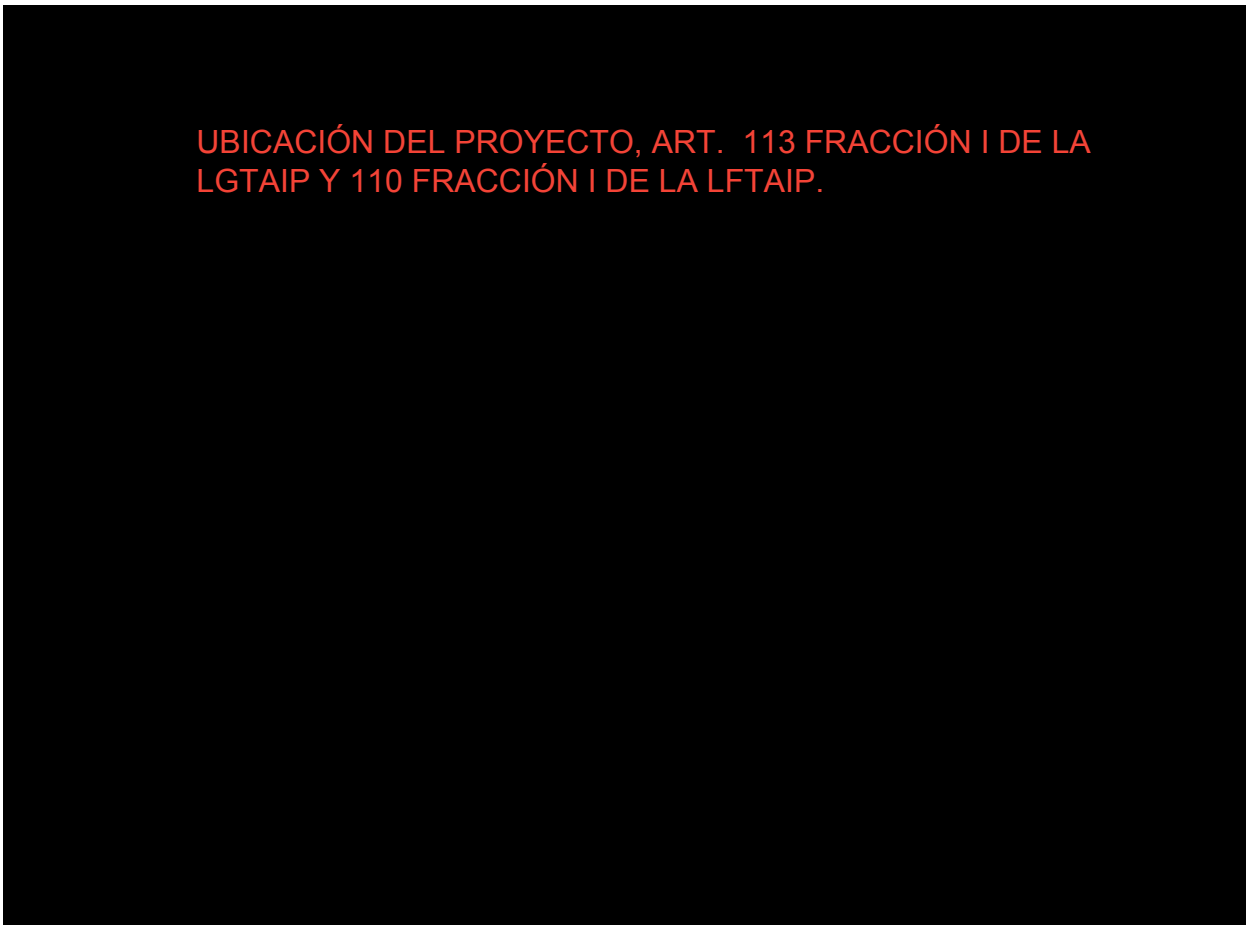


Figura 72 Ubicación del Sitio en estudio respecto a otros ductos y registros de eventos relacionados. Fuente: CartoCrítica, 2017.

El transporte y distribución de gas natural, es una actividad comúnmente adoptada en la industria y en las instalaciones de aprovechamiento. Por otro lado, accidentes ocurren con frecuencia en los ductos de transporte de hidrocarburos y con graves consecuencias

en términos de pérdidas de vidas humanas, lesiones graves, interrupción de las operaciones, etc.

El cuidado se enfoca en los riesgos de su manejo y utilización a la generación de incendios o explosiones derivadas de fugas. Por tal motivo la determinación de éstos, en sus aspectos cualitativos, cuantitativos y de consecuencias se basan en procesos y prácticas ampliamente conocidas.

5.4.1.3. Identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo

> *Los resultados del Análisis Preliminar de Peligros serán el insumo inicial para la fase de identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo, por cualquiera de las metodologías seleccionadas por los Regulados.*

Los estudios de riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

La frecuencia de accidentes e incidentes de tipo industrial que han ocurrido en el ámbito internacional y local ha generado en el país una cultura de prevención dentro de los departamentos de seguridad de cada empresa, por ello las instalaciones no sólo son revisadas en los aspectos de riesgo, seguridad e higiene laborales sino que también es evaluada por la presencia de eventos como incendios, explosiones, derrames o fugas por el manejo y almacenamiento de sustancias consideradas como altamente riesgosas independientemente del estado físico de las mismas.

En términos generales, existe conciencia del peligro que conlleva el manejo de sustancias inflamables como son los combustibles, por lo que la ASEA ha implementado los protocolos y controles de seguridad necesarios para su buen manejo.

El riesgo se encuentra relacionado con el peligro o condiciones que pueden producir efectos adversos sobre la mejor utilización de los recursos humanos y de la propiedad.

Se dice que existe peligro cuando se ha descubierto, se conoce o se sabe que existen una o varias condiciones peligrosas. Las consecuencias pueden dar como resultado pérdidas, las cuales pueden ser del siguiente tipo:

- Al personal (Lesiones).
- A la propiedad (Bienes inmuebles y muebles).
- Al entorno (Daños al ambiente, la ecología y a la sociedad).

Para que una actividad sea considerada como riesgosa, debe comprender acciones asociadas con el manejo de sustancias con propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, radioactivas y biológicas en cantidades tales que, en caso de producirse su liberación, ya sea por fuga, derrame, incendio o explosión, puedan ocasionar afectación significativa al ambiente, a la población o sus bienes.

Los riesgos relacionados con el manejo de gas natural, son la posibilidad de dispersión de vapores por fuga durante las operaciones relacionadas con su manejo seguido por su dispersión, además el riesgo más importante es la fuga de hidrocarburos, debido a que si el combustible encuentra una chispa puede generarse un incendio.

La mayoría de los accidentes que implican daños, muerte o pérdidas materiales son atribuibles en buena medida a los errores humanos, sin tomar en cuenta los eventos naturales, terremotos, tempestades, inundaciones, sobre las cuales el ser humano no ejerce control alguno. Lo errores humanos se pueden presentar durante todas o algunas de las etapas del ciclo de vida del proyecto; durante el diseño, construcción, operación y el mantenimiento.

La identificación y descripción de cada uno de los riesgos se realizó con base en las interacciones de las operaciones con el ambiente que lo sustenta, considerando las obras o acciones generadoras, así como las áreas ambientales receptoras de los riesgos.

Por lo tanto, se realizó un Análisis Nivel de Integridad de la Seguridad considerando lo siguiente:

- Establecer el nivel de integridad de la seguridad requerido (SIL objetivo) de acuerdo con los criterios de tolerabilidad de riesgos del regulado.

- Seleccionar la metodología para determinar la cantidad de reducción de riesgo requerida para administración de riesgo a niveles tolerables (LOPA u otra similar).
- Determinar la cantidad de reducción de riesgo necesario para cada escenario de riesgo (par causa – consecuencia).
- Informe del nivel de integridad de la seguridad.

Los criterios de selección para la metodología utilizada que se tomaron fueron: el motivo del estudio (sin estudios previos); tipo de resultado requerido; información del proceso con que se cuenta; características del problema; riesgo percibido e historial.

Cabe mencionar que todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association), así como en Literatura especializada como, Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

Con el objetivo de evaluar el riesgo en caso de presentarse incidentes en la red de distribución de gas natural, se seleccionó la metodología HAZOP y así emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a las instalaciones y medio ambiente.

5.4.1.3.1 Análisis Cualitativo de Riesgo (HAZOP)

E l método nació en 1963 en la compañía ICl (Imperial Chemical Industries), en una época en que se aplicaba en otras áreas las técnicas de análisis crítico. Estas técnicas consistían en un análisis sistematizado de un problema a través del planteamiento y respuestas a una serie de preguntas (¿cómo?, ¿cuándo?, ¿por qué? ¿quién?, etc.). La aplicación de estas técnicas al diseño de una planta química nueva puso de manifiesto una serie de puntos débiles del diseño.

La selección de la técnica PHA (Process Hazard Analysis) de identificación de riesgos a aplicar se realiza en función del propósito del análisis, resultados deseados, información disponible, complejidad de la instalación, etapa del desarrollo de la instalación y otros factores.

De todas las metodologías, el HAZOP es el método más completo y riguroso por lo que es generalmente la técnica preferida por las empresas. El análisis de HAZOP se basa en identificar cuatro elementos clave:

1. La fuente o **causa** del riesgo.
2. La **consecuencia**, impacto o efecto resultante de la exposición a este riesgo.
3. Las **salvaguardas** existentes o controles, destinados a prevenir la ocurrencia de la causa o mitigar las consecuencias asociadas.
4. Las **recomendaciones** o acciones que pueden ser tomadas si se considera que las salvaguardas o controles son inadecuados o directamente no existen.

El objetivo de la técnica de HAZOP es identificar los potenciales riesgos en las instalaciones y evaluar los problemas de operabilidad. Aunque la identificación de riesgos es el objetivo principal del método, los problemas de operabilidad deben ser revelados cuando éstos tienen impacto negativo en la rentabilidad de la instalación o conducen también a riesgos.

Se determinan así los escenarios peligrosos para el personal, instalaciones, terceras partes y medio ambiente, y las situaciones que derivan en una pérdida de producción.

El estudio de HAZOP se basa en analizar en forma metódica y sistemática el proceso, la operación, la ubicación de los equipos y del personal en las instalaciones, la acción humana (de rutina o no) y los factores externos, revelando las situaciones riesgosas.

Se enfoca en determinar cómo un proceso puede apartarse de sus condiciones de diseño y sus condiciones normales de operación, planteando las posibles desviaciones que pudieran ocurrir.

Es un trabajo de equipo realizado por un grupo multidisciplinario de expertos que involucra un "brainstorming" o tormenta de ideas, coordinado por un especialista de HAZOP. El método se apoya en la pericia de los miembros del equipo y su experiencia anterior en instalaciones similares.

Para cada riesgo identificado, se determina su probabilidad y severidad de ocurrencia y se realizan recomendaciones para mitigar o eliminar dichas situaciones peligrosas.

La técnica del HAZOP es el método disponible de análisis de riesgos más riguroso, pero no puede proporcionar la seguridad completa de que todos los riesgos han sido identificados ya que el resultado del estudio depende fundamentalmente de la performance del equipo. Bajo el mando de un líder, es nombrado de entre los miembros del grupo, los cuales son:

- *Ingeniería* Proyectos, cambios de diseño o modificaciones de planta
- *Producción* Procedimientos y condiciones de operación. Experiencias.
- *Mantenimiento* Inspección de equipo/sistemas, pruebas y mantenimiento
- *Ing. Procesos* Detalles técnicos de proceso y equipo
- *Seguridad Ind.* Prevención de accidentes, prevención de incendios, salud ocupacional.

En ocasiones se requerirá la asistencia en el Grupo de Análisis de especialistas en áreas específicas, como corrosión, investigación y desarrollo, reacciones exotérmicas, instrumentación, protección del ambiente, higiene industrial, etc., a quienes se deberá llamar en las sesiones donde se traten asuntos relativos a dichas especialidades.

Dependiendo de los resultados de un análisis preliminar aplicado a un proceso, se selecciona el sistema que requiera de una mayor profundización en el Análisis de Riesgos. El líder del Grupo deberá recabar toda la información documental del proceso, ya que la aplicación del método requiere. El líder del Grupo deberá preparar un plan detallado de las sesiones de análisis para asegurar la disponibilidad de los miembros del Grupo.

El sistema en estudio deberá dividirse, por ejemplo, en cada uno de sus diagramas de tubería e instrumentación (DTIs), comenzando el estudio en el diagrama de inicio de flujo del proceso y tomando en cuenta cada uno de los procedimientos de operación. A cada una de las partes del sistema: tuberías, equipo de proceso, válvulas, bombas, etc., se le aplicarán "palabras guía" para valorar su intención de diseño y evaluar qué podría pasar si dicha intención de diseño no se cumple o se cumple sólo parcialmente y qué consecuencias acarrearía esto.

Se entiende por intención de diseño a la serie de parámetros que un equipo, componente o parte de un sistema tiene considerado cumplir por diseño para desempeñar su función dentro de dicho sistema.

La realización de un análisis HazOp requiere del manejo de terminología y de usar las denominadas "Palabras Guías", cuyos significados se muestran en las siguientes tablas, respectivamente. A continuación, se presentan la terminología más común en este método:

Tabla 71 Terminología más común usada en el Análisis Hazop.

Término	Definición
Nodos	Son secciones de un equipo, circuito o proceso con fronteras bien definidas, cuyas condiciones de operación son constantes o similares.
Intención de diseño	Definición de cómo se espera que el equipo, circuito o proceso opere en ausencia de desviaciones.
Palabras guía	Palabras simples que son usadas para determinar una desviación en el proceso con el fin de estimular una tormenta de ideas para identificar los peligros y riesgos del mismo. (p. ej. No, menos, más, bajo, alto, otro, además de, etc.)
Parámetros del proceso	Variables a controlar en la operación de un proceso.
Desviación	Es el alejamiento hipotético o desvío de la intención de diseño de un equipo, circuito o proceso, que resulta de aplicar las palabras guía a los parámetros o variables de proceso.
Causas	Son los motivos o razones más probables por las cuales las desviaciones pueden ocurrir. Estas causas pueden ser fallas, errores humanos, variaciones del proceso, perturbaciones externas, etc.
Consecuencias	Son los resultados de las desviaciones considerando que las protecciones fallan.
Protecciones o salvaguardas	Sistemas de Ingeniería o de control, equipos, instrumentación, procedimientos operativos o de seguridad, diseñados para prever las causas o mitigar las consecuencias de las desviaciones
Recomendaciones	Sugerencias para evitar las desviaciones, p. ej. cambios en el diseño, modificaciones al procedimiento, nuevos procedimientos o aplicación de procedimientos existentes, etc.

Palabras Guía

El método HazOp incluye una serie de siete palabras guía que actuarán como estímulo para cuestionar los parámetros más relevantes de diseño del sistema en estudio, como son materiales, secuencia de alimentación, dirección y cantidad de flujo, condiciones de operación tales como temperatura, presión y tiempo, etc.

Tabla 72 Palabras guías en el método HAZOP

PALABRAS GUÍA	
	DEFINICIÓN
NO	Completa negación de la intención. No se realiza la intención de diseño, ni parte de ella, aunque no sucede otra cosa en su lugar. *Por ejemplo, "no hay flujo", "no calienta", "no transfiere".*
MÁS	Incremento cuantitativo. Aumento en cualquier parámetro físico que lo requerido. Se refiere tanto a cantidades como a propiedades. *Por ejemplo, "más caliente", "más flujo", "más velocidad".*
MENOS	Disminución cuantitativa. Descenso en cualquier parámetro físico que lo especificado. Se refiere tanto a cantidades como a propiedades. *Ejemplo, "menos temperatura", "menos flujo".*
ADEMÁS DE	Incremento cualitativo. Todas las intenciones de diseño se llevan a cabo además de otra actividad no deseada. *Ejemplo, "impurezas", "reacción secundaria", "fases adicionales".*
PARTE DE	Disminución cualitativa Sólo se llevan a cabo ciertas intenciones de diseño, mientras que otras esperadas no. Ejemplo, "flujo correcto pero baja presión", "flujo de un solo componente, esperándose dos".
INVERSO	Intención lógica opuesta.

PALABRAS GUÍA	
	DEFINICIÓN
	Aplicable tanto a actividades como a propiedades. Ejemplo, "flujo inverso", "enfriamiento en lugar de calentamiento", "ácido en vez de álcali".
DISTINTO	Substitución total de la intención. No se lleva a cabo ninguna parte de la intención, pero ocurre algo diferente. Ejemplo, "material diferente", "equipo distinto", o bien lo que ocurre fuera de operación normal, como arranque, paro, mantenimiento, etc.

En el análisis del sistema, se emplearán todas y cada una de las palabras guía a cada uno de las partes y componentes estudiados. Para identificar desviaciones que puedan afectar al sistema, identificando los riesgos que puedan presentarse.

El uso de una matriz para la aplicación de las palabras guía ayudará al Grupo de Análisis a considerar las principales desviaciones y a registrarlas sistemáticamente en la forma de HazOp.

Tabla 73 Parámetros de diseño

	NO	MAS	MENOS	ADEMÁS DE	PARTE DE	INVERSO	DISTINTO
FLUJO	No fluye	Fluye demasiado	Bajo flujo	Material extraño Estática	Mezcla incompleta	Flujo inverso	Distinto material
TEMPERATURA	No ΔT	Alta temperatura	Baja temperatura		Bajo ΔT	Enfría vs calienta	
PRESIÓN	No ΔP	Alta presión	Baja presión		Bajo ΔP	Vacío vs presión	
TIEMPO	Falta una etapa	Muy largo muy tarde	Muy corto muy pronto	Inicio de otra etapa	Falta de pasos	Pasos inversos	Momento equivocado

Referencia: Process Hazards Reviews, DuPont Chemicals

Identificación de Causas.

Cada una de las desviaciones de la intención de diseño probadas por medio de las palabras guía debe tener una causa objetiva posible y probable que la origine. De no ser así, la desviación no podrá ocurrir. El Grupo de Análisis deberá considerar todas las posibilidades de causa antes de descartar la desviación.

Como en el caso de Análisis de Modo de Falla y Efecto, el Grupo de Análisis debe evitar tomar en cuenta la existencia de los dispositivos y protecciones con que cuenta el sistema y que pueden evitar la causa de una desviación, ya que el método considera la existencia de la desviación aún si todas las protecciones del proceso fallan. Más adelante se considerarán éstos y se evaluará si son suficientes o se requieren medidas adicionales las cuales se integrarán en la columna de Recomendaciones.

Tabla 74 Causas probables de desviación de intención de diseño

DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	
	EQUIPO	OPERACIÓN
NO HAY FLUJO	• Falla de bomba • Sobrepresión en la descarga • Línea bloqueada • Línea abierta • Succión vacía • Flujo desviado • Línea de alivio abierta	• Pérdida de control automático • Error humano
ALTO FLUJO	• Pérdida de presión de demanda • Presión en la succión • Bomba desbocada • Fuga en cambiador de calor	• Pérdida de control automático • Error al fijar escalas • Error humano
BAJO FLUJO	• Falla de bomba • Línea bloqueada • Succión empobrecida • Cavitación de bomba • Fuga de línea • Fuga en cambiador de calor • Válvula cerrada • Congelación de línea	• Pérdida de control automático • Error al fijar escalas • Error humano

DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	
	EQUIPO	OPERACIÓN
FLUJO INVERSO	• Falla de bomba • Bomba con conexión inversa • Sobrepresión en la descarga • Sifoneo de material hacia atrás	• Error humano
ALTA/BAJA TEMPERATURA	• Reacción química • Suspensión de reacción • Espuma en la reacción • Falta de agitación • Sedimentación • Cambio de viscosidad • Cambio de densidad • Incendio	• Pérdida de control automático • Error al fijar escalas
ALTA/BAJA PRESIÓN	• Reacción química • Cavitación • Falta de flujo • Espuma en la reacción • Ingreso de gas a presión • Explosión interna • Implosión interna • Condensación • Golpe de ariete	• Pérdida de control automático • Error al fijar escalas • Error humano
ALTA CONCENTRACIÓN	• Cambios en composición de mezclas • Menos solvente	• Pérdida de control automático • Error humano
EXCESO DE REACCIÓN	• Exotermia • Reacción fuera de control • Falta de enfriamiento • Falta de agitación • Espumación • Reacción distinta • Materiales enriquecidos • Catalizadores enriquecidos	• Pérdida de control automático • Error al fijar escalas • Error humano
ALTO/BAJO MEZCLADO	• Falla de agitador • Vórtex • Formación de remolino laminar • Erosión	• Error humano

DESVIACIÓN	CAUSA PROBABLE	
	EQUIPO	OPERACIÓN
ALTO/BAJO NIVEL	• Sobrellenado • Sedimentos • Oleaje interno	• Pérdida de control automático • Error humano
CONTAMINANTES	• Ingreso de aire, agua, lubricantes, medios de calentamiento, productos de corrosión • Ingreso de otros materiales de proceso. • Sistemas adyacentes a mayor presión. • Fuga de cambiadores • Fuga de la chaqueta	• Error humano
ELECTRICIDAD ESTÁTICA	• Transferencia de fluidos no polares • Transferencia de fluidos en dos fases • Transferencia de fluidos por líneas no conductoras • Falta de aterrizaje adecuado	• Carga de materiales • Transferencia de materiales

Consecuencias de la Desviación.

Una vez aplicadas las palabras guía a cada uno de los componentes del sistema en estudio y determinadas sus causas, se registrará esta información en la forma de *HazOp* y se procederá a determinar las consecuencias de cada desviación, nuevamente sin considerar los dispositivos de protección con que cuente ya el proceso para prevenir o minimizar éstos, tratando de llegar hasta las últimas consecuencias derivadas de una desviación o de una posible combinación de desviaciones. Si las únicas consecuencias posibles que se encuentran no están relacionadas con situaciones de riesgo, sino que afectan a la calidad, costos, productividad, etc., el Grupo puede optar por registrarlas aparte para ser tomadas en cuenta para la optimización del proceso en general.

Medidas de Protección.

Definidas las consecuencias, se registran los dispositivos instalados y protecciones existentes ya en el proceso, así como los procedimientos diseñados para prevenir las causas de desviaciones detectadas, así como las consecuencias posibles que se han determinado.

Recomendaciones.

Dependiendo de las circunstancias para cada desviación estudiada, el Grupo de Análisis puede decidir que debido a que las consecuencias no son significativas en relación a la Seguridad o que los dispositivo de protección del proceso, sistemas y controles existentes son suficientes tanto como para prevenir las causas como para evitar o minimizar sus consecuencias, no se incluye ninguna recomendación adicional; sin embargo, en caso contrario, se determinará cuidadosamente qué medidas adicionales se deberán registrar para su programación y seguimiento hasta su ejecución.

El propósito de registrar las observaciones derivadas de la aplicación de la técnica *HazOp* es primordialmente para asegurar que a las medidas que se recomiendan durante el análisis se les asigna prioridad, se programan para su ejecución y se le da seguimiento por parte de los propios miembros del Grupo de Análisis. Por otro lado, la forma de *HazOp* permitirá verificar que todos los sistemas han sido considerados en el estudio.

La identificación y descripción de cada uno de los riesgos se realizó con base en las interacciones de las operaciones con el ambiente que lo sustenta, considerando las obras o acciones generadoras, así como las áreas ambientales receptoras de los riesgos.

La identificación de los eventos de Riesgo tiene como objetivo analizar e identificar desviaciones en cada una de las etapas del transporte de hidrocarburos.

Estudio de Riesgo y Operabilidad (HAZOP).

Con la información proporcionada se llevó a cabo la identificación de riesgos, aplicando la metodología de *Estudio de Riesgo y Operabilidad (HAZOP).*

Esta técnica forma parte del Análisis de Seguridad de los Procesos Industriales y tiene como objetivo fundamental establecer medios de detección y previsión de accidentes durante la operación normal de las unidades de proceso productivas o de servicio.

El método tiene su ámbito de aplicación desde la fase del proyecto e inclusive en su vida operativa, principalmente para corregir anomalías del diseño conceptual o para prevenir omisiones en la operación y buena marcha en la actividad productiva.

La aplicación del Análisis de Operabilidad tiene como objetivo localizar la perspectiva de ocurrencia de un accidente en el manejo de las sustancias químicas y establecer una revisión sistemática de la instalación para llegar a modificar el proceso, servicio, diseño, prácticas y aún los criterios de seguridad de las instalaciones bajo revisión.

El área de estudio se revisa bajo la premisa de la viabilidad de ocurrencia con absoluta independencia de las buenas prácticas y los buenos resultados de la industria, ya que las estadísticas de eventos de riesgo han invadido los historiales de empresas consideradas líderes en la seguridad y operabilidad industrial, la técnica permite detectar y evaluar riesgos potenciales que sean la causa de fugas, derrames o dispersión de materiales que resultasen en incidentes o accidentes que se reflejen en daños al personal de planta, al ambiente, a la población civil y los costos económicos derivados de las pérdidas físicas y operativas.

La técnica del Análisis de Operabilidad emplea una serie de Palabras Guía utilizadas para calificar o definir las desviaciones de las condiciones ordinarias del trabajo operativo, dichas palabras son:

- **NO** Negación de la actividad operativa.
- **MAS** Considera una variable en exceso a su condición habitual.
- **MENOS** Considera una variable menor al valor nominal esperado.
- **ADEMÁS DE**Existen sustancias adicionales a las especificadas.

Previamente debemos identificar las VARIABLES OPERATIVAS que describen físicamente el comportamiento de la operación en cuánto a flujo, presión o temperatura.

DESVIACIÓN: Modificación de la variable o parámetro de su comportamiento normal.

NODOS: Secciones de equipo de proceso o de tubería, válvulas de paso, válvulas de seguridad e instrumentos que actúan como contenedores de la sustancia y en donde

puede ocurrir incidentes o accidentes como una función de sus condiciones físicas u operativas anormales.

La combinación de palabra guía y parámetros se aplican a la identificación de causas, estimación de consecuencias, y recomendaciones necesarias para solventar alguna anormalidad. Además, es factible otorgar valores estadísticos que permiten determinar la potencialidad de ocurrencia de un evento no deseado, este valor de riesgo potencial (R) es una función de la frecuencia del daño o Perdida (P) y de un valor de Severidad (S).

Tabla 75 Criterio índice de Perdida

ÍNDICE DE FRECUENCIA		
RANGO	FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN
4	Frecuente	Ocurre más de una vez al año
3	Poco Frecuente	Ocurre una vez entre 1 y 10 años
2	Raro	Ocurre una vez entre 10 y 100 años
1	Extremadamente Raro	Ocurre una vez entre 100 y 10 000 años o más

Tabla 76 Criterio de índice de Severidad

ÍNDICE DE FRECUENCIA		
RANGO	FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN
4	Catastrófica	Fatalidad / daños irreversibles y pérdidas de producción mayores a USD $ 1 000 000 00
3	Severa	Heridas múltiples / daños mayores a propiedades y pérdidas de producción entre USD $ 100 000 y 1 000 000 00
2	Moderada	Heridas ligeras / daños menores a propiedades y pérdidas de producción entre USD $ 10 000 00 y 100 000 00
1	Ligera	No hay heridas / daños mínimos a propiedades y pérdidas de producción menores a USD 10 000 00

Para jerarquizar los riesgos, se utiliza una técnica cuantitativa de matriz de frecuencia contra consecuencia para obtener el índice de riesgo de cada evento y definir así los eventos que se representarán en el Diagrama de Pétalos. La técnica utiliza índices de frecuencia e índices de consecuencia los cuales, al ser combinados entre sí, generan un índice Global de Riesgo.

En las tablas siguientes se describen los índices de frecuencia y Consecuencia y la Matriz de evaluación.

	MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS					
	ÍNDICE DE RIESGOS		CONSECUENCIAS			
			Ligero	Moderado	Severo	Catastrófico
			1	2	3	4
FRECUENCIA	Frecuente	4	4	8	12	16
	Poco Frecuente	3	3	6	9	12
	Raro	2	2	4	6	8
	Extremadamente Raro	1	1	2	3	4

De acuerdo con los resultados obtenidos, el índice de riesgos se clasifica en:

Tabla 77 Índice de riesgos

ÍNDICE DE RIESGO		
RANGO	RIESGO	DESCRIPCIÓN
1,2,3	Aceptable	Rango general aceptable. No se requieren medidas de mitigación y abatimiento
4 a 6	Aceptable con controles	Se debe revisar que los procedimientos de ingeniería y control se estén llevando a cabo de manera correcta y en su caso modificar los procedimientos de control del proceso
8,9	Indeseable	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 12 meses
12 a 16	Inaceptable	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 6 meses

Es importante considerar que la descripción de los diferentes rangos de los índices sólo se deberá tomar como base para poder discernir entre un escenario y otro. Posteriormente se utilizó una base matricial, para los elementos de análisis que consideraron la definición del sistema, en el cual se define un programa de trabajo que toma en cuenta las siguientes actividades operativas del sistema de distribución:

Recepción

Regulación

Distribución

Para su evaluación, se relacionan los elementos que vinculan con el factor a evaluar:

Parámetro de proceso

Desviación

Posibles causas

Posibles consecuencias

Recomendaciones

Para lograr una mayor sensibilidad de los riesgos que se puedan producir en el funcionamiento normal y que ésta proporcione una visión general y una idea de los puntos que pueden desencadenar situaciones de riesgo en la operación, ya sea en las líneas de llegada, distribución y/o en el almacenamiento, en este estudio se emplean palabras guía más adecuadas que al combinarse con los parámetros seleccionados muestra la posible presencia de un riesgo ambiental que pueda afectar al personal, al ambiente o a las instalaciones. Los parámetros de proceso evaluados fueron:

Flujo

Presión

Corrosión

Error Humano

Agentes externos

La delimitación del os nodos de estudios se definió en común acuerdo con los integrantes del equipo evaluador, con base de considerar los puntos del proceso en los cuales se produce una variación significativa de alguna de las variables o condiciones del proceso.

Los conceptos descritos se aplican a los siguientes nodos, que se definieron con base en la información técnica (Diagramas de Tubería e Instrumentación, Descripción del Proceso, Filosofía de Operación), con la que el equipo de especialistas, establecieron los siguientes nodos para la identificación de riesgos mediante la metodología HAZOP, con los siguientes resultados:

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD		
SECCIÓN	CIRCUITO	CONCEPTO ANALIZADO
I.- Sistema de distribución de gas Natural.	Estación de Medición y Regulación	Equipos de Compresión Equipos de Regulación Equipos de Medición Tuberías de suministro Integridad del sistema Flujo desde la Caseta de Interconexión de CENAGAS
	Sistema de distribución dentro del Parque en cualquiera de sus fases	Red de tuberías de suministro Operabilidad del sistema
	Estación de Medición y Regulación de cada Industria a la que se suministre	Equipos de Regulación Equipos de Medición Tuberías de recepción y suministro Integridad del sistema

Durante la realización de la metodología HAZOP, se acordó solo analizar los sistemas que corresponden a las Estaciones de Medición y Regulación (Interconexión y de una sola industria) debido a que si se analizan todas las EMR (incluyendo la de TRANSCANADA) se obtendrían resultados idénticos, por lo que en el reporte final de resultados del HAZOP se estarían incluyendo todas las EMR. En el caso del Sistema de Distribución, el sistema es parecido en todas las fases del proyecto, pero se utilizan los parámetros de diseño de la última fase para tener los datos de flujo y presión máximo con los que puede contar el proyecto y obtener los resultados más reales para cuando el proyecto se encuentre operando al 100%, igual que el caso anterior, los resultados en

diferentes puntos del sistema de distribución, obtendrían resultados idénticos, por lo que se consideran en el reporte de resultados. Adicionalmente, en el apartado de "5.6.3 Efecto Dominó" se realiza la recolocación del punto de fuga para verificar si podría haber algún efecto dominó con algunas de las industrias dentro del Parque Industrial donde se manejen sustancias químicas peligrosas. Todo esto con el fin de que los nodos fueran manejables, y a la vez lo bastante grandes para reducir la duplicación de información y hacer buen uso del tiempo. El estudio HAZOP examina cada parte del sistema para identificar las posibles variables significativas que impliquen un grado de vulnerabilidad o riesgo para el sistema, en condiciones operativas normales, para proponer las medidas preventivas y/o correctivas al sistema, y con ello complementar las políticas de protección ambiental con que cuenta la empresa.

Las actividades que se realizaron, se centraron en evaluar mediante la información recopilada y generada por la metodología HAZOP, la característica de los eventos, tomando como base las propiedades fisicoquímicas, de inflamabilidad y explosividad delgas natural, la cantidad almacenada, así como de las características del despacho al usuario y que pudieran dar lugar a un escenario de riesgo.

El estudio HAZOP examina cada parte del sistema para identificar las posibles variables significativas que impliquen un grado de vulnerabilidad o riesgo para el sistema, en condiciones operativas normales, para proponer las medidas preventivas y/o correctivas al sistema, y con ello complementar las políticas de protección ambiental con que cuenta la empresa.

A continuación, se presenta la Tabla de resultados del análisis HAZOP, que considera las palabras guía, para cada una de las variables operativas definidas para el sistema.

ANÁLISISDEOPERABILIDAD

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTRIAL EN CUALQUIER DE SUS ETAPAS										
NODO	A	Regulador Primario Alta Presión (ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN) Fase 3 Presión de entrada: 56.00 kg/cm^2 Presión de salida: 7.02 kg/cm^2 Capacidad máxima: 279,959.76 m^3/hr								**Función:** Suministro de gas natural desde la estación de medición a los diferentes usuarios	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	Consecuencia	**Respuesta del sistema**	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a Tomar	Recomendaciones
1.	Mas	Flujo	Probable falla en los sistemas de control de flujo de alimentación del Gas de carga	Exceso de flujo en la línea que alimenta sistema. Sin efectos para el sistema.	Se cuenta con un sistema instrumentado de control de flujo	1	1	D	10^{-3}	Supervisión continúa de los sistemas de protección e indicación de flujo y presión.	Verificar que se Incluya en el programa de mantenimiento preventivo el sistema instrumentado de control de variables de proceso: flujo, temperatura y presión.
2.	Mas	Flujo	Fuga de gas en línea de distribución después de la Estación de Regulación,	Fuga de gas. Posible Formación de nubes de gas Contaminante. Suspensión del envío de gas al sistema de distribución	Se cuenta con un sistema instrumentado de control de flujo, de presión y temperatura con envío de señales al Cuarto de Control.	1	2	D	10^{-3}	Supervisión continúa de los sistemas de protección e indicación de flujo y presión. Supervisión continúa de los trabajos de mantenimiento que se realizan en la unidad.	Verificar que se cuente con un programa de mantenimiento preventivo y contar con un equipo de mediciones a la atmosfera.
3.	Menos	Flujo	Bloqueo de válvula de corte de transición de combustible.	Ineficiencia de operación del sistema y	Paro parcial de operaciones para	1	1	D	10^{-3}	Supervisión continúa de los sistemas	Mantenimiento a los sistemas de control

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTRIAL EN CUALQUIER DE SUS ETAPAS										
NODO	A	Regulador Primario Alta Presión (ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN) Fase 3 Presión de entrada: 56.00 kg/cm^2 Presión de salida: 7.02 kg/cm^2 Capacidad máxima: 279,959.76 m^3/hr								**Función:** Suministro de gas natural desde la estación de medición a los diferentes usuarios	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	Consecuencia	**Respuesta del sistema**	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a Tomar	Recomendaciones
			Mal funcionamiento de los dispositivos que integran el sistema de control.	probablemente paro de operaciones. Operación del sistema de alarmas	cambio y reparación d válvula					instrumentados de control de flujo.	
4.	Mas	Presión	Problema de calibración en la válvula de desfogue transición de combustible	Mayor presión en la línea de alimentación de gas natural a las industrias del Parque Industrial. Posible fuga de gas por los empaques de las válvulas, debido a la sobrepresión.	Se cuenta con un sistema instrumentado de control.	1	1	D	10^{-3}	Mantenimiento preventivo y contar con un equipo de mediciones a la atmosfera.	-
5.	Menos	Presión	Fractura de línea por golpe externo o corrosión en los materiales	Fuga de producto en diferentes proporciones contaminantes y/o inflamables Paro de operaciones	Se cuenta con la válvula de Presión y con un sistema instrumentado de control: flujo,	1	3	C	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control	

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTRIAL EN CUALQUIER DE SUS ETAPAS										
NODO	A	Regulador Primario Alta Presión (ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN) Fase 3 Presión de entrada: 56.00 kg/cm^2 Presión de salida: 7.02 kg/cm^2 Capacidad máxima: 279,959.76 m^3/hr								**Función:** Suministro de gas natural desde la estación de medición a los diferentes usuarios	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	Consecuencia	**Respuesta del sistema**	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a Tomar	Recomendaciones
					temperatura y presión.						
6.	Mas	Temperatura	No Aplica	No aplica	No Aplica.	-	-	.	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control	
7.	Menos	Temperatura	No aplica	No aplica	No aplica	-	-	-	10^{-3}	No aplica	

ANÁLISISDEOPERABILIDAD

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES EQUIPOS USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTIRAL										
NODO	B	Equipos de compresión (ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN) Fase 3 Presión de entrada: 56.00 kg/cm^2 Presión de salida: 7.02 kg/cm^2 Capacidad máxima: 279,959.76 m^3/hr								**Función:** Suministro de gas natural.	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	**Consecuencia**	Respuesta del sistema	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a tomar	Recomendaciones
8.	Mas	Flujo	No Aplica	No Aplica. .	No Aplica.	-	-	-			
9.	Menos	Flujo	Fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	Formación de nubes contaminantes y/o inflamables. Nube explosiva. Posible paro de operaciones	Sistema instrumentado de control de flujo Aplicación de los Procedimientos de emergencia	1	3	C	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control. Aplicación de plan de emergencia	
10.	Menos	Flujo	Bloqueo de una de las válvulas ubicada de seccionamiento	Posible paro de Operaciones. Sin consecuencias al sistema.	Sistema instrumentado de control de flujo.	1	1	D	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control. Verificar falla y proceder a mantenimiento correctivo.	
11.	Mas	Presión	Bloqueo de una de las válvulas seccionamiento	Posible fuga en bridas y uniones	Sistema de Control de presión y desfogue.	1	3	C	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control	

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES EQUIPOS USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTIRAL										
NODO	B	Equipos de compresión (ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN) Fase 3 Presión de entrada: 56.00 kg/cm^2 Presión de salida: 7.02 kg/cm^2 Capacidad máxima: 279,959.76 m^3/hr								**Función:** Suministro de gas natural.	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	**Consecuencia**	Respuesta del sistema	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a tomar	Recomendaciones
12.	Menos	Presión	Fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	Formación de nube explosiva y/o inflamable, posible incendio.	Sistema control de presión y desfogue	1	3	C	10^{-3}	Supervisión continúa de los trabajos de mantenimiento. Mantenimiento preventivo. Aplicación del plan de respuesta de emergencias.	
13.	Mas	Temperatura	No Aplica	No Aplica. Sin consecuencias	Sistema control de temperatura	-	-	-	-	Mantenimiento a los sistemas de control	
14.	Menos	Temperatura	Deficiencia de operación	Sin Consecuencias	Se cuenta con Sistema instrumentado de control	1	1	D	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control	Aplicación de procedimientos de operación.

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES EQUIPOS USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTRIAL										
NODO	C	Línea Regular de Polietileno (Suministro a Industrias antes de Estación de Regulación) Presión de operación: 6.32 kg/cm^2								**Función:** Suministro de Gas Natural a Estaciones de las Industrias Usuarias	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	**Consecuencia**	Respuesta del sistema	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a tomar	Recomendaciones
15.	Mas	Flujo	No Aplica	No Aplica. .	No Aplica.	-	-	-			
16.	Menos	Flujo	Fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	Formación de nubes contaminantes y/o inflamables. Nube explosiva. Posible paro de operaciones	sistema instrumentado de control de flujo Aplicación de los Procedimientos de emergencia	1	3	C	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control. Aplicación de plan de emergencia	
17.	Menos	Flujo	Bloqueo de una de las válvulas ubicada de seccionamiento	Posible paro de Operaciones. Sin consecuencias al sistema.	Sistema instrumentado de control de flujo Instrumentos medidores de presión previo entrada a las calderas	1	1	D	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control. Verificar falla y proceder a mantenimiento correctivo.	
18.	Mas	Presión	Bloqueo de una de las válvulas de transición hacia Estación de	Posible fuga en bridas y uniones	Sistema de Control de presión y desfogue.	1	3	C	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control	

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES EQUIPOS USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTRIAL										
NODO	C	Línea Regular de Polietileno (Suministro a Industrias antes de Estación de Regulación) Presión de operación: 6.32 kg/cm^2								**Función:** Suministro de Gas Natural a Estaciones de las Industrias Usuarias	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	**Consecuencia**	Respuesta del sistema	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a tomar	Recomendaciones
			Regulación de la Industria								
19.	Menos	Presión	Fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	Formación de nube explosiva y/o inflamable, posible incendio.	Sistema control de presión y desfogue	1	3	C	10^{-3}	Supervisión continúa de los trabajos de mantenimiento. Mantenimiento preventivo. Aplicación del plan de respuesta de emergencias.	
20.	Mas	Temperatura	No Aplica	No Aplica. Sin consecuencias	Sistema control de temperatura	-	-	-	-	Mantenimiento a los sistemas de control	
21.	Menos	Temperatura	Deficiencia de operación	Sin Consecuencias	Se cuenta con Sistema instrumentado de control	1	1	D	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control	Aplicación de procedimientos de operación.

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES EQUIPOS USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTRIAL										
NODO	D	Línea Regular de Polietileno (Suministro a Industrias después de Estación de Regulación) Presión de operación: 6.32 kg/cm^2								**Función:** Suministro de Gas Natural	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	**Consecuencia**	Respuesta del sistema	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a tomar	Recomendaciones
22.	Mas	Flujo	No Aplica	No Aplica. .	No Aplica.	-	-	-	-	--	
23.	Menos	Flujo	Fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	Formación de nubes contaminantes y/o inflamables. Nube explosiva. Posible paro de operaciones	Sistema instrumentado de control de flujo Aplicación de los Procedimientos de emergencia	1	3	C	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control. Aplicación de plan de emergencia	
24.	Menos	Flujo	Bloqueo de una de las válvulas ubicada en el rack superior previa entrada a los equipos	Posible paro de Operaciones. Sin consecuencias al sistema.	Sistema instrumentado de control de flujo e Instrumentos medidores de presión previo entrada a equipos.	1	1	D	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control. Verificar falla y proceder a mantenimiento correctivo.	
25.	Mas	Presión	Bloqueo de una de las válvulas de	Posible fuga en bridas y uniones	Sistema de Control de presión y desfogue.	1	3	C	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control	

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES EQUIPOS USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTRIAL										
NODO	D	Línea Regular de Polietileno (Suministro a Industrias después de Estación de Regulación) Presión de operación: 6.32 kg/cm^2								**Función:** Suministro de Gas Natural	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	**Consecuencia**	Respuesta del sistema	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a tomar	Recomendaciones
			transición hacia los equipos								
26.	Menos	Presión	Fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	Formación de nube explosiva y/o inflamable, posible incendio.	Sistema control de presión y desfogue	1	3	C	10^{-3}	Supervisión continúa de los trabajos de mantenimiento. Mantenimiento preventivo. Aplicación del plan de respuesta de emergencias.	
27.	Mas	Temperatura	No Aplica	No Aplica. Sin consecuencias	Sistema control de temperatura	-	-	-	10^{-3}	Mantenimiento a los sistemas de control	
28.	Menos	Temperatura	No Aplica	No Aplica	-	-	-	-	--	-	-

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES EQUIPOS USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTRIAL										
NODO	E	Línea Regular de Polietileno (Suministro a Equipos Usuarios de las Industrias) Presión de operación: 6.32 kg/cm²								**Función:** Suministro de gas natural a equipos usuarios de las industrias	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	**Consecuencia**	Respuesta del sistema	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a tomar	Recomendaciones
29.	Mas	Flujo	No Aplica	No Aplica. .	No Aplica.	-	-	-		--	
30.	Menos	Flujo	Fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	Formación de nubes contaminantes y/o inflamables. Nube explosiva. Posible paro de operaciones	Sistema instrumentado de control de flujo Aplicación de los Procedimientos de emergencia	1	3	C		Mantenimiento a los sistemas de control. Aplicación de plan de emergencia	
31.	Menos	Flujo	Bloqueo de una de las válvulas ubicada previa entrada a los equipos de laboratorio.	Posible paro de Operaciones. Sin consecuencias al sistema.	Sistema instrumentado de control de flujo Instrumentos medidores de presión previo entrada a los deshidratadores	1	1	D		Mantenimiento a los sistemas de control. Verificar falla y proceder a mantenimiento correctivo.	

SISTEMA	DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DESDE ESTACIÓN DE MEDICIÓN (ERM) HASTA LOS DIFERENTES EQUIPOS USUARIOS AL INTERIOR DEL PARQUE INDUSTRIAL										
NODO	E	Línea Regular de Polietileno (Suministro a Equipos Usuarios de las Industrias) Presión de operación: 6.32 kg/cm²								**Función:** Suministro de gas natural a equipos usuarios de las industrias	
ID	Palabra guía	Desviación de la variable	Posible causa	**Consecuencia**	Respuesta del sistema	F	C	GR	Probabilidad	Acciones a tomar	Recomendaciones
32.	Mas	Presión	Bloqueo de una de las válvulas de transición hacia los equipos de laboratorio.	Posible fuga en bridas y uniones	Sistema de Control de presión y desfogue.	1	3	C		Mantenimiento a los sistemas de control	
33.	Menos	Presión	Fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	Formación de nube explosiva y/o inflamable, posible incendio.	Sistema control de presión y desfogue	1	3	C		Supervisión continúa de los trabajos de mantenimiento. Mantenimiento preventivo. 8licación del plan de respuesta de emergencias.	
34.	Mas	Temperatura	No Aplica	No Aplica. Sin consecuencias	Sistema control de temperatura	-	-	-		Mantenimiento a los sistemas de control	
35.	Menos	Temperatura	No Aplica	No Aplica.	-	-	-	-		No Aplica	No Aplica

De acuerdo con los resultados obtenidos, el índice de riesgos se clasifica en:

ÍNDICE DE RIESGO		
RANGO	RIESGO	DESCRIPCIÓN
1,2,3	Aceptable	Rango general aceptable. No se requieren medidas de mitigación y abatimiento
4 a 6	Aceptable con controles	Se debe revisar que los procedimientos de ingeniería y control se estén llevando a cabo de manera correcta y en su caso modificar los procedimientos de control del proceso
8,9	Indeseable	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 12 meses
12 a 16	Inaceptable	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 6 meses

En resumen, de eventos, se tiene:

SISTEMA	NODO	A	B	C	D	N.A.	TOTAL
I	1	0	0	1	4	2	7
	2	0	0	3	2	2	7
	3	0	0	3	2	2	7
	4	0	0	3	1	3	7
	5	0	0	3	1	3	7
TOTAL	-	0	0	13	10	12	35

De 35 desviaciones analizadas, No se obtuvo riesgo intolerable (A) e Indeseable (B), los resultados calificaron al sistema con 13 desviaciones con grado de riesgo aceptable con controles (C), 10 desviaciones con riesgo razonablemente aceptable (D) y 12 desviaciones no aplican.

Las causales de la desviación serán disminuidas en su posibilidad de ocurrencia con la debida aplicación técnica y económica del programa de mantenimiento y una política corporativa de capacitación periódica, cumplimiento estricto de dichos programas, combinando la capacitación y responsabilidad del personal de planta.

Las actividades que se realizaron se centraron en evaluar mediante la información recopilada y generada por la metodología HazOp, la característica de los eventos, tomando como base las propiedades fisicoquímicas, de inflamabilidad y explosividad del Gas Natural, así como de las características del proceso en cada industria donde se maneja el Gas Natural y que pudieran dar lugar a un escenario de riesgo.

De acuerdo con estos datos:

1. Se considera como ***evento probable*** la posible fuga por fractura de la tubería de red de alta presión de Polietileno, a causa de un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.
2. Se considera como ***evento probable*** la posible fuga por fractura de la tubería de red de baja presión de Polietileno, debido a falla en los materiales de fabricación de la tubería, en alguno de las Estación de Medición y Regulación de las industrias usuarias.
3. Se considera como ***catastrófico*** la ruptura total de la tubería en algunos de los tramos de la red de alta presión, ocasionada por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.

Con los datos obtenidos del Gas Natural, los volúmenes manejados y las áreas donde se puede presentar algún evento, se alimentan al paquete de simulación para obtener las **Zonas de Alto Riesgo** y **Amortiguamiento.**

Para poder determinar el factor de probabilidad de los evento considerados, se evaluaron las características que pudieran dar lugar a un escenario de riesgo, así como los dispositivos de control y seguridad con que se cuenta para el control de las variables en la recepción y suministro de Gas Natural y en el equipo de control de emergencias, incluyendo las medidas que se han desarrollado por parte del promovente, para la minimización de eventos de riesgo como son los planes para la atención a emergencias, programas de capacitación, mantenimiento, procedimientos de operación y seguridad, entre otros; como se describe a continuación:

Evento 1

Fuga de gas natural por un orificio equivalente de 6 mm de diámetro de la tubería de 8 pulg, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

Evento 2

Fuga de gas natural en la red de baja presión de polietileno por un orificio equivalente de 6 mm de diámetro de la tubería de 8 pulg, en alguna de las Estación de Medición y Regulación de las industrias usuarias.

Evento 3

Fuga de gas natural en la red de alta presión por la ruptura total de la tubería de 8 pulg, en algunos de los tramos, ocasionada por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.

Conjuntados estos factores en la tabla de Matriz de Jerarquización de Riesgos, se obtiene un **Índice de Riesgo** "4" calificando el riesgo como aceptable con controles.

5.4.2. Análisis Cuantitativo de Riesgo

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, se utilizaron los criterios que se indican a continuación, según la *Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos*:

Tabla 78 Criterios para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en la instalación

ZONA	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)
Alto Riesgo por Daño a Equipos	-	15.0 KW/m^2	8.0 lb/plg^2 (psi)
Alto Riesgo	IDLH	5.0 KW/m^2	1.0 lb/plg^2 (psi)
Amortiguamiento	TLV	1.4 KW/m^2	0.5 lb/plg^2 (psi)

El análisis de riesgo tiene como objetivo general, identificar y evaluar las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento y/o proceso de productos peligrosos, así como identificar los posibles riesgos y las consecuencias de los accidentes que se pueden derivar de sus actividades.

Los eventos de fuga, derrame y formación de nubes explosivas e incendio se pueden suscitar al manejar inadecuadamente y sin precaución las sustancias inflamables y combustibles que tienen grado de riesgo implícito y por lo tanto llevan un riesgo operativo asociado con la forma y métodos operacionales.

Los errores humanos por descuido, deficiente capacitación y/o preparación, desconocimiento de los procedimientos operacionales normales o de emergencia, descuido o fatiga del operario; son factores importantes de riesgo.

Por otra parte, también existe la presencia de agentes externos que engloban a todos aquellos factores que pueden producir un accidente en las instalaciones y en los cuales

queda fuera de alcance prevenirlo o evitarlo. En este concepto se engloba a todos los fenómenos naturales como terremotos, granizadas, huracanes, incendios forestales, tormentas tropicales o tormentas eléctricas; golpes o fracturas ocasionadas por equipo móvil y eventos de sabotaje.

En la jerarquización de los riesgos, es necesario evaluar la probabilidad de ocurrencia y los efectos posibles de los riesgos de mayor magnitud. Para lograr esto se simularán varios escenarios. Las metodologías aplicadas en este estudio, para la Identificación y Jerarquización de Riesgos, así como los Radios Potenciales de Afectación y las Zonas con Mayores Riesgos son:

A) Para la Identificación de Frecuencias:

Árbol de Fallas

B) Para la Jerarquización de Riesgos y Determinación de los Radios Potenciales de Afectación:

ALOHA

5.4.2.1 Análisis de Frecuencias

Para estimar la frecuencia con que ocurrirían los eventos identificados debe evaluarse bajo criterios cualitativos y/o cuantitativos, la efectividad de las líneas de defensa disponibles en las instalaciones y/o procesos, considerando la experiencia y los factores de ingeniería y humanos; es decir la independencia de operación; la confiabilidad; la auditabilidad para inspección y pruebas y la integridad mecánica de las protecciones de seguridad, así como la disciplina operativa, lo adecuado de la instrumentación, distribución de planta y sistemas de control; cargas de trabajo; comunicación y ambiente laboral.

Análisis de Árbol de Fallas (FTA) Fault Tree Analysis, esta metodología se emplea para la identificación de combinaciones de fallas de equipos y errores humanos que pueden conducir a accidentes, es una técnica deductiva la cual, a partir de un evento particular, proporciona la metodología para determinar sus causas se utiliza también para justificar la probabilidad de falla de un sistema.

En este caso, para la identificación de los peligros de tuberías de gas se utilizó el artículo, "*Análisis de consecuencias de ruptura de un gasoducto*" publicado por la Process Safety Progress, (Metropolo, 2004). Los escenarios más probables que se obtuvieron fueron: el chorro de fuego (jet fire), el flamazo o incendio de nube (flash fire) y la dispersión del gas y/o explosión de una nube de vapor sin confinar.

En siguiente figura se muestra el árbol de eventos (ETA, por sus siglas en inglés) de una fuga de gas natural en tubería de 8" de diámetro, dentro de la instalación de una planta de energía.

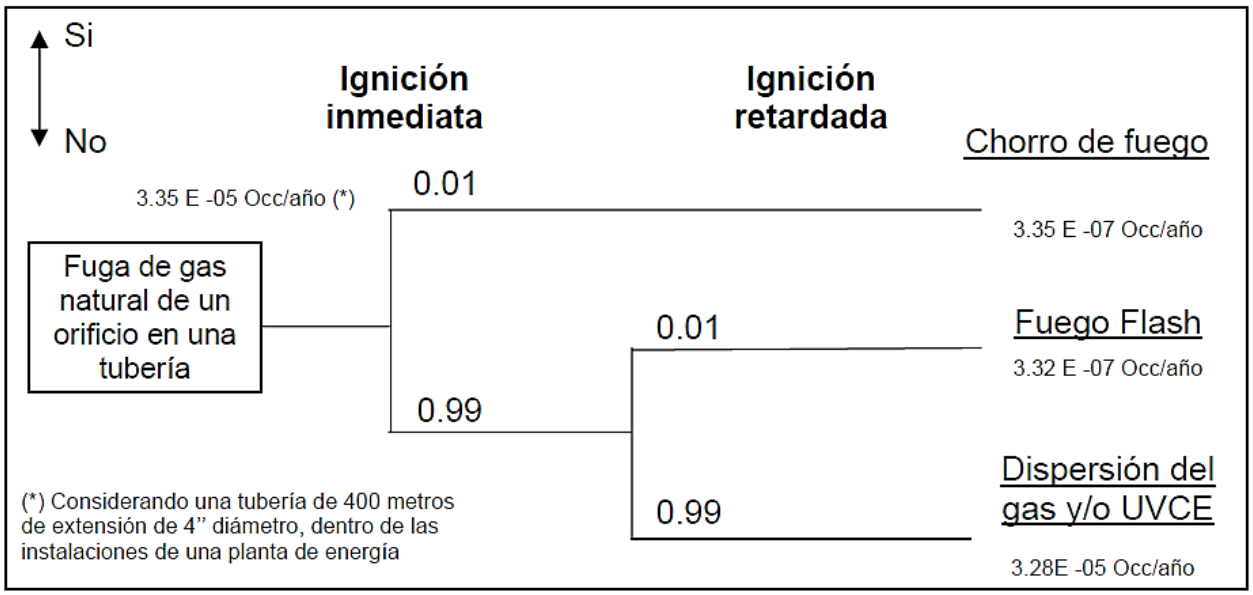


Figura 73 Árbol de análisis de eventos en una fuga de una tubería

5.4.2.2 Análisis de Consecuencias

La determinación de los radios de afectación se da a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo identificados a partir de la aplicación de la metodología de jerarquización de los riesgos.

El análisis de consecuencias permite estimar el alcance de los escenarios de riesgo a través de modelos de simulación para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento dentro de las instalaciones analizadas; así mismo es posible confirmar las expectativas ponderadas en el análisis HAZOP por el grupo multidisciplinario en cuanto los efectos

potenciales del evento por radiación térmica y sobrepresión para los escenarios propuestos. Con estos resultados es posible generar las medidas y/o recomendaciones adicionales respecto a la ubicación de equipos de operación y seguridad.

Los puntos críticos de una fuga de gas natural, pudieran ser las válvulas de seccionamiento, la Estación de Regulación principal y las Estaciones de las industrias, debido a que estas son manipuladas por personas que pueden no tener la capacitación adecuada y por lo tanto, podrían provocar un error humano que propicie una fuga. En menor medida, pueden existir fugas en las tuberías subterráneas, debido a daños por movimientos sísmicos o por maquinaria pesada que puedan dañar los gasoductos.

Considerando que las instalaciones serán completamente nuevas, que se utilizarán materiales de construcción con estrictas normas de calidad, y que los equipos y tuberías contarán con sistemas de detección de fugas, la probabilidad de que ocurra la fuga en estos equipos es mínima, y si se presentara sería inmediatamente detectada y corregida. En el remoto caso de que éste evento ocurriera, se contará con la mayor probabilidad de control, ya que los equipos y tuberías, contarán con equipos de protección contra incendios por lo que en caso de conato se podría extinguir antes de que se vuelva incendio. En el caso de las tuberías subterráneas, se cuenta con un sistema de detección de fuga que interrumpe de inmediato el flujo de combustible, al detectar una caída de presión importante.

Las fugas pueden ocurrir cuando se estén realizando labores de mantenimiento preventivo o correctivo, por lo que, en estos casos, la prevención debe realizarse cotidianamente.

Conforme a las instrucciones descritas, se realiza la simulación de eventos a partir de la información proporcionada del diseño operativo y del Programa de simulación ALOHA v. 5.4.7. (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) elaborado por la Environmental Protection Agency (EPA) y Emergency Response Division (ERD) de los Estados Unidos y otras agencias.

Este programa computarizado fue diseñado específicamente para el uso de personas que responden a accidentes químicos, así como para la planificación y entrenamiento de emergencias. ALOHA puede predecir las tasas a las cuales los vapores químicos pueden escapar a la atmosfera desde tuberías rotas, fugas de tanques y charcos de vapor.

Entonces puede predecir como una nube de gas peligrosa podría dispersarse en la atmosfera después de una descarga química accidental.

Este tipo de modelaciones favorece al personal encargado de la seguridad para concentrar sus actividades de planificación sobre los riesgos específicos de un incidente local o micro regional (fuera de ella), respecto a posibles incidencias y se deben tomar los datos aquí aportados para conocer el alcance de un siniestro y la forma de control al mismo, lo que debe de quedar anotado, en su caso, en el Programa interno de protección civil en el ámbito interno y externo, así como el Programa de Prevención de Accidentes y Plan de Atención a Emergencias, además de los propios de cada industrias y el Plan de Ayuda Mutua. Como resultante de la jerarquización efectuada anteriormente, se establece que, dentro del conjunto primario de eventos viables en las áreas analizadas, los eventos a modelar serán:

Tabla 79 Descripción de los eventos por simular

Evento	Descripción del evento	Sustancia	Incidente esperado	
Peor Caso				
DGN-010	Fuga de gas natural en la Estación de Medición y Regulación (EMR), por falla durante las labores de manteamiento de la válvula de seguridad de 6" de diámetro cuando el proyecto se encuentra en su Fase 3.	Gas Natural	Fuga	Amenaza tóxica
				Amenaza inflamable
				Sobrepresión
			Incendio	Radiación térmica
DGN-020	Fuga de Gas Natural en la red de alta presión de la Fase 1 del proyecto, por daño en la válvula PE de 8" de diámetro (VS-N-13), debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.	Gas Natural	Fuga	Amenaza tóxica
				Amenaza inflamable
				Sobrepresión
			Incendio	Radiación térmica
DGN-030	Fuga de Gas Natural en la Estación de Medición y Regulación de TRANSCANADA, por la apertura indebida de la válvula del Filtro	Gas Natural	Fuga	Amenaza tóxica
				Amenaza inflamable
				Sobrepresión

Evento	Descripción del evento	Sustancia	Incidente esperado	
	Coalescedor de 4" de diámetro al entrar en la Estación de Medición y Regulación.		Incendio	Radiación térmica
Caso más probable				
DGN-040	Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 8 pulg. de diámetro de la Fase 2 (Tramo Estacada 01: Entre el Km. 0+500 y Km. 0+600) en un 20% de la tubería equivalente a 1.6 pulg. (40 mm), a causa de algún golpe ocasionado por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.	Gas Natural	Fuga	Amenaza tóxica
				Amenaza inflamable
				Sobrepresión
			Incendio	Radiación térmica
DGN-050	Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 6 pulg. de diámetro en los ductos de Transcanada pasando la válvula VS-05, generando una fuga por un orificio equivalente al 20% de la tubería equivalente a 1.2 Pulg (30.5 mm), a causa de algún golpe ocasionado por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.	Gas Natural	Fuga	Amenaza tóxica
				Amenaza inflamable
				Sobrepresión
			Incendio	Radiación térmica
DGN-060	Fuga de gas natural en la red de baja presión de polietileno por un orificio equivalente al 20% de tubería de 2 pulg de diámetro equivalente a 0.4 pulg (10 mm), en alguna de las Estación de Medición y Regulación de las industrias usuarias.	Gas Natural	Fuga	Amenaza tóxica
				Amenaza inflamable
				Sobrepresión
			Incendio	Radiación térmica

Tabla 80 Criterios para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en la instalación

ZONA	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)
Alto Riesgo por Daño a Equipos	-	15.0 KW/m^2	8.0 lb/plg^2 (psi)
Alto Riesgo	2,100 ppm	5.0 KW/m^2	1.0 lb/plg^2 (psi)
Amortiguamiento	1,000 ppm	1.4 KW/m^2	0.5 lb/plg^2 (psi)

Datos Meteorológicos de la Zona

Para obtener los datos meteorológicos de la zona, se utilizará la información de las Estaciones Climatológicas 2020 de la CONAGUA, siendo la Estación más cercana la siguiente:

Tabla 81 Estación Climatológica CONAGUA No. 00011144

ESTACIÓN:	00011144 El Charape
ESTADO:	Guanajuato
MUNICIPIO:	San José Iturbide
ORGANISMO:	CONAGUE – DGE
CUENCA:	Rio Laja
LATITUD:	20° 55' 09" N
LONGITUD:	100° 25' 53" N
ALTURA:	2,201.00 MSNM
PERIODO:	1981 - 2010

Esta Estación presentan los siguientes datos climatológicos:

Tabla 82 Datos climatológicos de la Estación No. 00011144 El Charape

DATO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Temperatura Máxima Normal (°C)	21.9	23.3	26.0	28.0	28.8	27.0	25.1	25.0	24.7	23.9	23.1	22.5	24.9
Temperatura Media Normal (°C)	14.5	15.8	18.1	20.0	20.9	20.1	18.7	18.7	18.6	17.1	15.6	14.9	17.8
Temperatura Mínima Normal (°C)	7.0	8.2	10.2	12.1	13.0	13.2	12.4	12.5	12.5	10.3	8.2	7.3	10.6
Precipitación normal (mm)	9.1	12.9	3.0	17.1	29.0	56.9	85.4	65.1	58.7	24.7	8.0	4.2	374.1
Número de días con lluvia	1.3	17.7	0.6	2.1	4.2	6.4	9.2	7.4	6.4	3.5	1.3	0.5	44.6
Número de días con niebla	0.5	0.3	0.0	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.0	0.4	2.8
Número de días con granizo	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3
Número de días con tormentas eléctricas	0.2	0.4	0.0	0.2	0.7	0.8	1.7	1.2	1.0	0.3	0.1	0.0	6.6

Adicional es necesario conocer los datos de vientos mediante la rosa de vientos del municipio. Para obtener esta información, se utilizarán los datos históricos del sistema meteorológico *METEOBLUE*, donde que el municipio tiene la siguiente Rosa de Vientos, utilizando los datos de la Delegación de Santa Rosa Jáuregui del municipio de Querétaro:

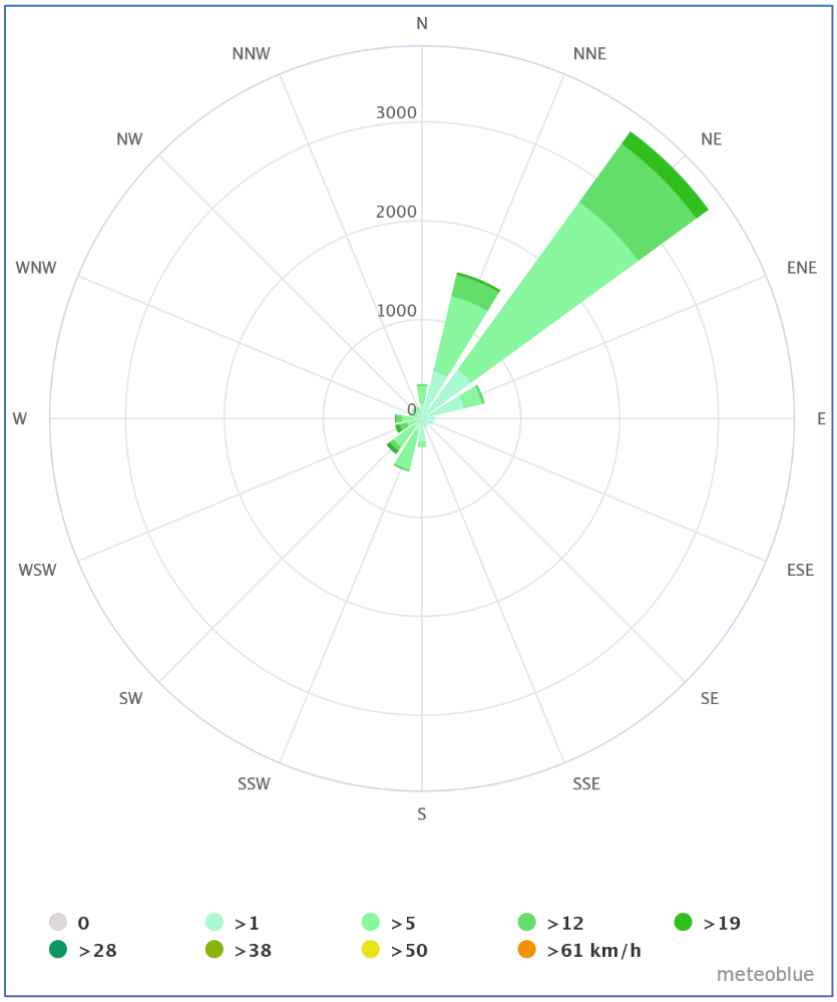


Figura 74 Rosa de Vientos de la Delegación Santa Rosa Jáuregui del municipio de Querétaro

Se utilizarán los siguientes datos meteorológicos probables para la simulación de los eventos:

- VELOCIDAD DEL VIENTO: 2 m/s.
- DIRECCIÓN DEL VIENTO: 45° (NE).
- ESTABILIDAD ATMOSFERICA: C.
- TEMPERATURA MEDIA: 17.8 °C.

Modelación de los eventos probables máximos de riesgo por fuga, incendio o explosión

Resultado de la evaluación matemática realizada, se presentan los siguientes resultados:

EVENTO 1 (DGN-010)					
DESCRIPCIÓN:	Fuga de gas natural en la Estación de Medición y Regulación (EMR), por falla durante las labores de mantenimiento de la válvula de seguridad de 6" de diámetro cuando el proyecto se encuentra en su Fase 3.				
Condiciones Climáticas					
Temperatura (°C):	17.8	Humedad Relativa:	50%		
Velocidad del viento (m/s):	2.0	Dirección del viento:	45° (NE)		
Presión atmosférica (hPa):	1,023.0	Estabilidad Atmosférica:	C		
Dimensiones del Equipo o Tubería					
Diámetro (pulg):	6.0	Longitud:	43.0		
Altura (m):	N.A.	Capacidad:	N.A.		
Condiciones de Operación					
Presión (atm):	6.8	Flujo (m^3/día):	279,959.76		
Temperatura (°C):	17.8	Nivel:	N.A.		
Propiedades de la sustancia					
Sustancia Química:	Gas Natural	Masa Molar (M, Kg/Kmol):	16.04		
Presión de vapor:	No aplicable	Densidad:	0.554 @ 0°/4°C		
Estado Físico:	Gas comprimido	Temperatura de ebullición:	-165,5°C		
RESULTADOS DEL SIMULADOR					
Diámetro de fuga considerado:	6.0 Pulg	Tasa de Descarga (Kg/min):	520.0		
Tiempo de duración de la fuga:	10 min	Inventario liberado:	31,182 Kg		
Dirección de la fuga:	45° (NE)	Altura de la fuga:	N.A.		
RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS DE RIESOG					
TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)		NUBE INFLAMABLE			
Zona de Alto Riesgo (IDLH):	212 m	Zona de Alto Riesgo (60% LEL):	78 m		
Zona de Amortiguamiento (TLV):	308 m	Zona de Amortiguamiento (10% LEL):	193 m		
INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)		EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)			
Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2):	19 m	Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (8.0 psi):	N.A.		
Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2):	28 m	Zona de Alto Riesgo (1.0 psi):	73 m		

Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2):	53 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	95 m
NOTAS: El tiempo de duración de la fuga considera que el evento no es controlado y se escapa todo el material dentro de la red de distribución. Sin embargo, el proyecto cuenta con varias válvulas en diferentes zona, lo que hará que el tiempo de descarga sea equivalente a aproximadamente 5 minutos en lo que se descarga el material entre la válvula más cercana a la zona de la fuga.			

N.D. = No Disponible; N.A. = No Aplica.

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 212 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 308 m [DGN 1.1.1].

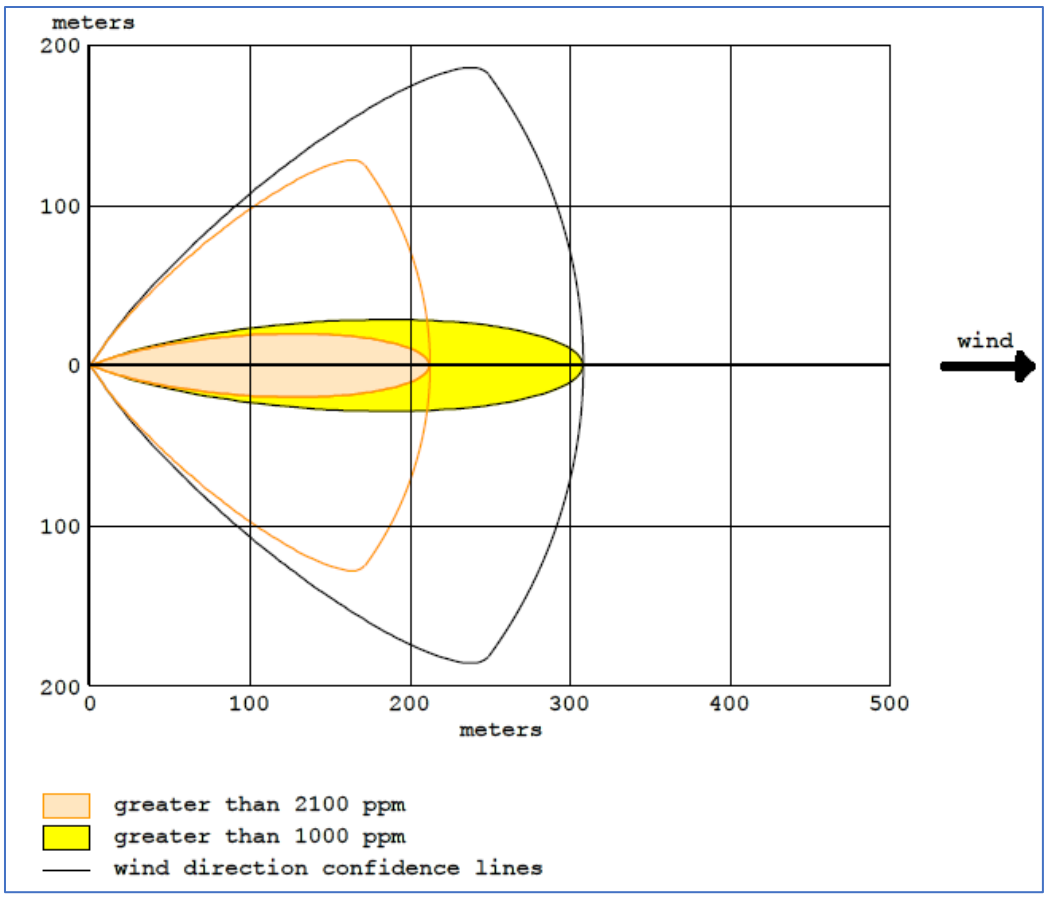


Figura 75 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 1 (DGN 1.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 78 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 193 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 1.1.2].

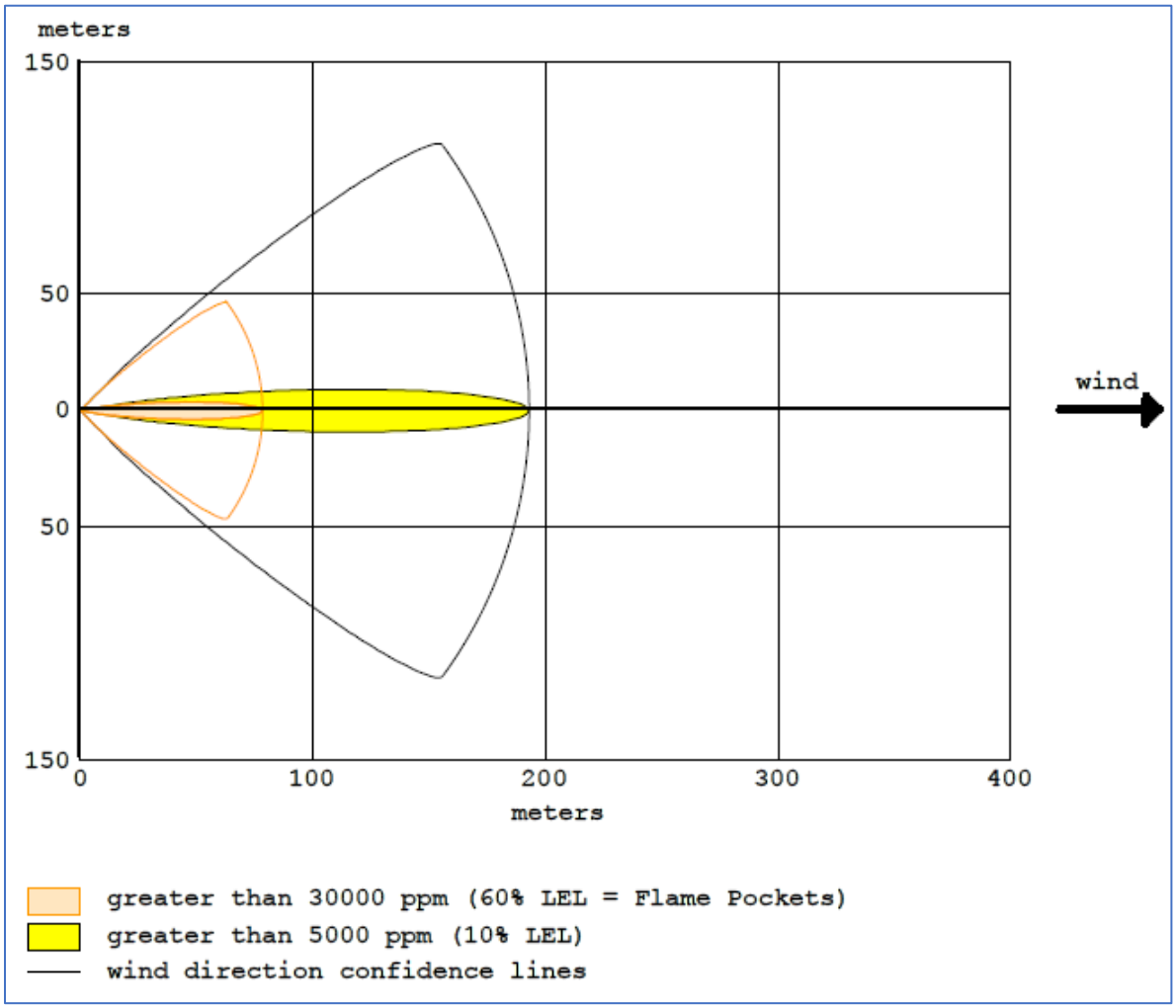


Figura 76 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 1 (DGN 1.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a

una distancia de 73 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 95 m [DGN 1.1.3].

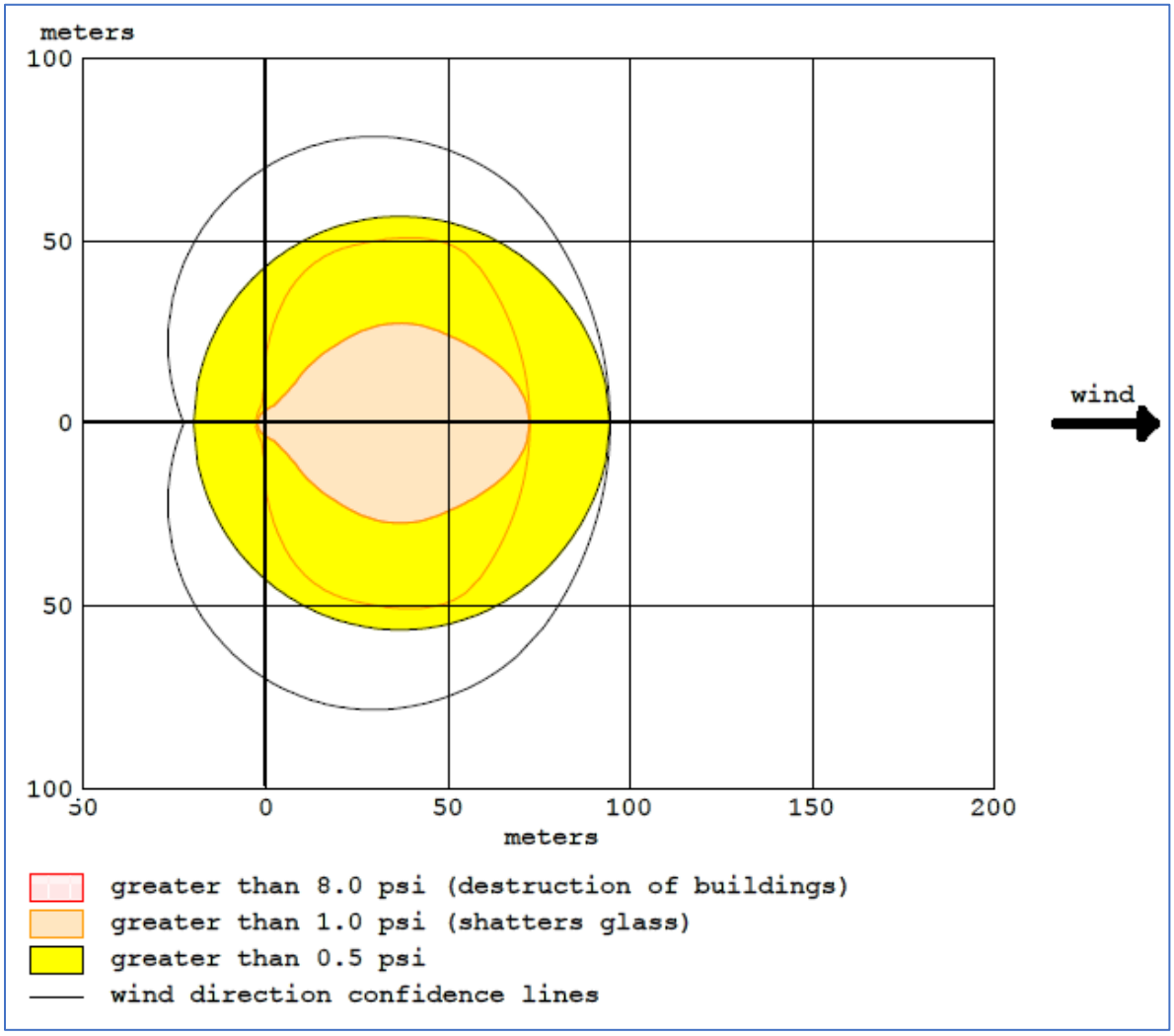


Figura 77 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 1 (DGN 1.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 19 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia de 28 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 53 m. [DGN 1.2.1].

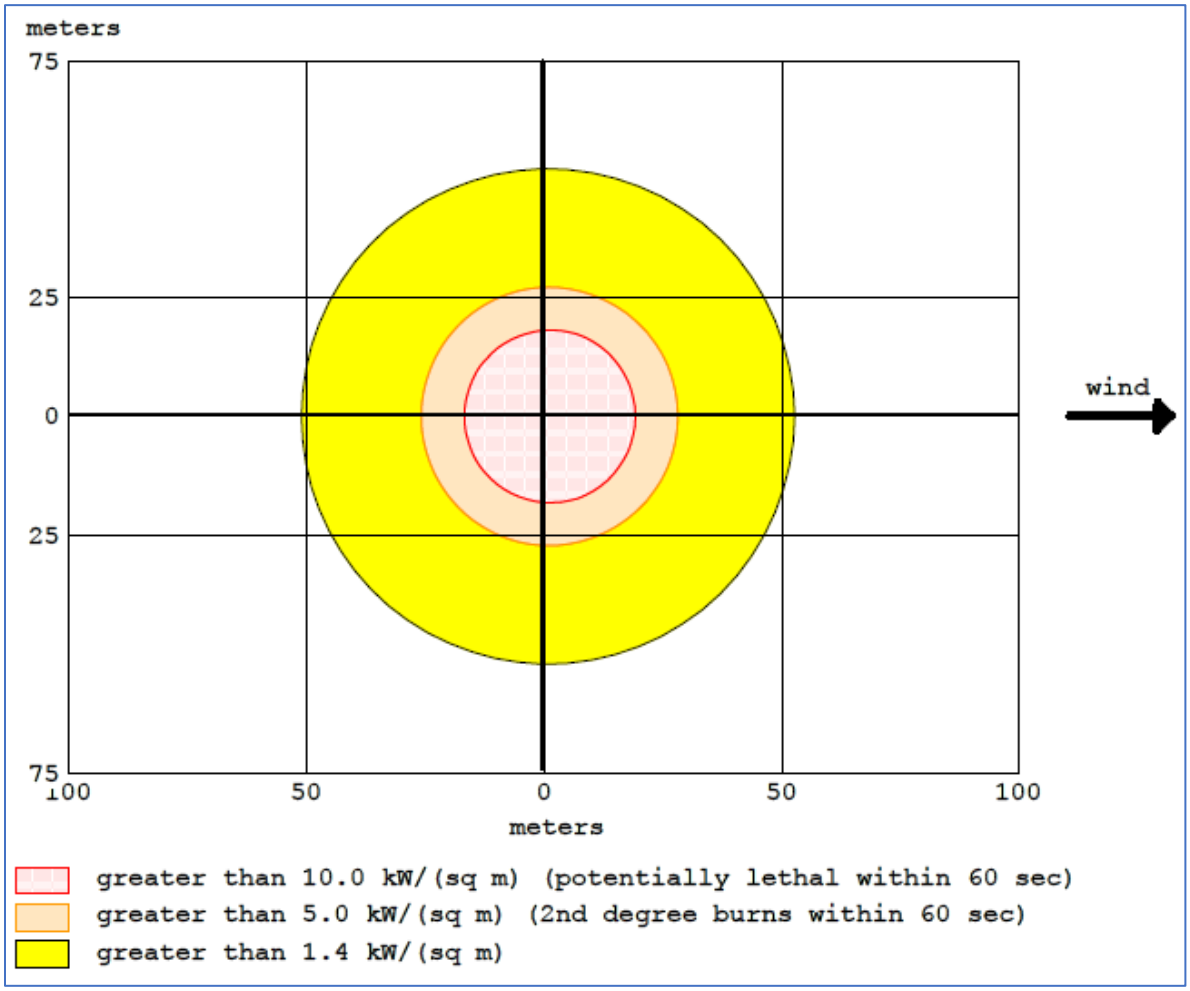


Figura 78 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 1 (DGN1.2.1)

EVENTO 2 (DGN-020)					
DESCRIPCIÓN:	Fuga de Gas Natural en la red de alta presión de la Fase 1 del proyecto, por daño en la válvula PE de 8" de diámetro (VS-N-13), debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.				
Condiciones Climáticas					
Temperatura (°C):	17.8	Humedad Relativa:	50%		
Velocidad del viento (m/s):	2.0	Dirección del viento:	45° (NE)		
Presión atmosférica (hPa):	1,023.0	Estabilidad Atmosférica:	C		
Dimensiones del Equipo o Tubería					
Diámetro (pulg):	8.0	Longitud:	2,500.0		
Altura (m):	N.A.	Capacidad:	N.A.		
Condiciones de Operación					
Presión (atm):	6.46	Flujo (m^3/día):	279,959.76		
Temperatura (°C):	17.8	Nivel:	N.A.		
Propiedades de la sustancia					
Sustancia Química:	Gas Natural	Masa Molar (M, Kg/Kmol):	16.04		
Presión de vapor:	No aplicable	Densidad:	0.554 @ 0°/4°C		
Estado Físico:	Gas comprimido	Temperatura de ebullición:	-165,5°C		
RESULTADOS DEL SIMULADOR					
Diámetro de fuga considerado:	8.0 Pulg	Tasa de Descarga (Kg/min):	205.0		
Tiempo de duración de la fuga:	13 min	Inventario liberado:	10,115 Kg		
Dirección de la fuga:	45° (NE)	Altura de la fuga:	N.A.		
RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS DE RIESOG					
TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)		NUBE INFLAMABLE			
Zona de Alto Riesgo (IDLH):	123 m	Zona de Alto Riesgo (60% LEL):	49 m		
Zona de Amortiguamiento (TLV):	179 m	Zona de Amortiguamiento (10% LEL):	121 m		
INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)		EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)			
Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2):	17 m	Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (8.0 psi):	N.A.		
Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2):	25 m	Zona de Alto Riesgo (1.0 psi):	41 m		
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2):	48 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	59 m		

NOTAS: El tiempo de duración de la fuga considera que el evento no es controlado y se escapa todo el material dentro de la red de distribución. Sin embargo, el proyecto cuenta con varias válvulas en diferentes zona, lo que hará que el tiempo de descarga sea equivalente a aproximadamente 5 minutos en lo que se descarga el material entre la válvula más cercana a la zona de la fuga.

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 123 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 179 m [DGN 2.1.1].

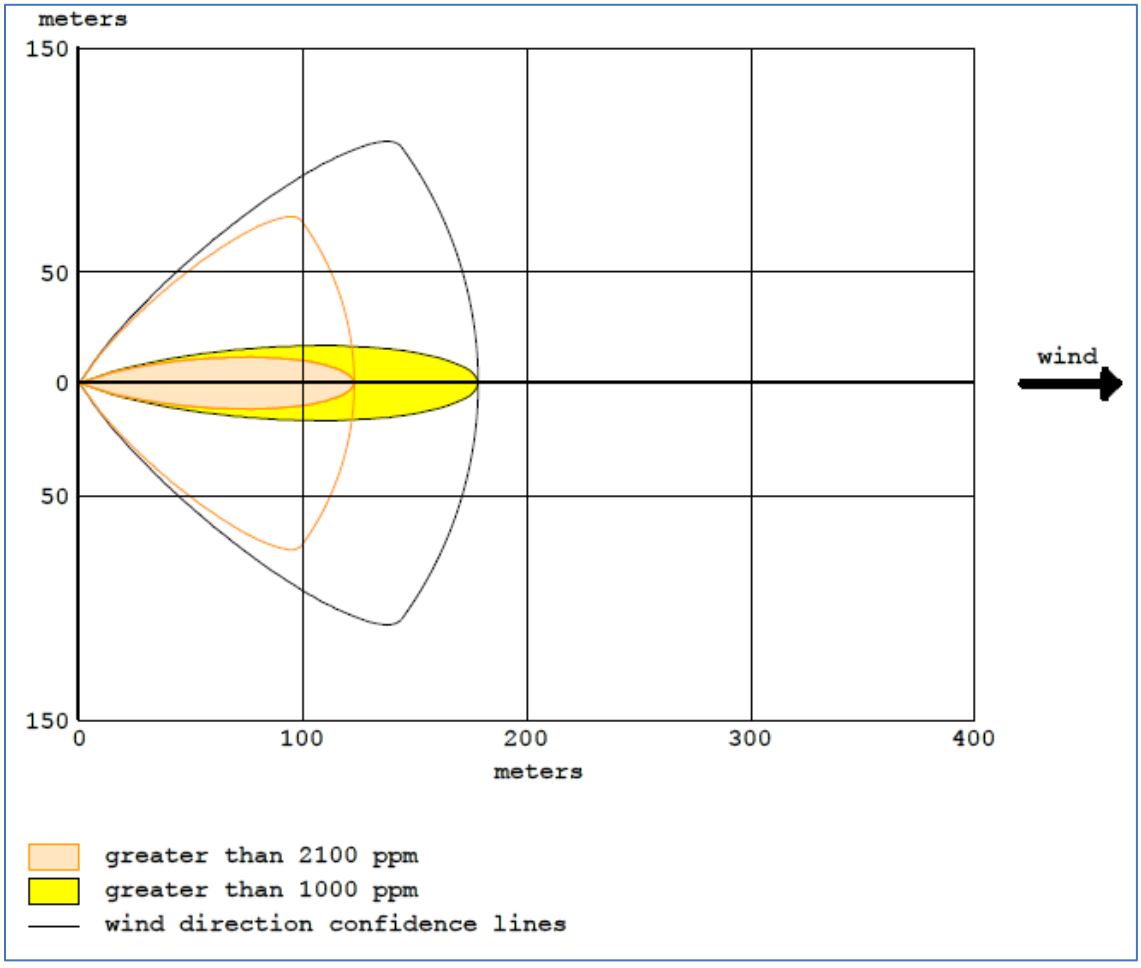


Figura 79 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 2 (DGN 2.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 45 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 112 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 2.1.2]. **NOTA:** No se dibujó la zona de riesgo, debido a que las predicciones de dispersión a distancias cortas son menos confiables

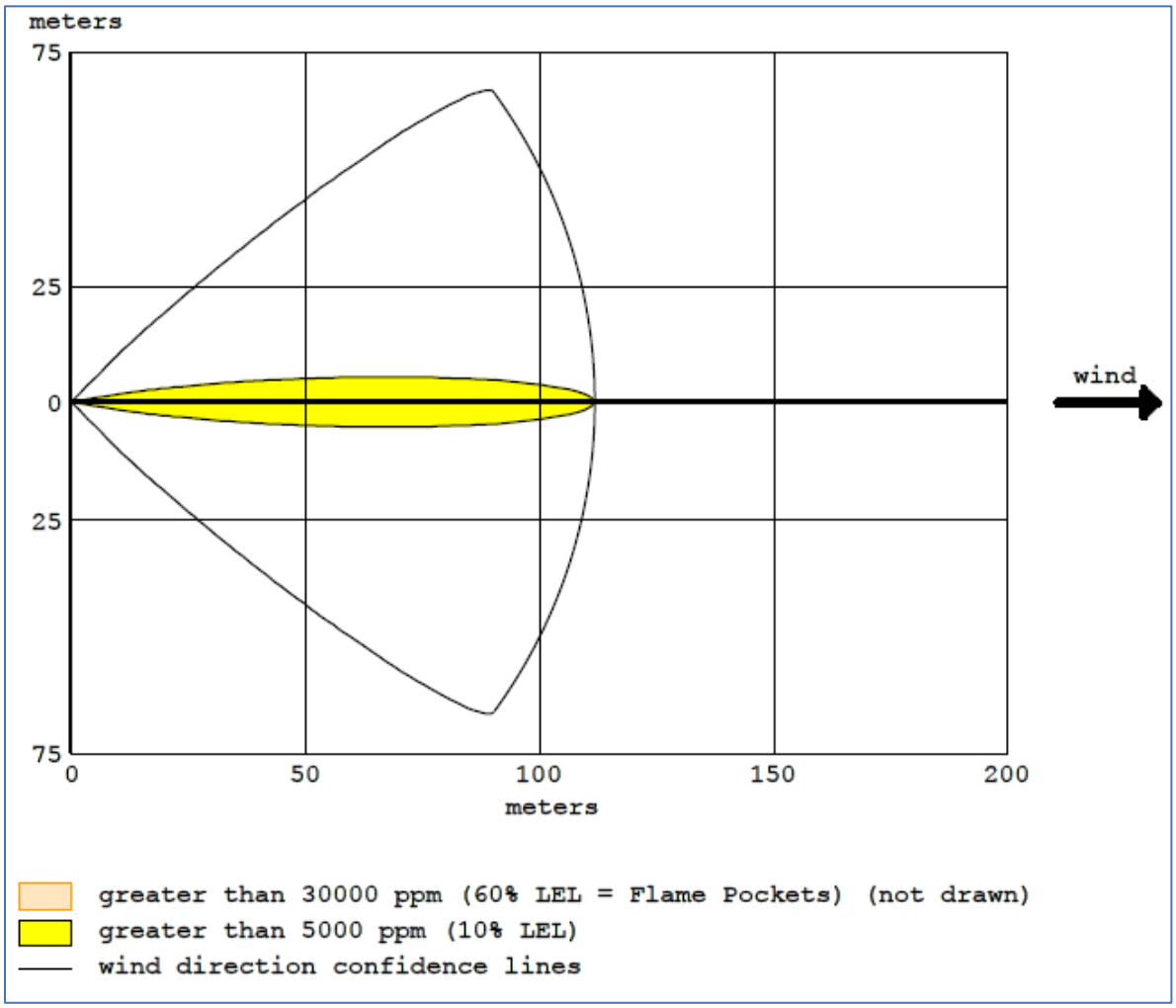


Figura 80 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá

en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 38 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 55 m [DGN 2.1.3].

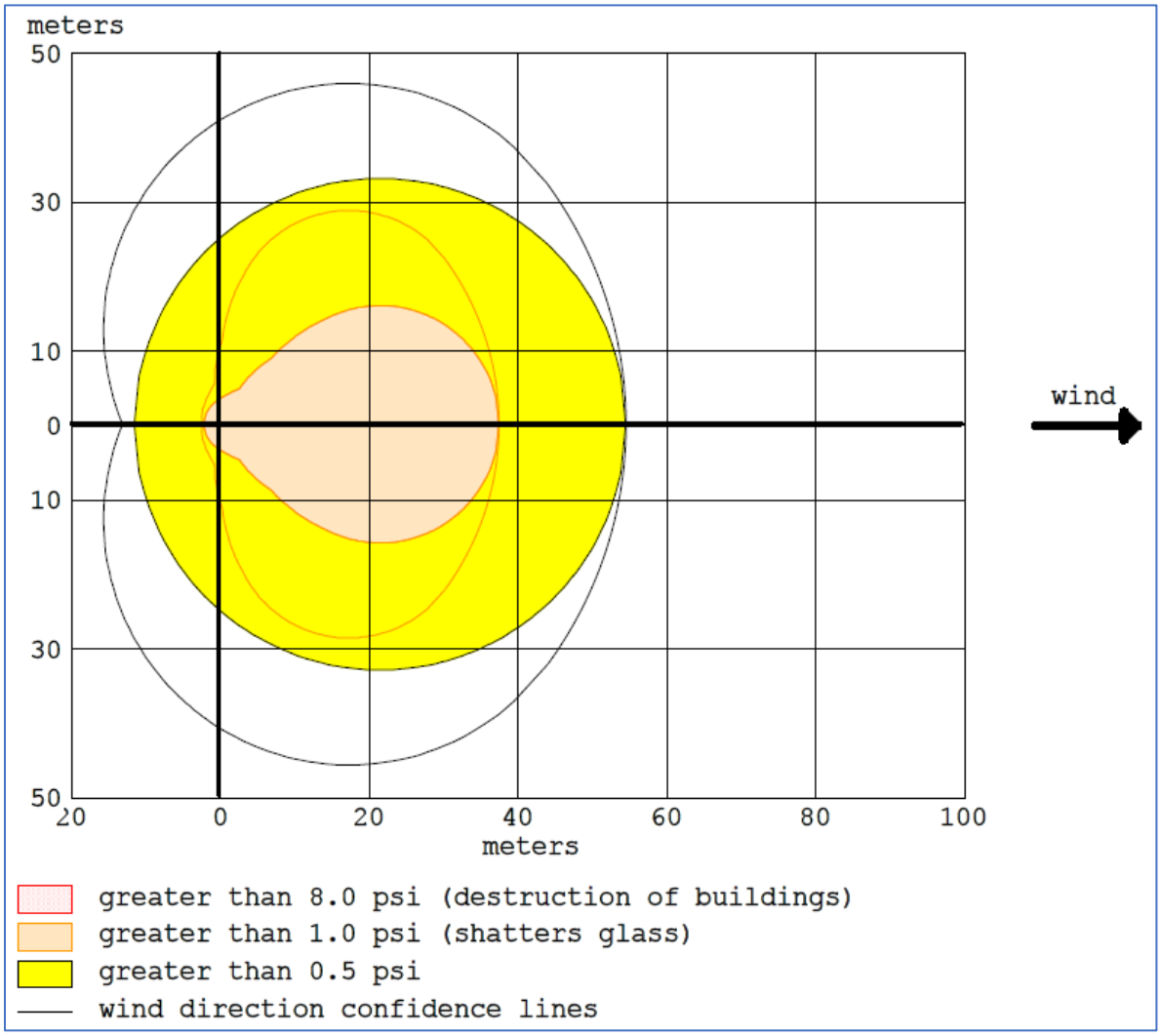


Figura 81 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 2 (DGN 2.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 16 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia de 25 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 48 m. [DGN 2.2.1].

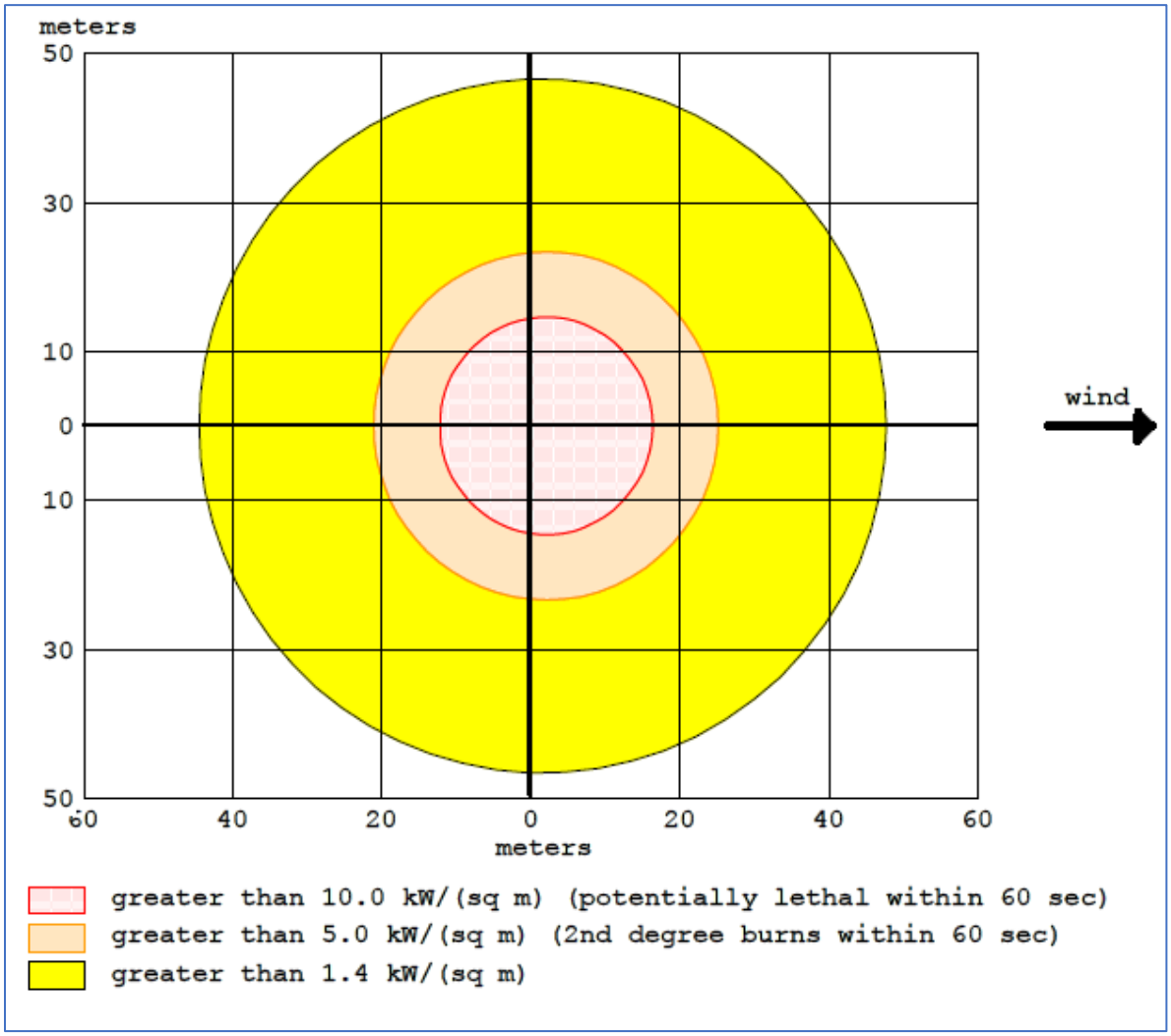


Figura 82 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.2.1)

EVENTO 3 (DGN-030)					
DESCRIPCIÓN:	Fuga de Gas Natural en la Estación de Medición y Regulación de TRANSCANADA, por la apertura indebida de la válvula del Filtro Coalescedor de 4" de diámetro al entrar en la Estación de Medición y Regulación.				
Condiciones Climáticas					
Temperatura (°C):	17.8	Humedad Relativa:	50%		
Velocidad del viento (m/s):	2.0	Dirección del viento:	45° (NE)		
Presión atmosférica (hPa):	1,023.0	Estabilidad Atmosférica:	C		
Dimensiones del Equipo o Tubería					
Diámetro (pulg):	4.0	Longitud:	45.0		
Altura (m):	N.A.	Capacidad:	N.A.		
Condiciones de Operación					
Presión (atm):	5.18	Flujo (m^3/día):	214,416.00		
Temperatura (°C):	17.8	Nivel:	N.A.		
Propiedades de la sustancia					
Sustancia Química:	Gas Natural	Masa Molar (M, Kg/Kmol):	16.04		
Presión de vapor:	No aplicable	Densidad:	0.554 @ 0°/4°C		
Estado Físico:	Gas comprimido	Temperatura de ebullición:	-165,5°C		
RESULTADOS DEL SIMULADOR					
Diámetro de fuga considerado:	4.0 Pulg	Tasa de Descarga (Kg/min):	141.0		
Tiempo de duración de la fuga:	60 min	Inventario liberado:	8,454 Kg		
Dirección de la fuga:	45° (NE)	Altura de la fuga:	N.A.		
RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS DE RIESOG					
TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)		NUBE INFLAMABLE			
Zona de Alto Riesgo (IDLH):	110 m	Zona de Alto Riesgo (60% LEL):	41 m		
Zona de Amortiguamiento (TLV):	160 m	Zona de Amortiguamiento (10% LEL):	100 m		
INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)		EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)			
Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2):	11 m	Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (8.0 psi):	N.A.		
Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2):	16 m	Zona de Alto Riesgo (1.0 psi):	38 m		

Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2):	31 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	49 m
NOTAS: El tiempo de duración de la fuga considera que el evento no es controlado y se escapa todo el material dentro de la red de distribución. Sin embargo, el proyecto cuenta con varias válvulas en diferentes zona, lo que hará que el tiempo de descarga sea equivalente a aproximadamente 5 minutos en lo que se descarga el material entre la válvula más cercana a la zona de la fuga.			

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 110 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 160 m [DGN 3.1.1].

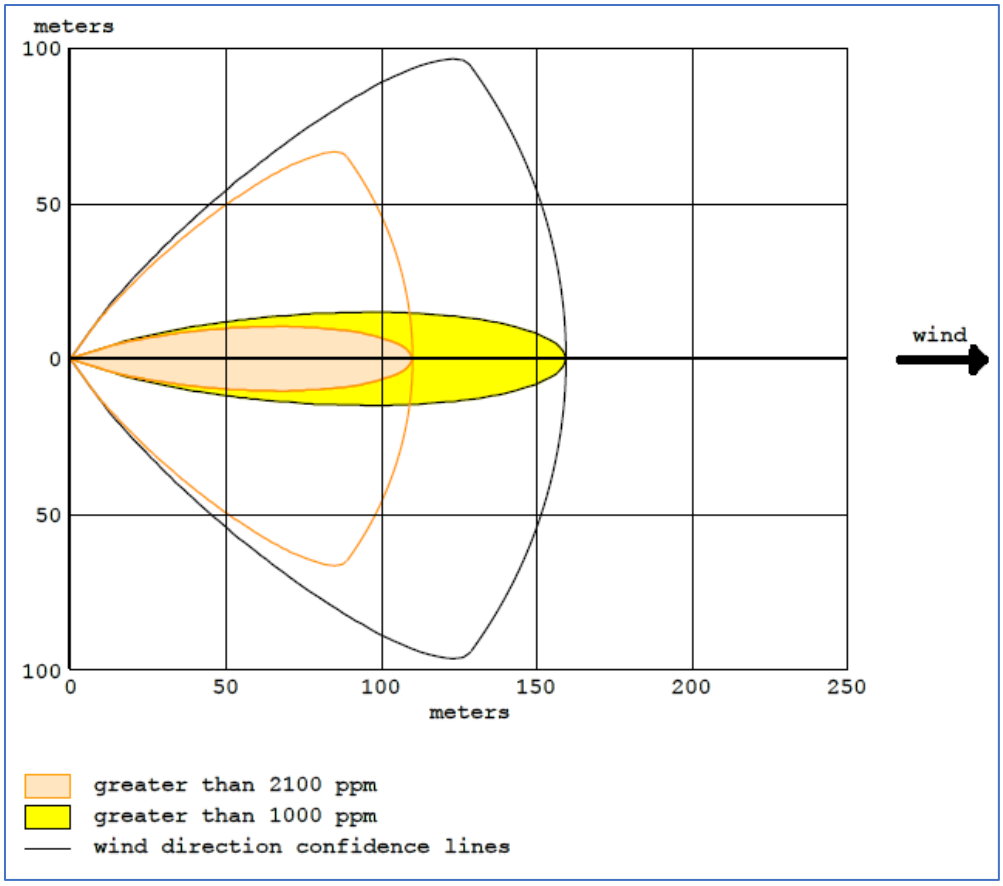


Figura 83 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 3 (DGN 3.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 41 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 100 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 3.1.2].

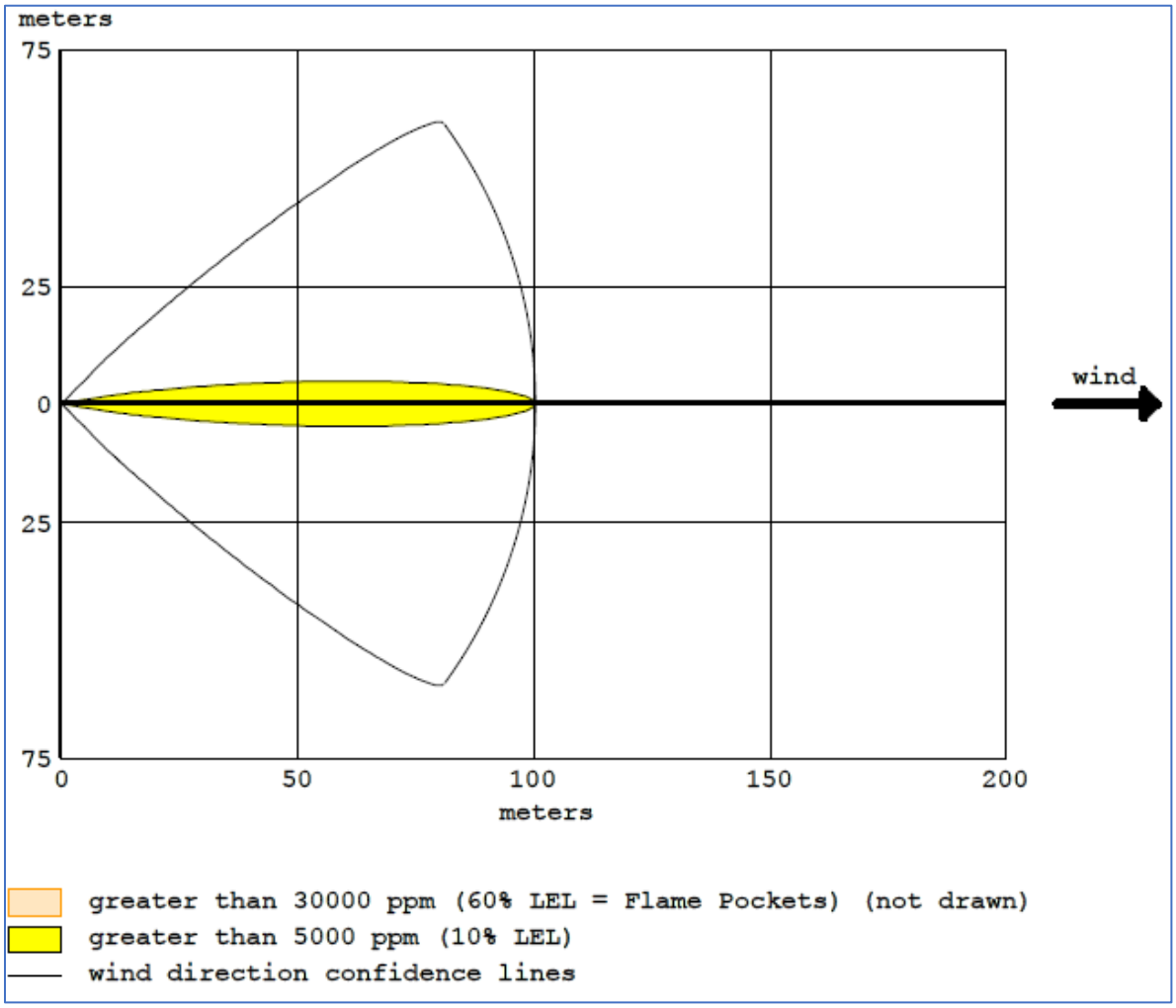


Figura 84 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 3 (DGN 3.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 38 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 49 m [DGN 3.1.3].

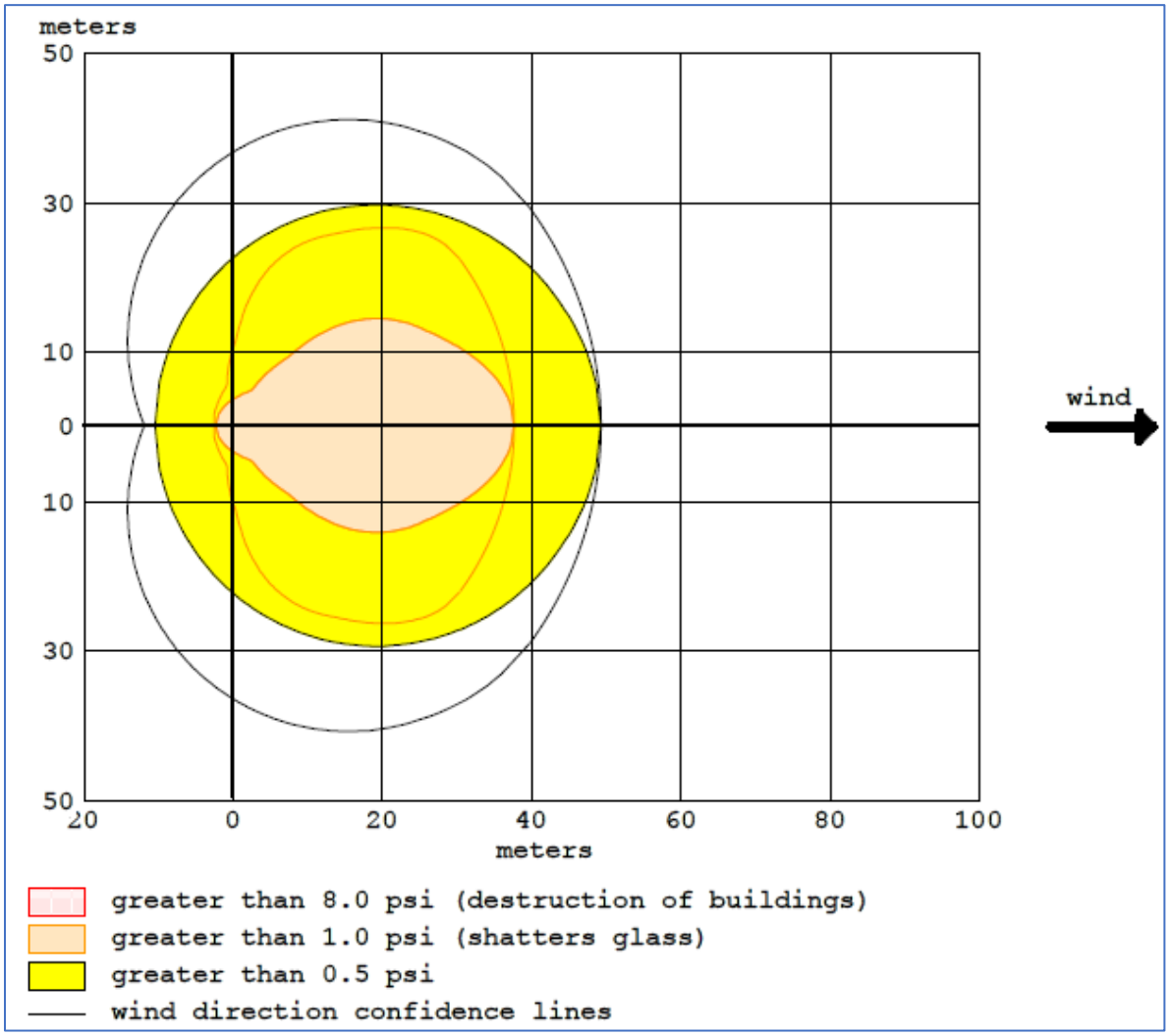


Figura 85 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 3 (DGN 3.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 11 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia de 16 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 31 m. [DGN 3.2.1].

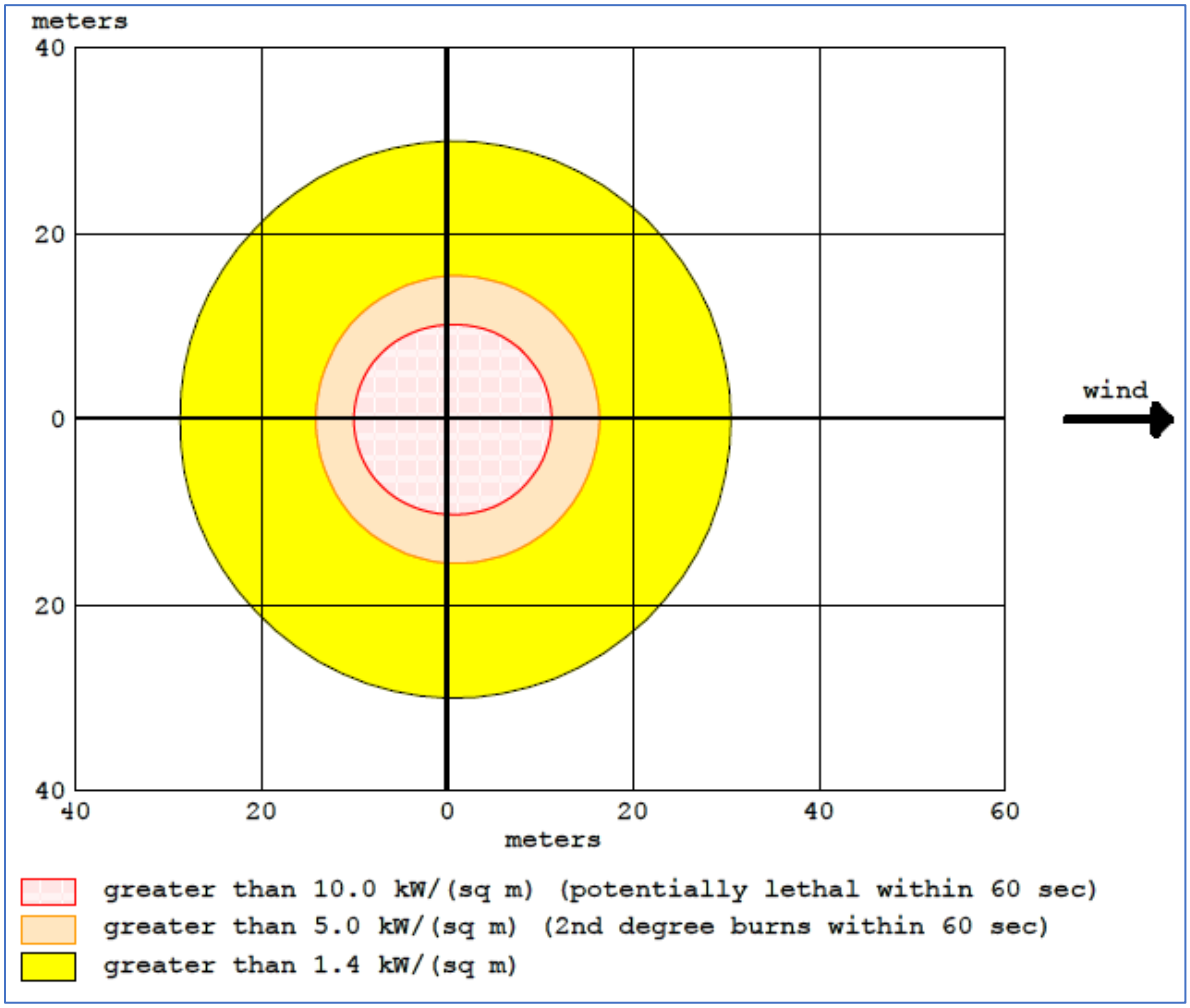


Figura 86 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.2.1)

EVENTO 4 (DGN-040)					
DESCRIPCIÓN:	Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 8 pulg. de diámetro de la Fase 2 (Tramo Estacada 01: Entre el Km. 0+500 y Km. 0+600) en un 20% de la tubería equivalente a 1.6 pulg. (40 mm), a causa de algún golpe ocasionado por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.				
Condiciones Climáticas					
Temperatura (°C):	17.8	Humedad Relativa:	50%		
Velocidad del viento (m/s):	2.0	Dirección del viento:	45° (NE)		
Presión atmosférica (hPa):	1,023.0	Estabilidad Atmosférica:	C		
Dimensiones del Equipo o Tubería					
Diámetro (pulg):	8.0	Longitud:	3,610.0		
Altura (m):	N.A.	Capacidad:	N.A.		
Condiciones de Operación					
Presión (atm):	6.8	Flujo (m^3/día):	279,959.76		
Temperatura (°C):	17.8	Nivel:	N.A.		
Propiedades de la sustancia					
Sustancia Química:	Gas Natural	Masa Molar (M, Kg/Kmol):	16.04		
Presión de vapor:	No aplicable	Densidad:	0.554 @ 0°/4°C		
Estado Físico:	Gas comprimido	Temperatura de ebullición:	-165,5°C		
RESULTADOS DEL SIMULADOR					
Diámetro de fuga considerado:	1.6 Pulg	Tasa de Descarga (Kg/min):	73.0		
Tiempo de duración de la fuga:	55 min	Inventario liberado:	473.0 Kg		
Dirección de la fuga:	45° (NE)	Altura de la fuga:	N.A.		
RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS DE RIESOG					
TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)		NUBE INFLAMABLE			
Zona de Alto Riesgo (IDLH):	79 m	Zona de Alto Riesgo (60% LEL):	30 m		
Zona de Amortiguamiento (TLV):	115 m	Zona de Amortiguamiento (10% LEL):	72 m		
INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)		EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)			
Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2):	<10 m	Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (8.0 psi):	N.A.		
Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2):	11 m	Zona de Alto Riesgo (1.0 psi):	24 m		

Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2):	20 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	35 m
NOTAS: El tiempo de duración de la fuga considera que el evento no es controlado y se escapa todo el material dentro de la red de distribución. Sin embargo, el proyecto cuenta con varias válvulas en diferentes zonas, lo que hará que el tiempo de descarga sea equivalente a aproximadamente 5 minutos en lo que se descarga el material entre la válvula más cercana a la zona de la fuga.			

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 79 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 115 m [DGN 4.1.1].

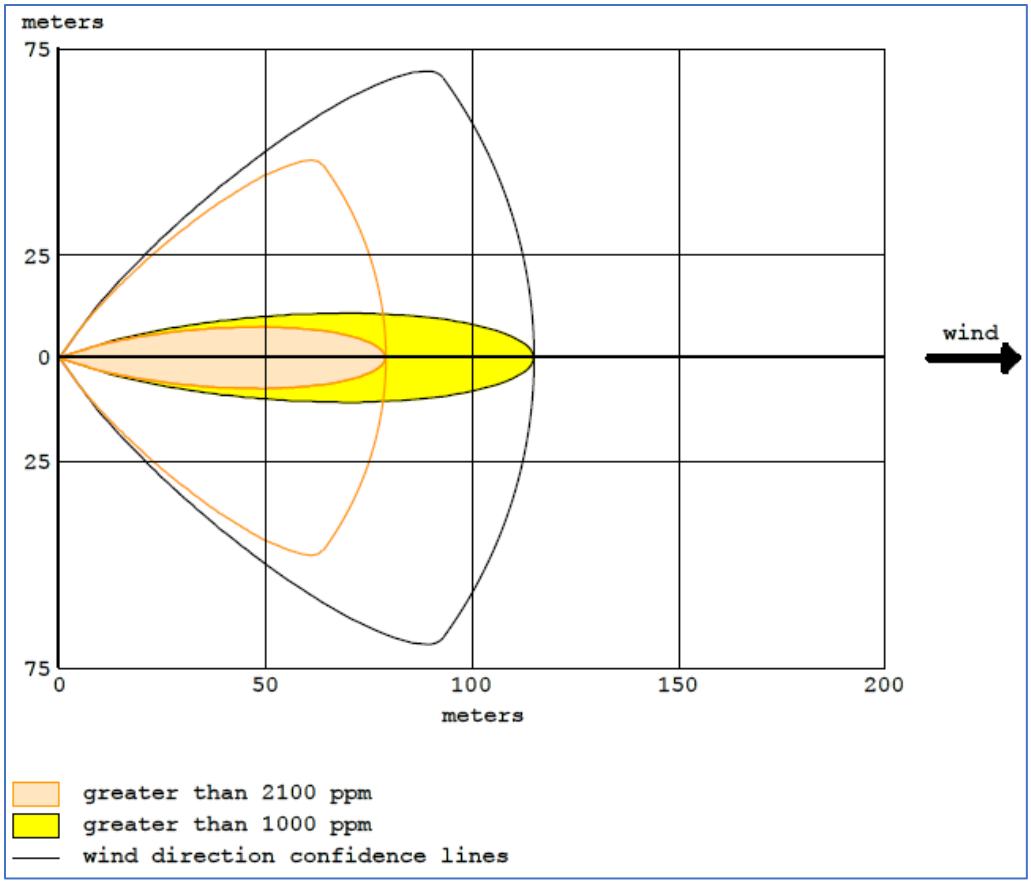


Figura 87 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 4 (DGN 4.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 30 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 72 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 4.1.2]. **NOTA:** No se dibujó la zona de riesgo, debido a que las predicciones de dispersión a distancias cortas son menos confiables.

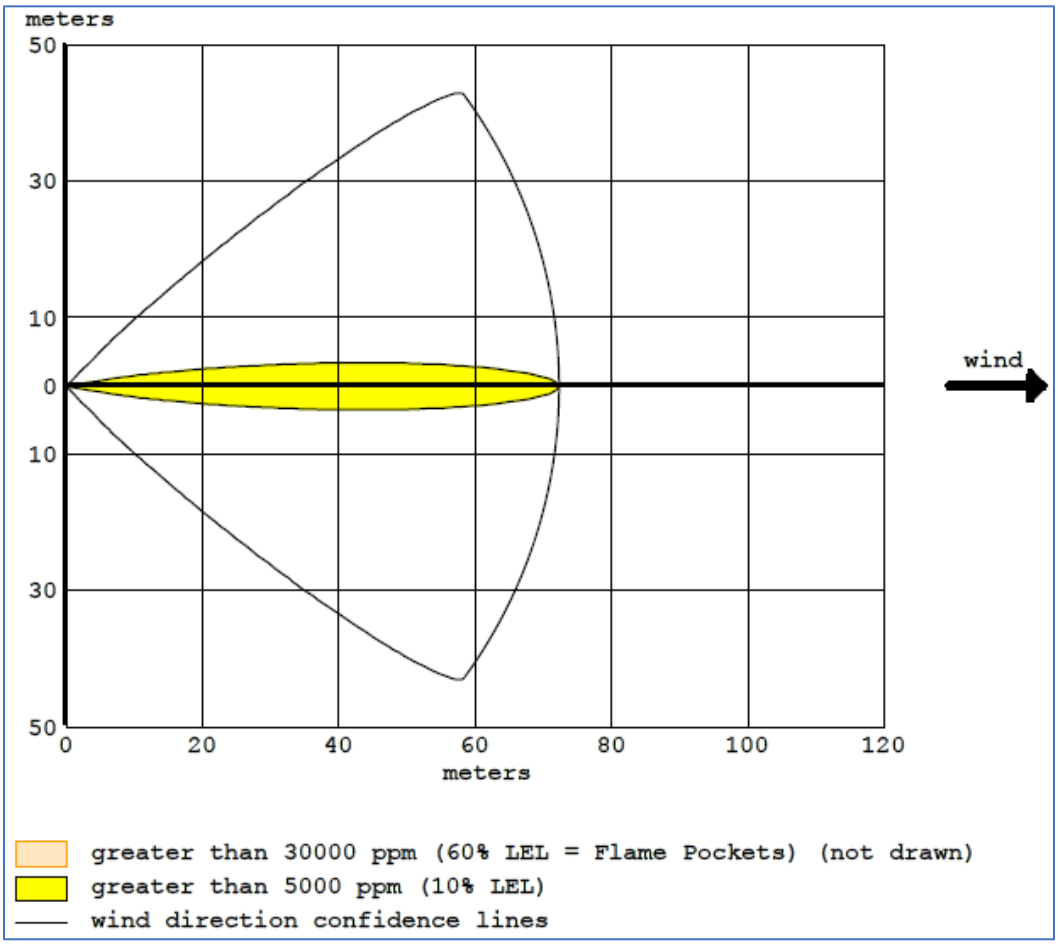


Figura 88 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 4 (DGN 4.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 24 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 35 m [DGN 4.1.3].

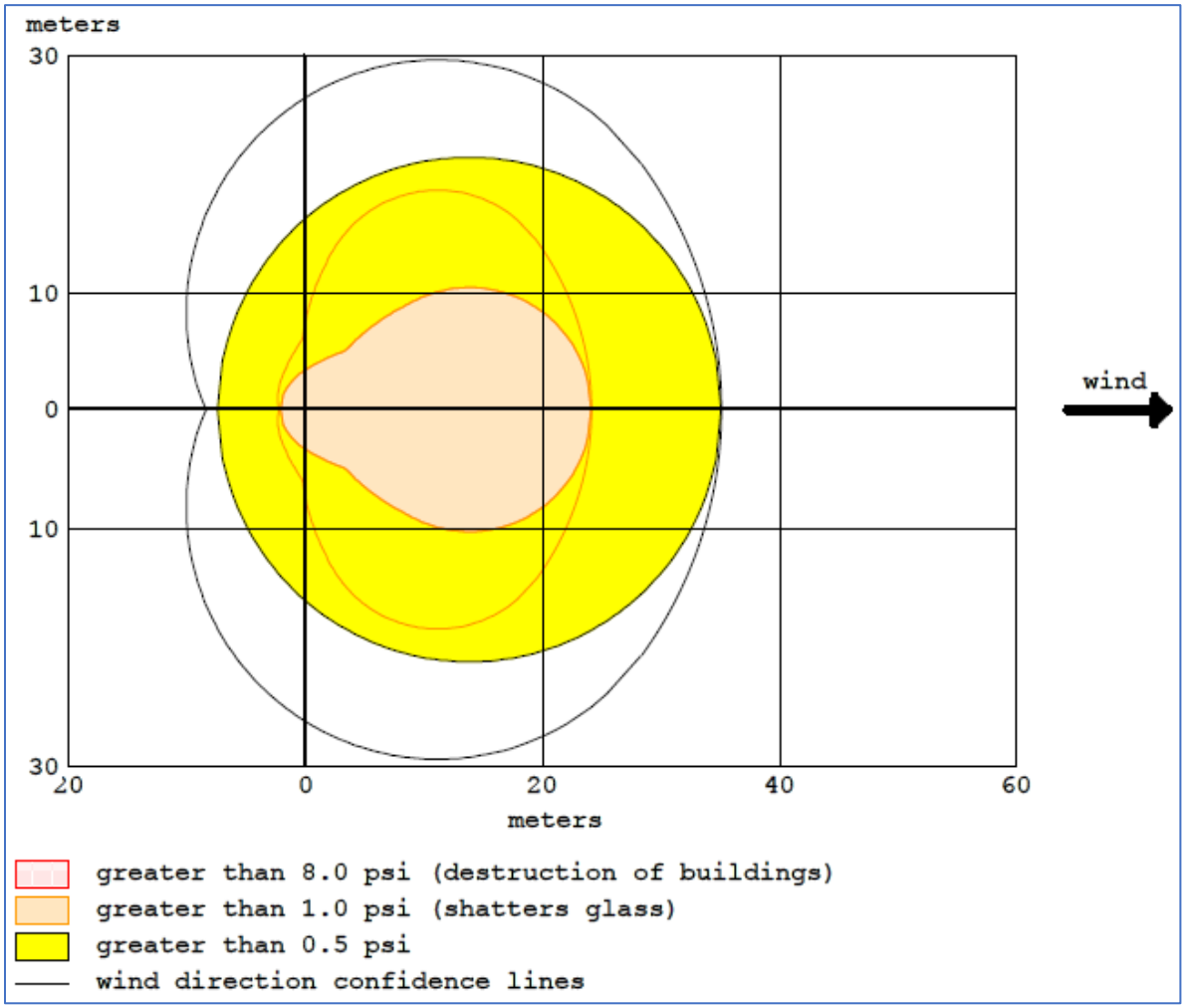


Figura 89 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 4 (DGN 4.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia de 11 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 20 m. [DGN 4.2.1].

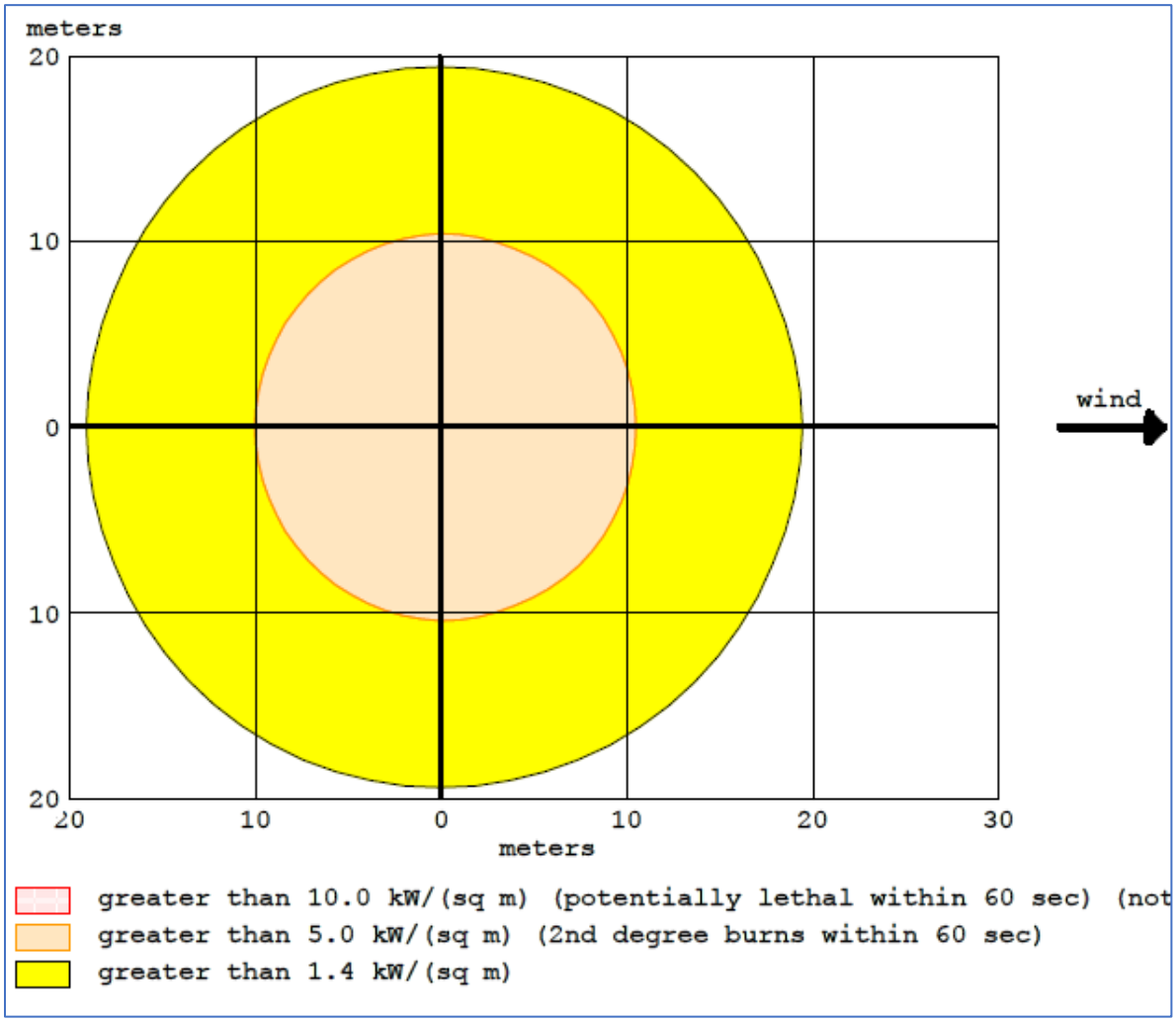


Figura 90 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 4 (DGN 4.2.1)

EVENTO 5 (DGN-050)					
DESCRIPCIÓN:	Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 6 pulg. de diámetro en los ductos de Transcanada pasando la válvula VS-05, generando un fuga por un orificio equivalente al 20% de la tubería equivalente a 1.2 Pulg (30.5 mm), a causa de algún golpe ocasionado por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.				
Condiciones Climáticas					
Temperatura (°C):	17.8	Humedad Relativa:	50%		
Velocidad del viento (m/s):	2.0	Dirección del viento:	45° (NE)		
Presión atmosférica (hPa):	1,023.0	Estabilidad Atmosférica:	C		
Dimensiones del Equipo o Tubería					
Diámetro (pulg):	6.0	Longitud:	3,150.0		
Altura (m):	N.A.	Capacidad:	N.A.		
Condiciones de Operación					
Presión (atm):	5.18	Flujo (m^3/día):	214,416.00		
Temperatura (°C):	17.8	Nivel:	N.A.		
Propiedades de la sustancia					
Sustancia Química:	Gas Natural	Masa Molar (M, Kg/Kmol):	16.04		
Presión de vapor:	No aplicable	Densidad:	0.554 @ 0°/4°C		
Estado Físico:	Gas comprimido	Temperatura de ebullición:	-165,5°C		
RESULTADOS DEL SIMULADOR					
Diámetro de fuga considerado:	1.2 Pulg	Tasa de Descarga (Kg/min):	30.0		
Tiempo de duración de la fuga:	49 min	Inventario liberado:	169.0 Kg		
Dirección de la fuga:	45° (NE)	Altura de la fuga:	N.A.		
RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS DE RIESOG					
TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)		NUBE INFLAMABLE			
Zona de Alto Riesgo (IDLH):	50 m	Zona de Alto Riesgo (60% LEL):	19 m		
Zona de Amortiguamiento (TLV):	74 m	Zona de Amortiguamiento (10% LEL):	46 m		
INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)		EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)			
Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2):	<10 m	Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (8.0 psi):	N.A.		

Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2):	<10 m	Zona de Alto Riesgo (1.0 psi):	16 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2):	13 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	23 m
NOTAS: El tiempo de duración de la fuga considera que el evento no es controlado y se escapa todo el material dentro de la red de distribución. Sin embargo, el proyecto cuenta con varias válvulas en diferentes zonas, lo que hará que el tiempo de descarga sea equivalente a aproximadamente 5 minutos en lo que se descarga el material entre la válvula más cercana a la zona de la fuga.			

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 50 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 74 m [DGN 5.1.1].

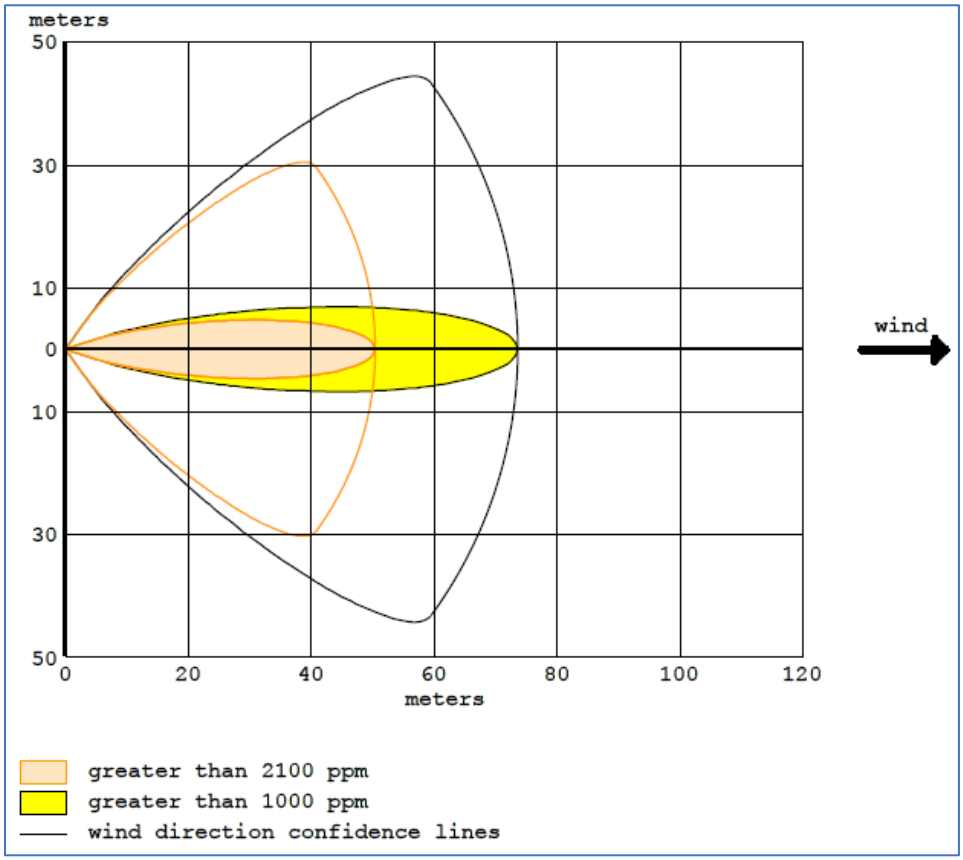


Figura 91 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 5 (DGN 5.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 19 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 46 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 5.1.2]. **NOTA:** No se dibujó la zona de riesgo ni amortiguamiento, debido a que las predicciones de dispersión a distancias cortas son menos confiables.

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 16 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 23 m [DGN 5.1.3].

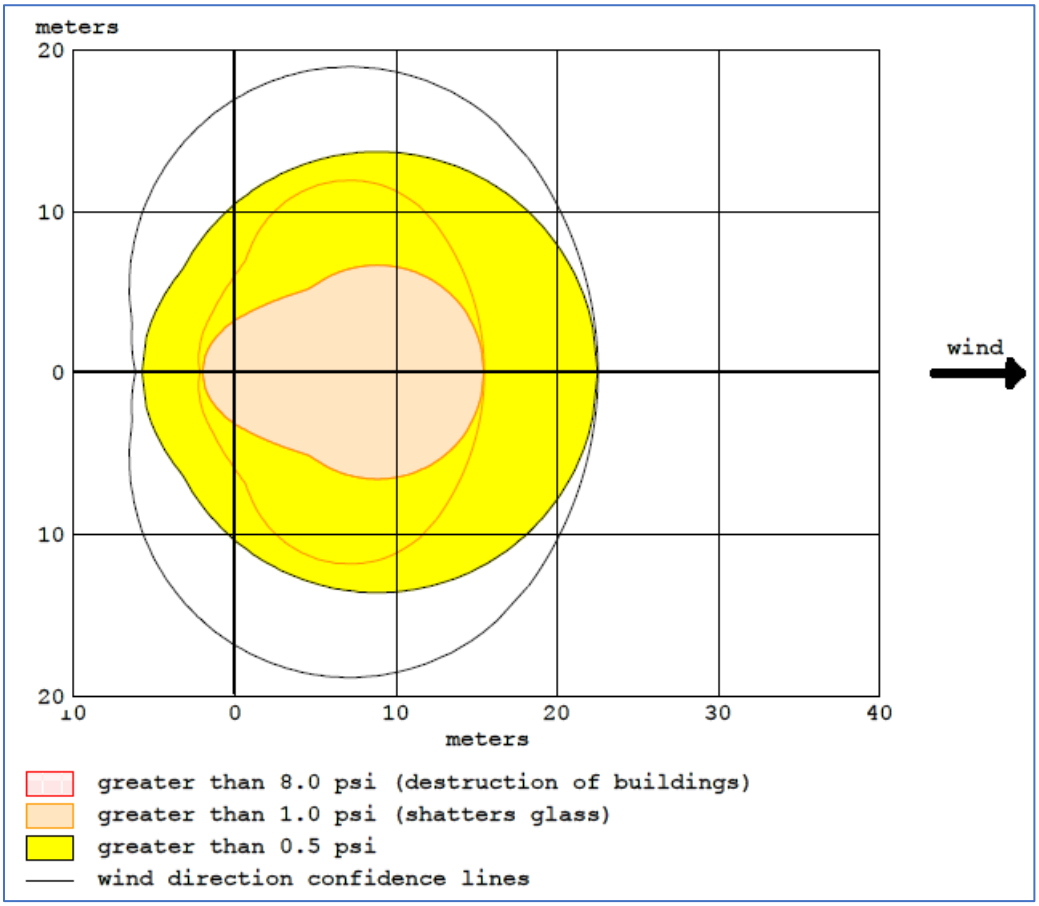


Figura 92 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 5 (DGN 5.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 13 m. [DGN 5.2.1].

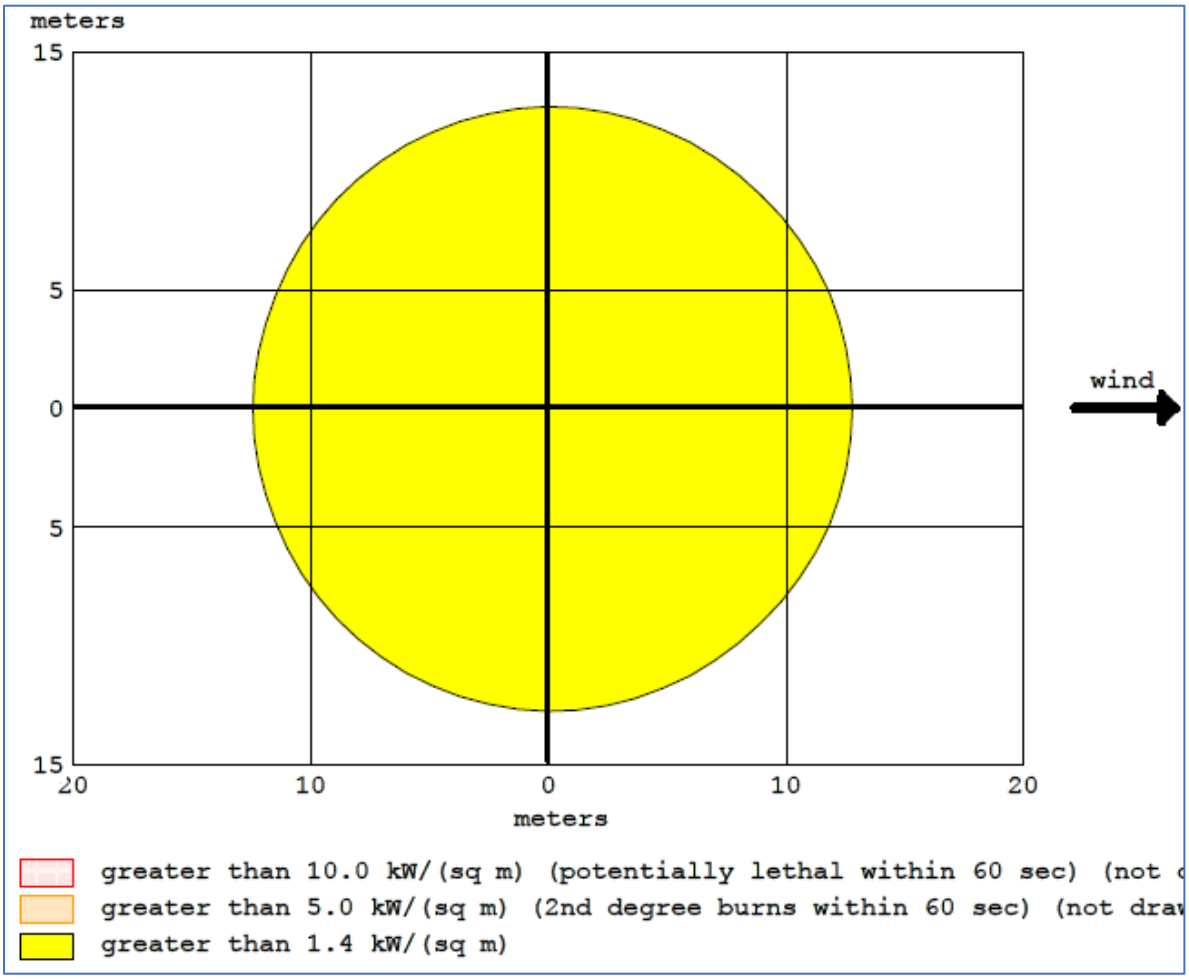


Figura 93 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 5 (DGN 5.2.1)

EVENTO 6 (DGN-060)					
DESCRIPCIÓN:	Fuga de gas natural en la red de baja presión de polietileno por un orificio equivalente al 20% de tubería de 4 pulg de diámetro equivalente a 0.8 pulg (20 mm), en la entrada de alguna de las Estación de Medición y- Regulación de las industrias usuarias.				
Condiciones Climáticas					
Temperatura (°C):	17.8	Humedad Relativa:	50%		
Velocidad del viento (m/s):	2.0	Dirección del viento:	45° (NE)		
Presión atmosférica (hPa):	1,023.0	Estabilidad Atmosférica:	C		
Dimensiones del Equipo o Tubería					
Diámetro (pulg):	4.0	Longitud:	3,100.0		
Altura (m):	N.A.	Capacidad:	N.A.		
Condiciones de Operación					
Presión (atm):	6.8	Flujo (m^3/día):	279,959.76		
Temperatura (°C):	17.8	Nivel:	N.A.		
Propiedades de la sustancia					
Sustancia Química:	Gas Natural	Masa Molar (M, Kg/Kmol):	16.04		
Presión de vapor:	No aplicable	Densidad:	0.554 @ 0°/4°C		
Estado Físico:	Gas comprimido	Temperatura de ebullición:	-165,5°C		
RESULTADOS DEL SIMULADOR					
Diámetro de fuga considerado:	0.8 Pulg	Tasa de Descarga (Kg/min):	18.1		
Tiempo de duración de la fuga:	51 min	Inventario liberado:	101 Kg		
Dirección de la fuga:	45° (NE)	Altura de la fuga:	N.A.		
RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS DE RIESOG					
TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)		NUBE INFLAMABLE			
Zona de Alto Riesgo (IDLH):	39 m	Zona de Alto Riesgo (60% LEL):	14 m		
Zona de Amortiguamiento (TLV):	57 m	Zona de Amortiguamiento (10% LEL):	36 m		
INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)		EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)			
Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2):	<10 m	Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (8.0 psi):	N.A.		
Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2):	<10 m	Zona de Alto Riesgo (1.0 psi):	12 m		

Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2):	<10 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	18 m
NOTAS: El tiempo de duración de la fuga considera que el evento no es controlado y se escapa todo el material dentro de la red de distribución. Sin embargo, el proyecto cuenta con varias válvulas en diferentes zona, lo que hará que el tiempo de descarga sea equivalente a aproximadamente 5 minutos en lo que se descarga el material entre la válvula más cercana a la zona de la fuga.			

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 39 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 57 m [DGN 6.1.1]. **NOTA:** No se dibujó la zona de riesgo ni amortiguamiento, debido a que las predicciones de dispersión a distancias cortas son menos confiables.

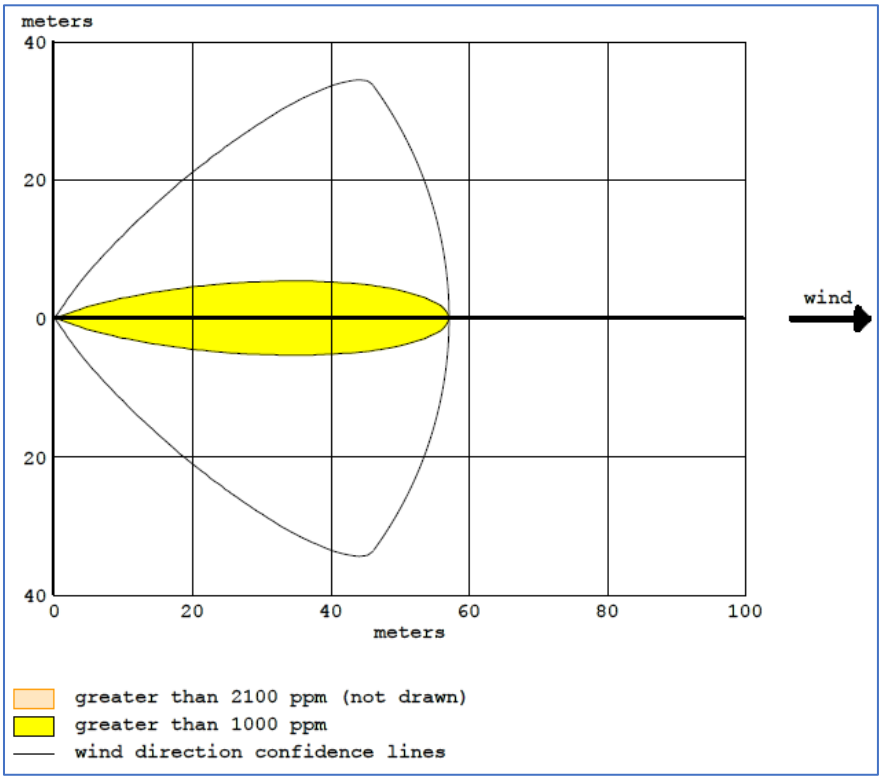


Figura 94 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 6 (DGN 6.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 14 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 36 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 6.1.2]. **NOTA:** No se dibujó la zona de riesgo ni amortiguamiento, debido a que las predicciones de dispersión a distancias cortas son menos confiables.

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 12 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 18 m [DGN 6.1.3].

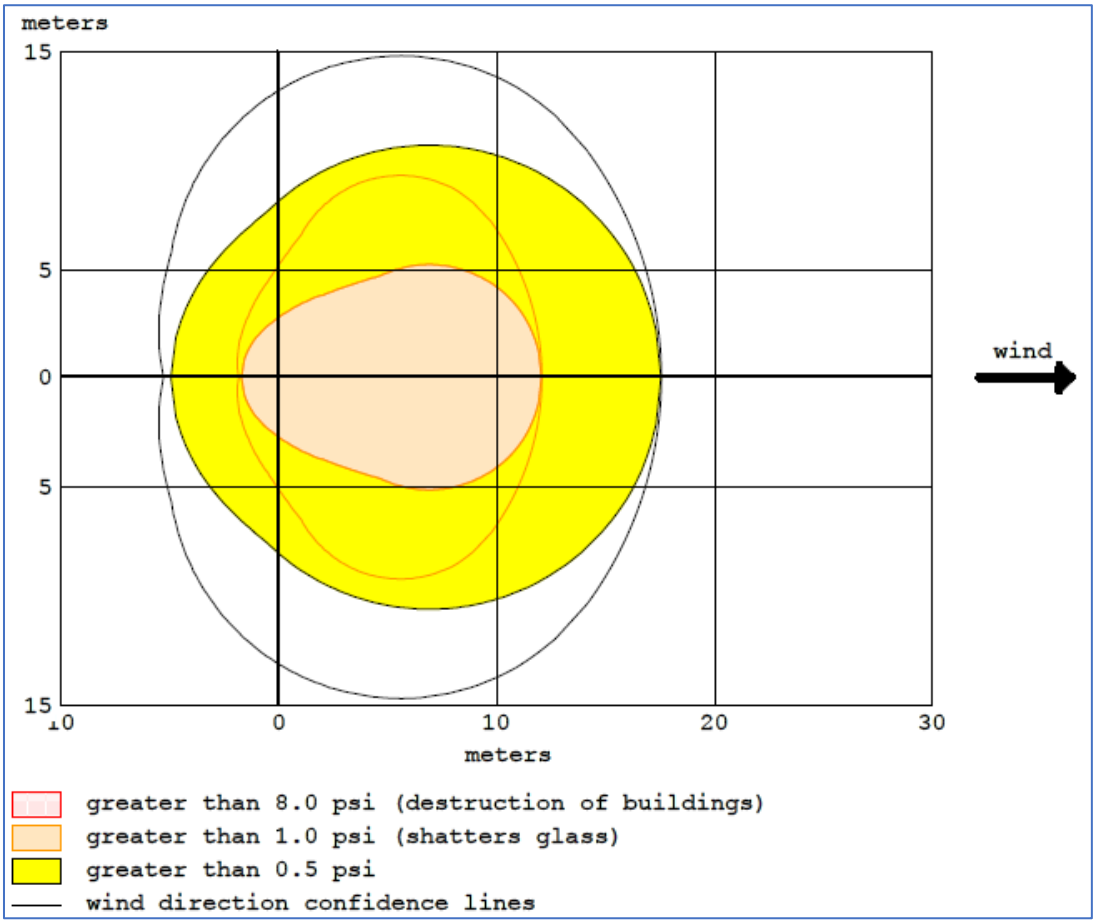


Figura 95 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 6 (DGN 6.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia menor a 10 m. [DGN 6.2.1].

En el ***Anexo 7***, se presentan los resultados de las simulaciones con el software ALOHA.

Resumen Técnico de los Eventos Simulados

Como resultado de las evaluaciones matemáticas realizadas, se presenta el siguiente cuadro resumen de todos los eventos:

Tabla 83 Resumen Técnico de los Eventos Simulados

Descripción del escenario		Radios de afectación									
		Toxicidad		Inflamabilidad		Sobrepresión			Radiación térmica		
No.	Evento	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo a Equipos	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo a Equipos	Alto Riesgo	Amortiguamiento
		IDLH	TLV	60%LEL	10%LEL	8.0 psi	1.0 psi	0.5 psi	10.0 kW/m^2	5.0 kW/m^2	1.4 kW/m^2
DGN-01	Fuga de gas natural en la Estación de Medición y Regulación (EMR), por falla durante las labores de mantenimiento de la válvula de seguridad de 6" de diámetro cuando el proyecto se encuentra en su fase 3.	212 m	308 m	78 m	193 m	N.A.	73 m	95 m	19 m	28 m	53 m
DGN-02	Fuga de Gas Natural en la red de alta presión de la Fase 1 del proyecto, por daño en la válvula PE de 8" de diámetro (VS-N-13), debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.	123 m	179 m	45 m	112 m	N.A.	38 m	55 m	16 m	25 m	48 m
DGN-03	Fuga de Gas Natural en la Estación de Medición y Regulación	110 m	160 m	41 m	100 m	N.A.	38 m	49 m	11 m	16 m	31 m

Descripción del escenario		Radios de afectación									
		Toxicidad		Inflamabilidad		Sobrepresión			Radiación térmica		
No.	Evento	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo a Equipos	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo a Equipos	Alto Riesgo	Amortiguamiento
		IDLH	TLV	60%LEL	10%LEL	8.0 psi	1.0 psi	0.5 psi	10.0 kW/m^2	5.0 kW/m^2	1.4 kW/m^2
	de TRANSCANADA, por la apertura indebida de la válvula del Filtro Coalescedor de 4" de diámetro al entrar en la Estación de Medición y Regulación.										
DGN-04	Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 8 pulg. de diámetro de la Fase 2 (Tramo Estacada 01: Entre el Km. 0+500 y Km. 0+600) en un 20% de la tubería equivalente a 1.6 pulg. (40 mm), a causa de algún golpe ocasionado por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.	79 m	115 m	30 m	72 m	N.A.	24 m	35 m	< 10 m	11 m	20 m
DGN-05	Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 6 pulg. de diámetro en los ductos de Transcanada pasando la válvula VS-05, generando un fuga por un	50 m	74 m	19 m	46 m	N.A.	16 m	23 m	< 10 m	< 10 m	13 m

Descripción del escenario		Radios de afectación									
		Toxicidad		Inflamabilidad		Sobrepresión			Radiación térmica		
No.	Evento	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo a Equipos	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo a Equipos	Alto Riesgo	Amortiguamiento
		IDLH	TLV	60%LEL	10%LEL	8.0 psi	1.0 psi	0.5 psi	10.0 kW/m^2	5.0 kW/m^2	1.4 kW/m^2
	orificio equivalente al 20% de la tubería equivalente a 1.2 Pulg (30.5 mm), a causa de algún golpe ocasionado por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.										
DGN-06	Fuga de gas natural en la red de baja presión de polietileno por un orificio equivalente al 20% de tubería de 4 pulg de diámetro equivalente a 0.8 pulg (20 mm), en la entrada de alguna de las Estación de Medición y-Regulación de las industrias usuarias.	39 m	57 m	14 m	36 m	N.A.	12 m	18 m	< 10 m	< 10 m	< 10 m

En el ***Anexo 7***, se presentan los resultados de las simulaciones con el software ALOHA y en el ***Anexo 5*** el Reporte de Informa Técnico.

5.5. Representación en planos de los radios potenciales de afectación.

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 212 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 308 m [DGN 1.1.1].



Figura 96 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 1 (DGN 1.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 78 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 193 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 1.1.2].

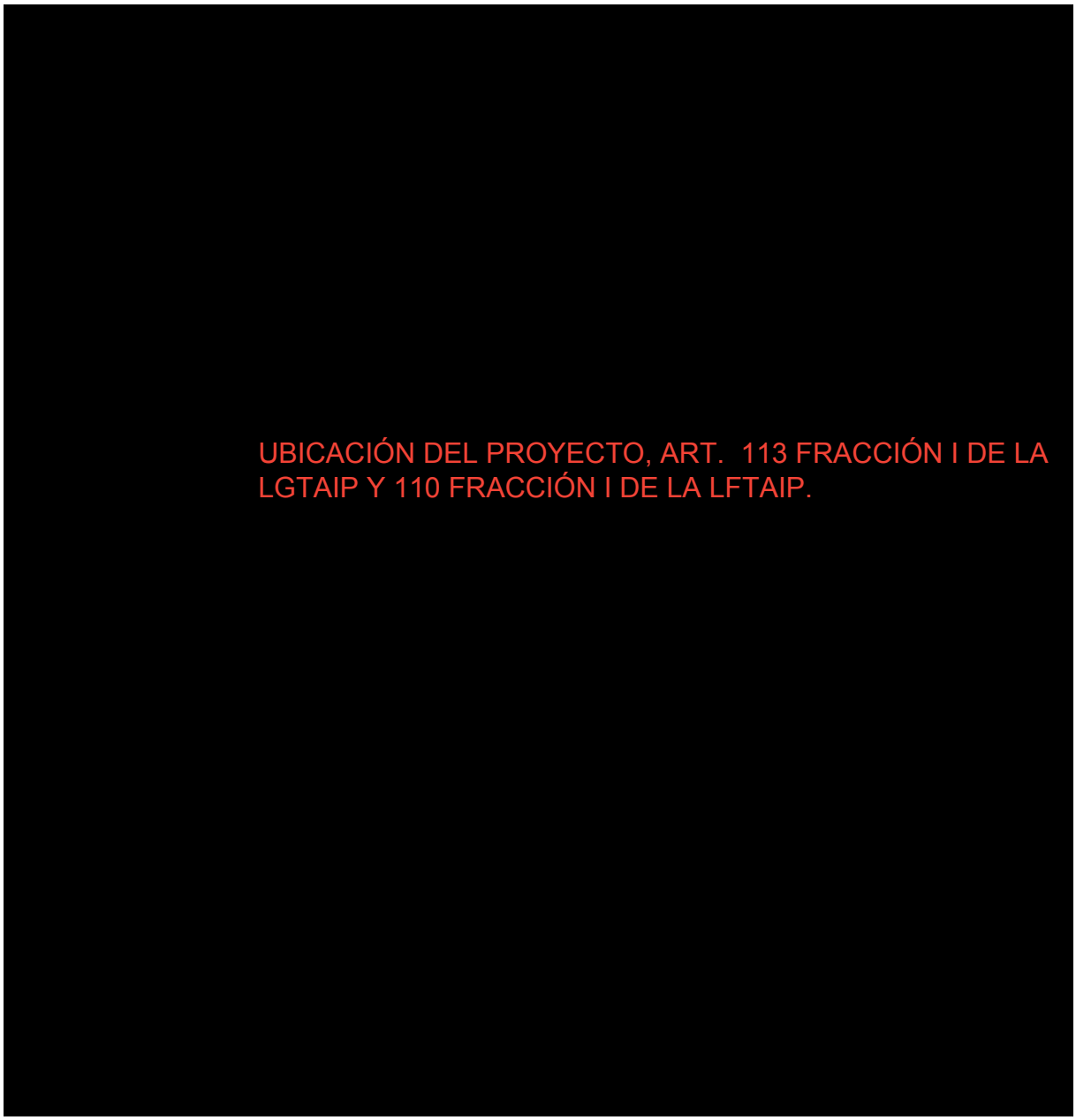


Figura 97 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 1 (DGN 1.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 73 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 95 m [DGN 1.1.3].



Figura 98 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 1 (DGN 1.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 19 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia de 28 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 53 m. [DGN 1.2.1].

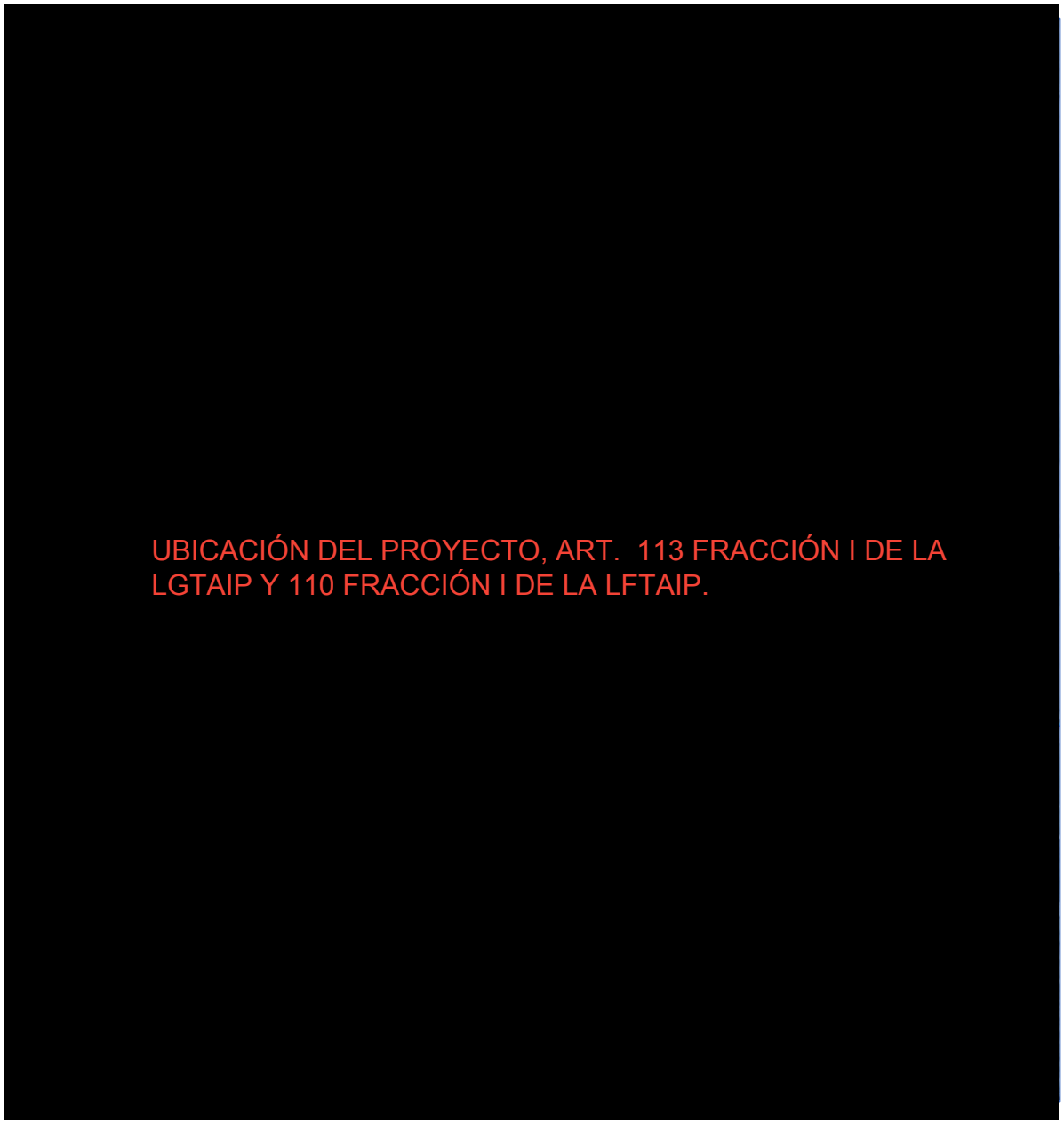


Figura 99 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 1 (DGN1.2.1)

Ver Diagrama de Pétalos DGN-010 en Anexo 4

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 133 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 193 m [DGN 2.1.1].

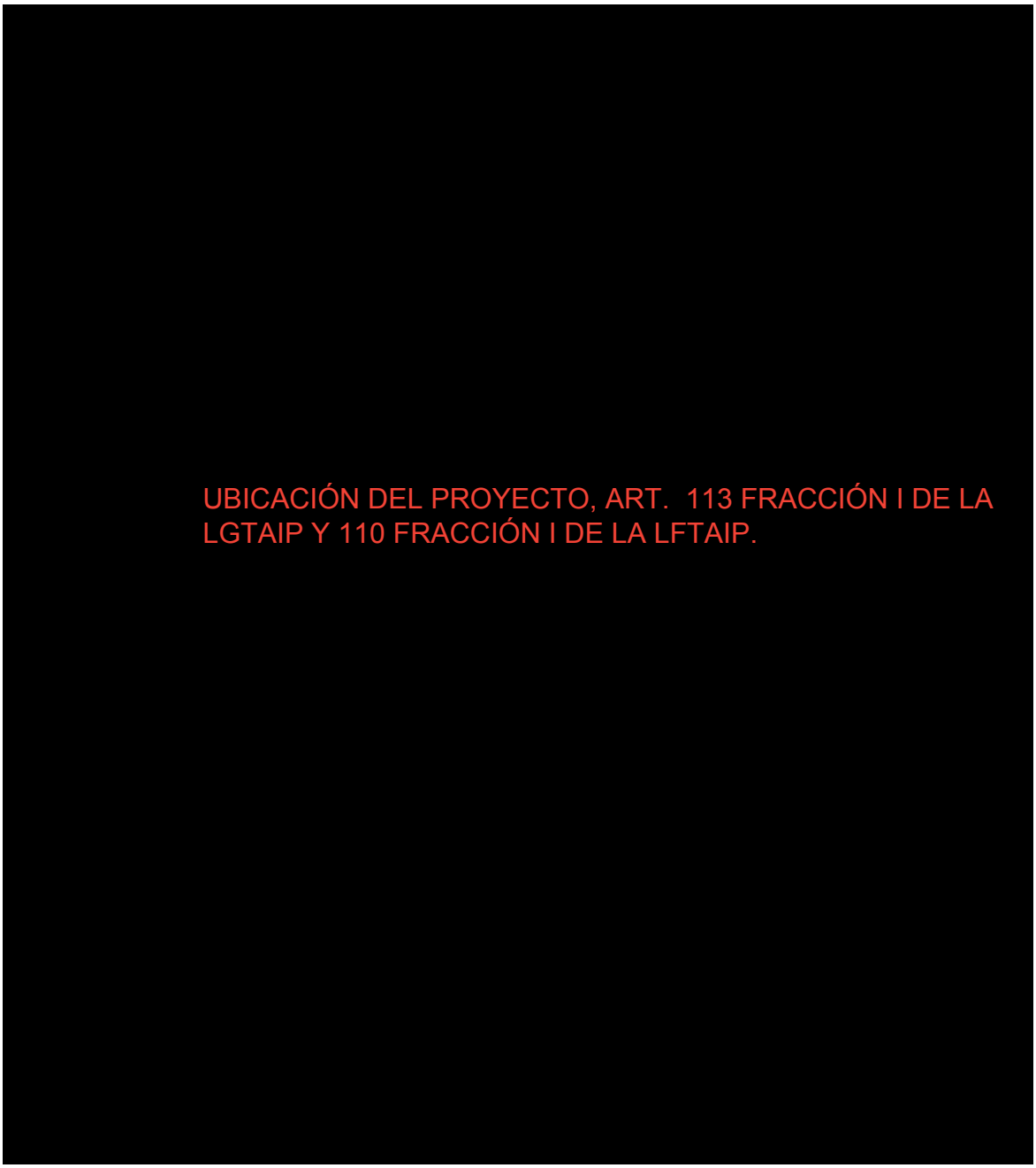


Figura 100 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 2 (DGN 2.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 49 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 121 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 2.1.2].

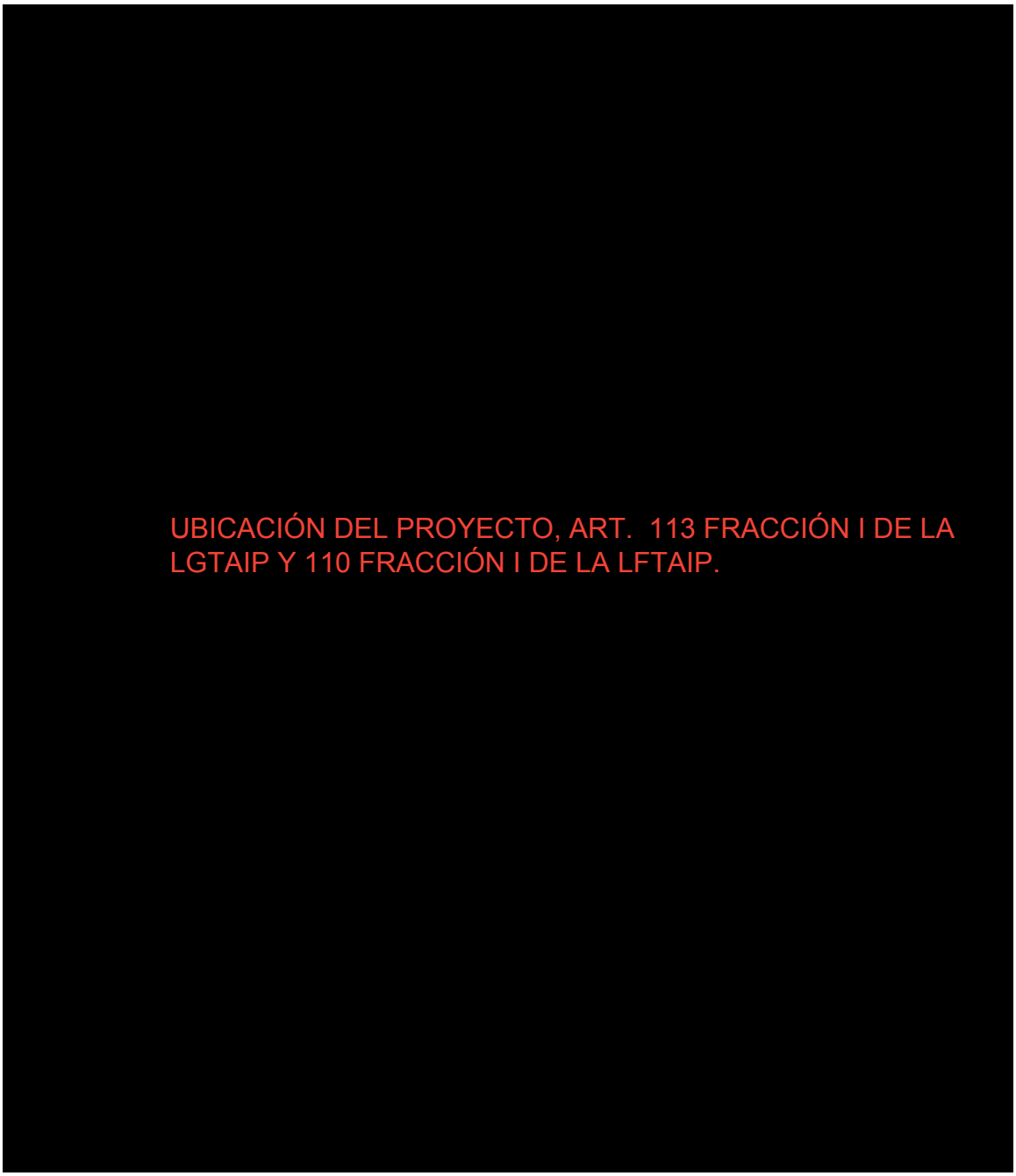


Figura 101 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 41 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 59 m [DGN 2.1.3].

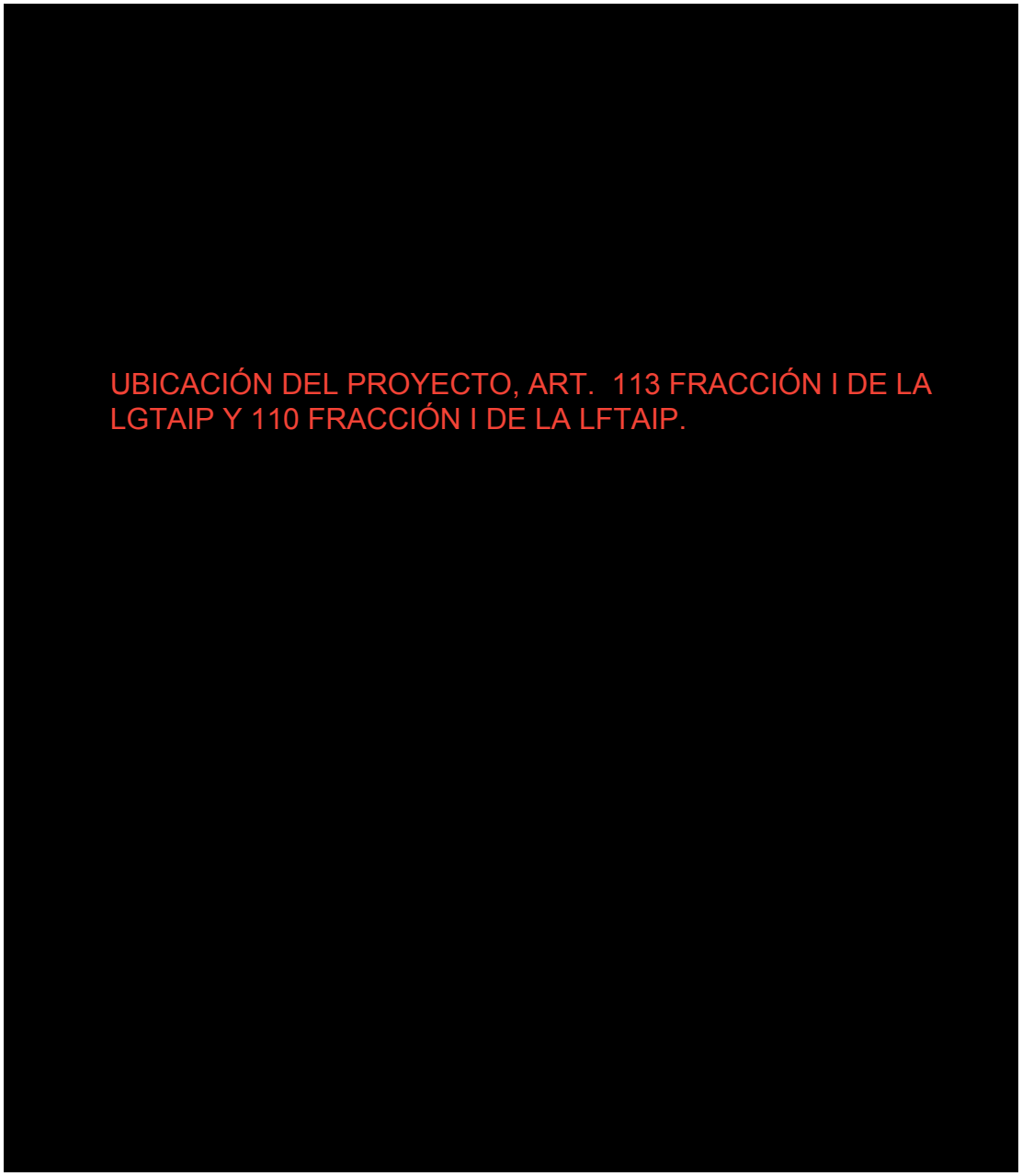


Figura 102 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 2 (DGN 2.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 17 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia de 25 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 48 m. [DGN 2.2.1].

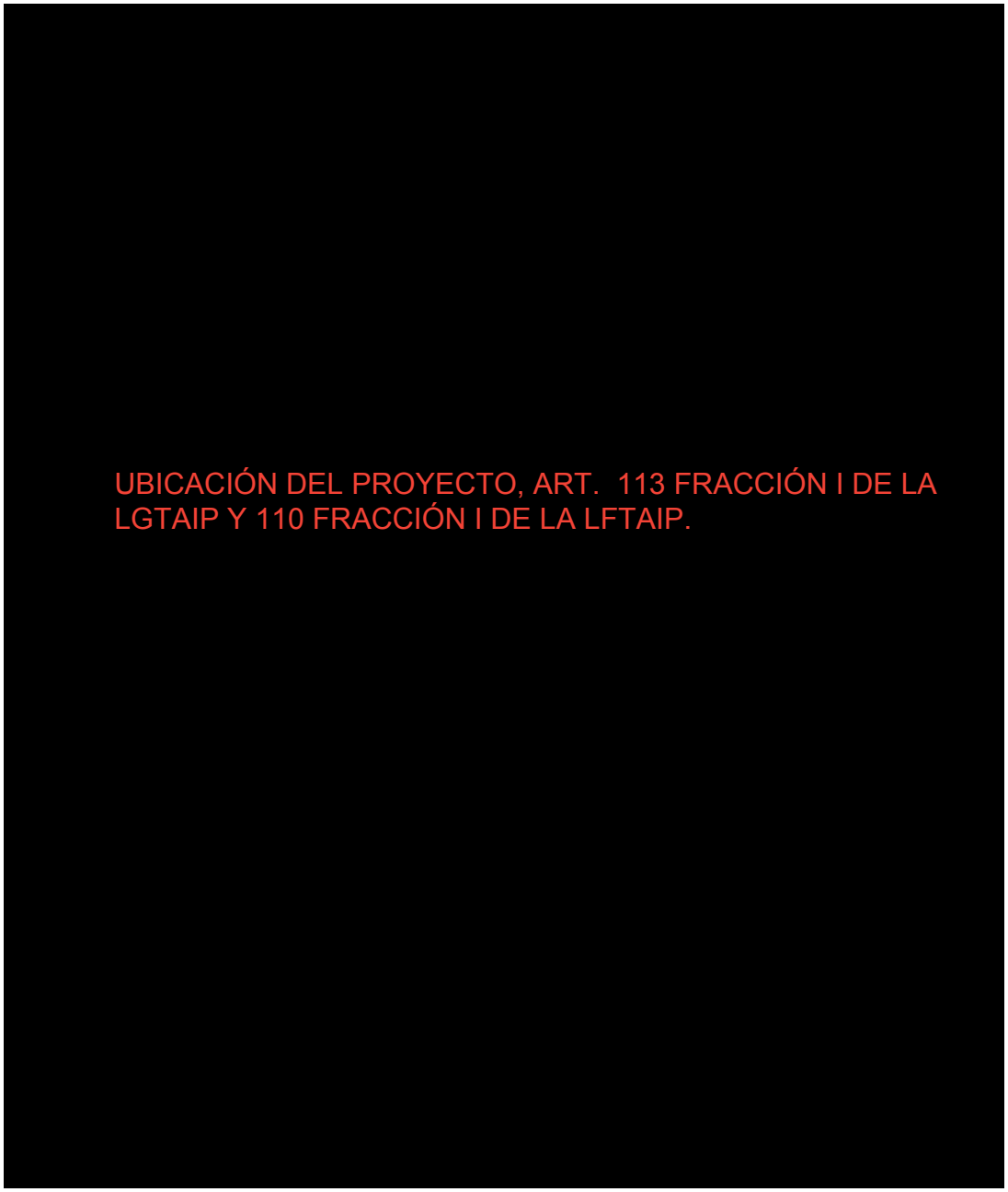


Figura 103 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 2 (DGN 2.2.1)

Ver Diagrama de Pétalos DGN-020 en Anexo 4

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 110 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 160 m [DGN 3.1.1].



Figura 104 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 3 (DGN 3.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 41 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 100 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 3.1.2].



Figura 105 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 3 (DGN 3.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 38 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 49 m [DGN 3.1.3].

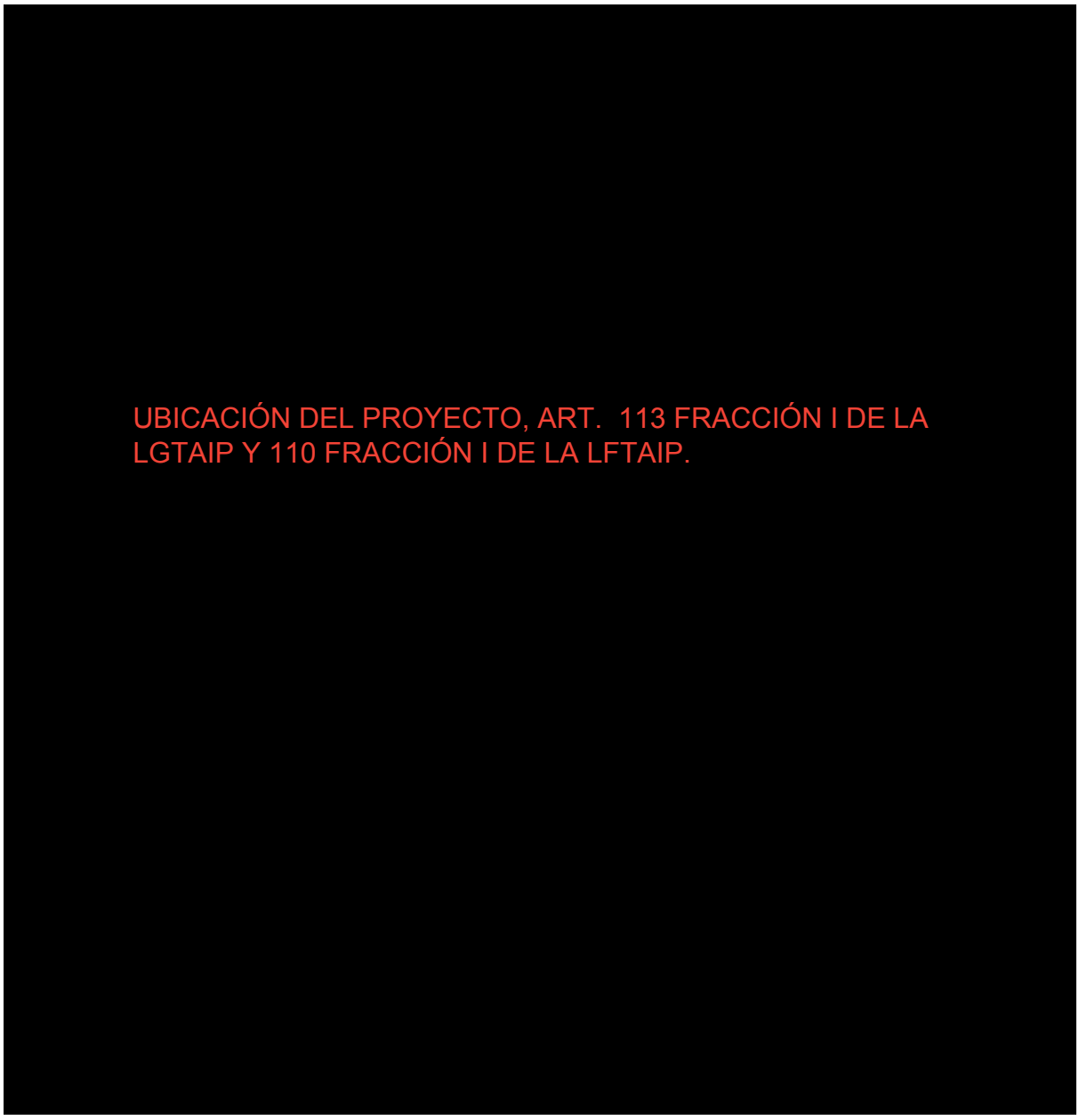


Figura 106 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 3 (DGN 3.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 11 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia de 16 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 31 m. [DGN 3.2.1].

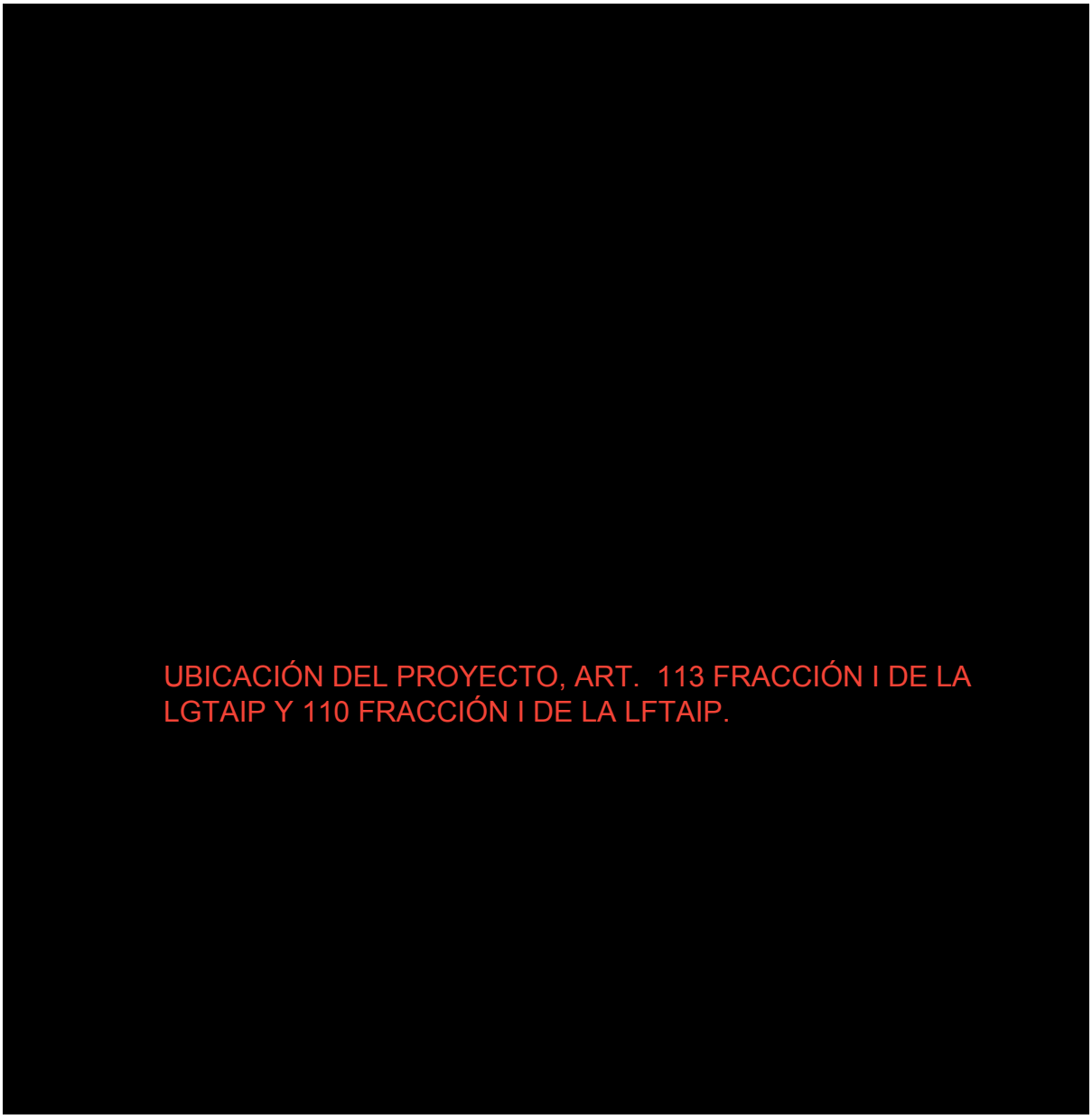


Figura 107 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 3 (DGN 3.2.1)

Ver Diagrama de Pétalos DGN-030 en Anexo 4

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 79 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 115 m [DGN 4.1.1].

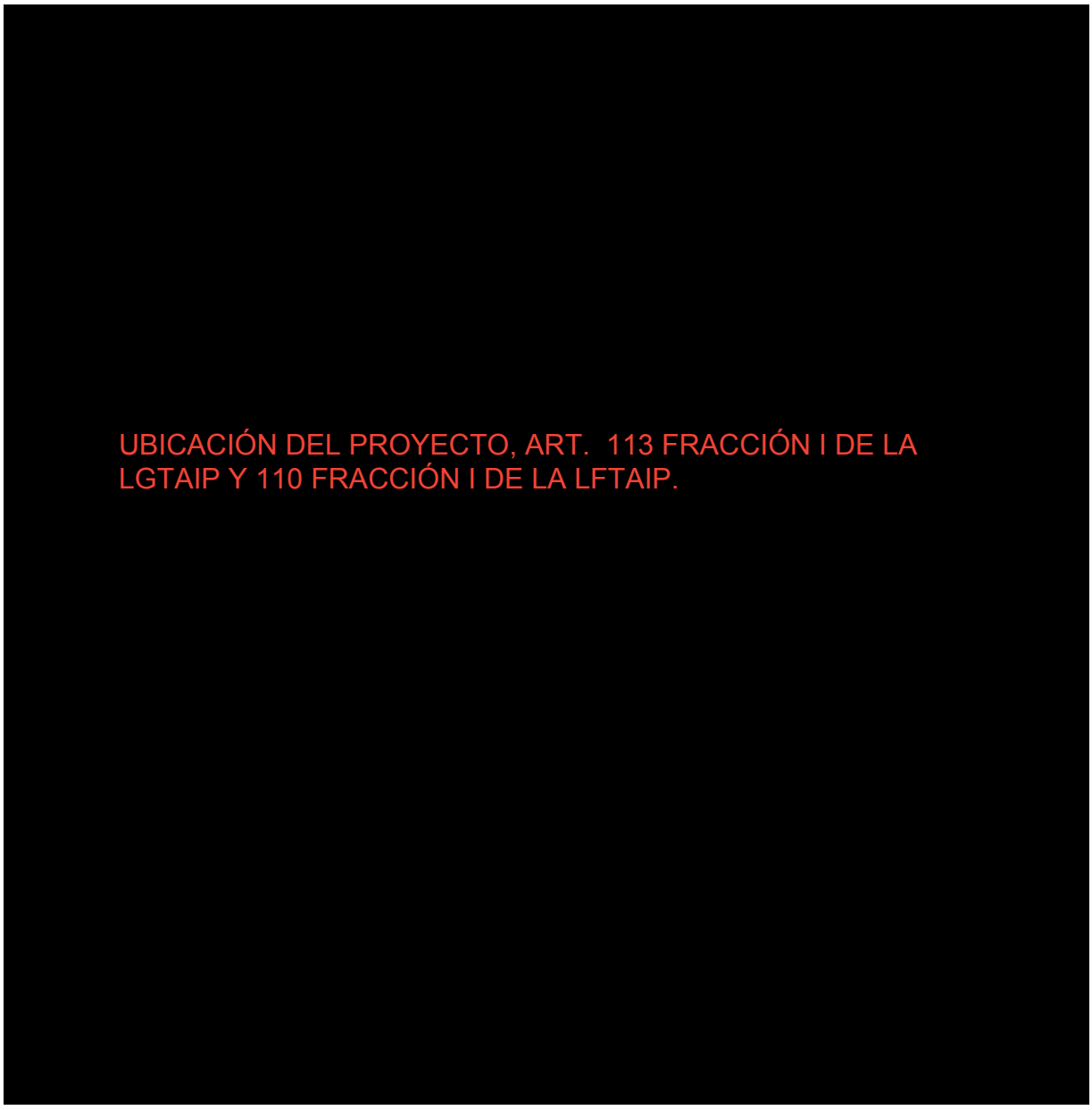


Figura 108 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 4 (DGN 4.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 30 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 72 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 4.1.2]. **NOTA:** No se dibujó la zona de riesgo, debido a que las predicciones de dispersión a distancias cortas son menos confiables.



Figura 109 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 4 (DGN 4.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 24 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 35 m [DGN 4.1.3].



Figura 110 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 4 (DGN 4.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia de 11 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 20 m. [DGN 4.2.1].

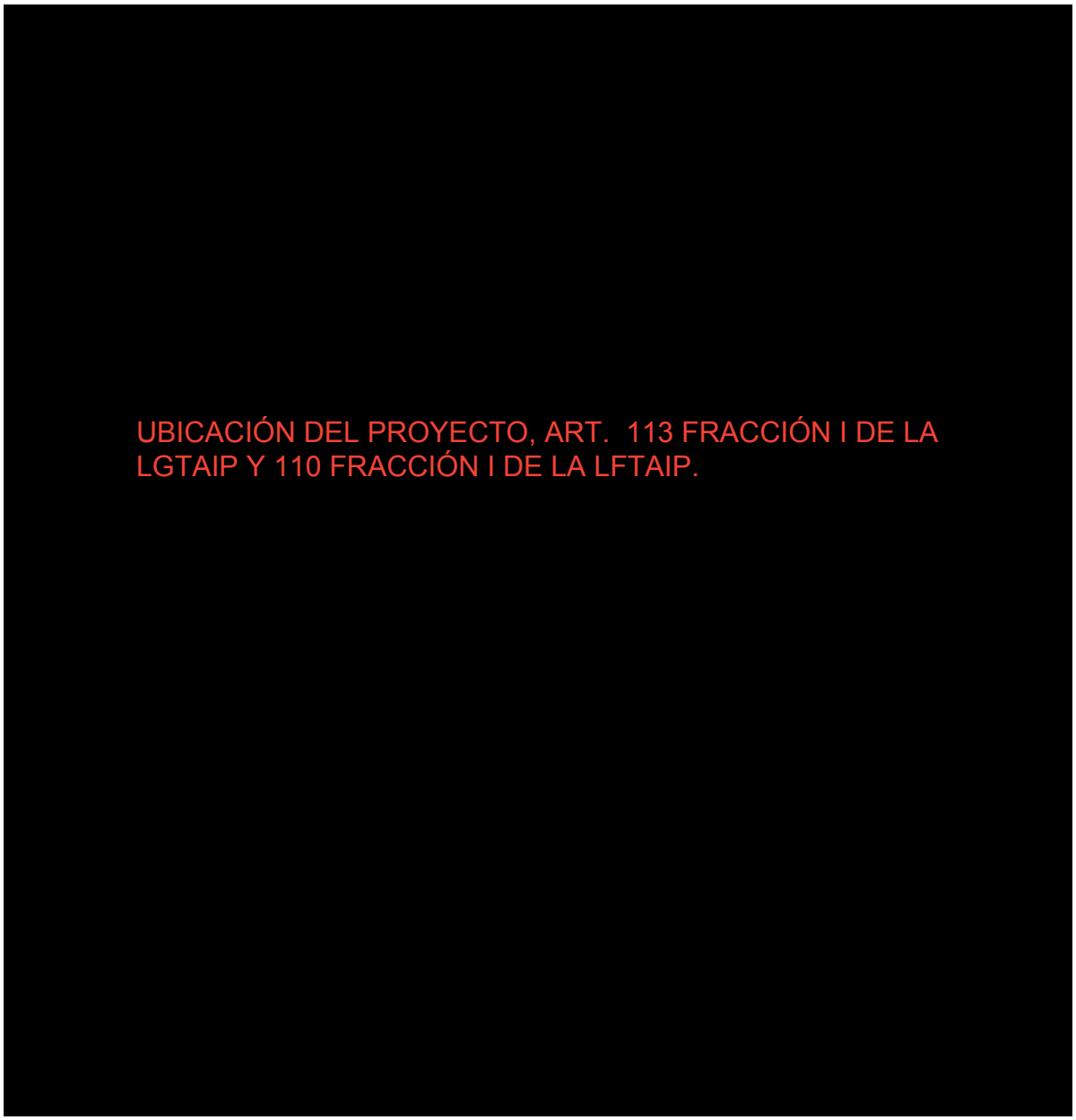


Figura 111 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 4 (DGN 4.2.1)

Ver Diagrama de Pétalos DGN-040 en Anexo 4

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 50 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 74 m [DGN 5.1.1].

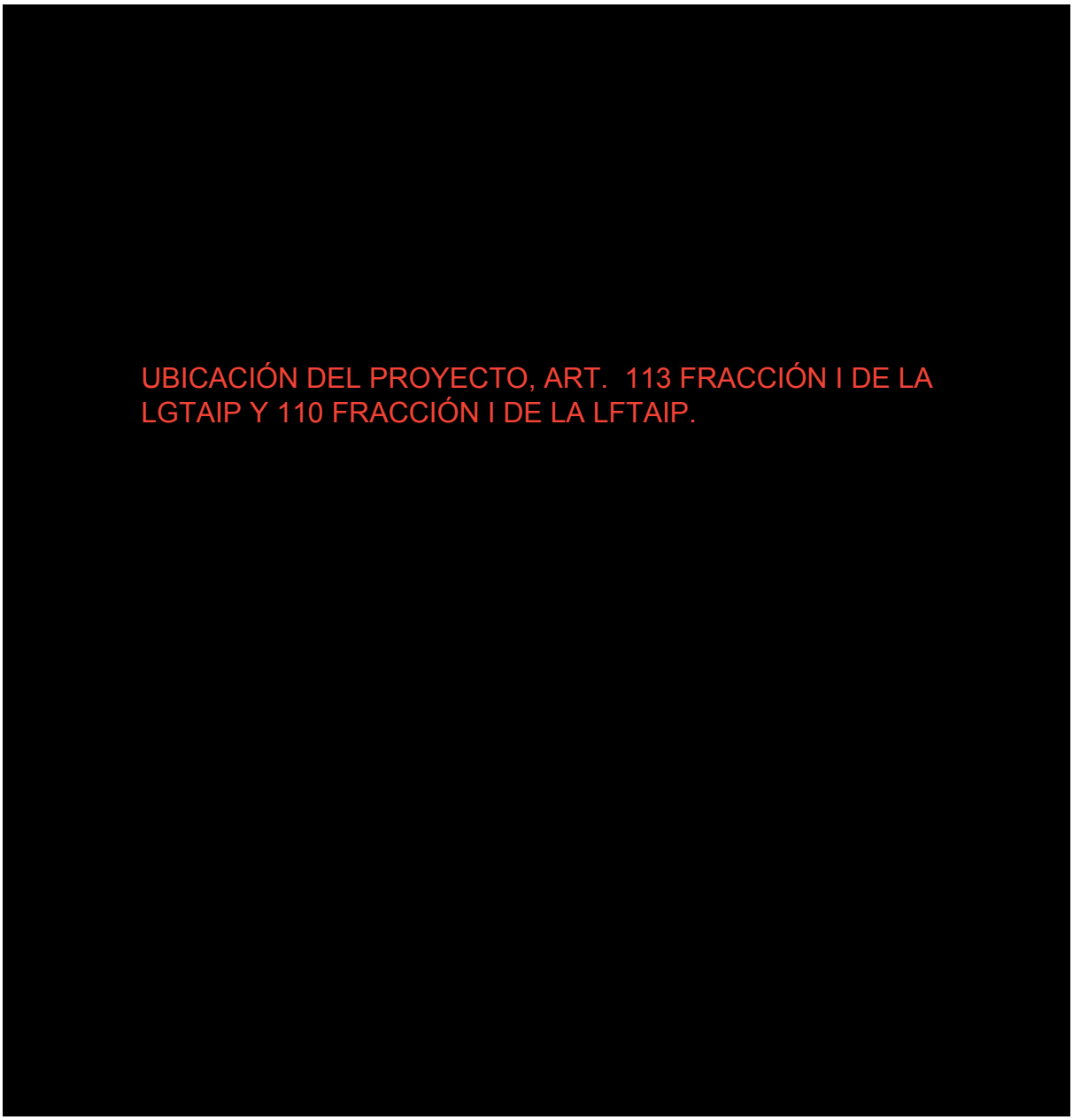


Figura 112 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 5 (DGN 5.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 19 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 46 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 5.1.2]. **NOTA:** No se dibujó la zona de riesgo ni amortiguamiento, debido a que las predicciones de dispersión a distancias cortas son menos confiables.

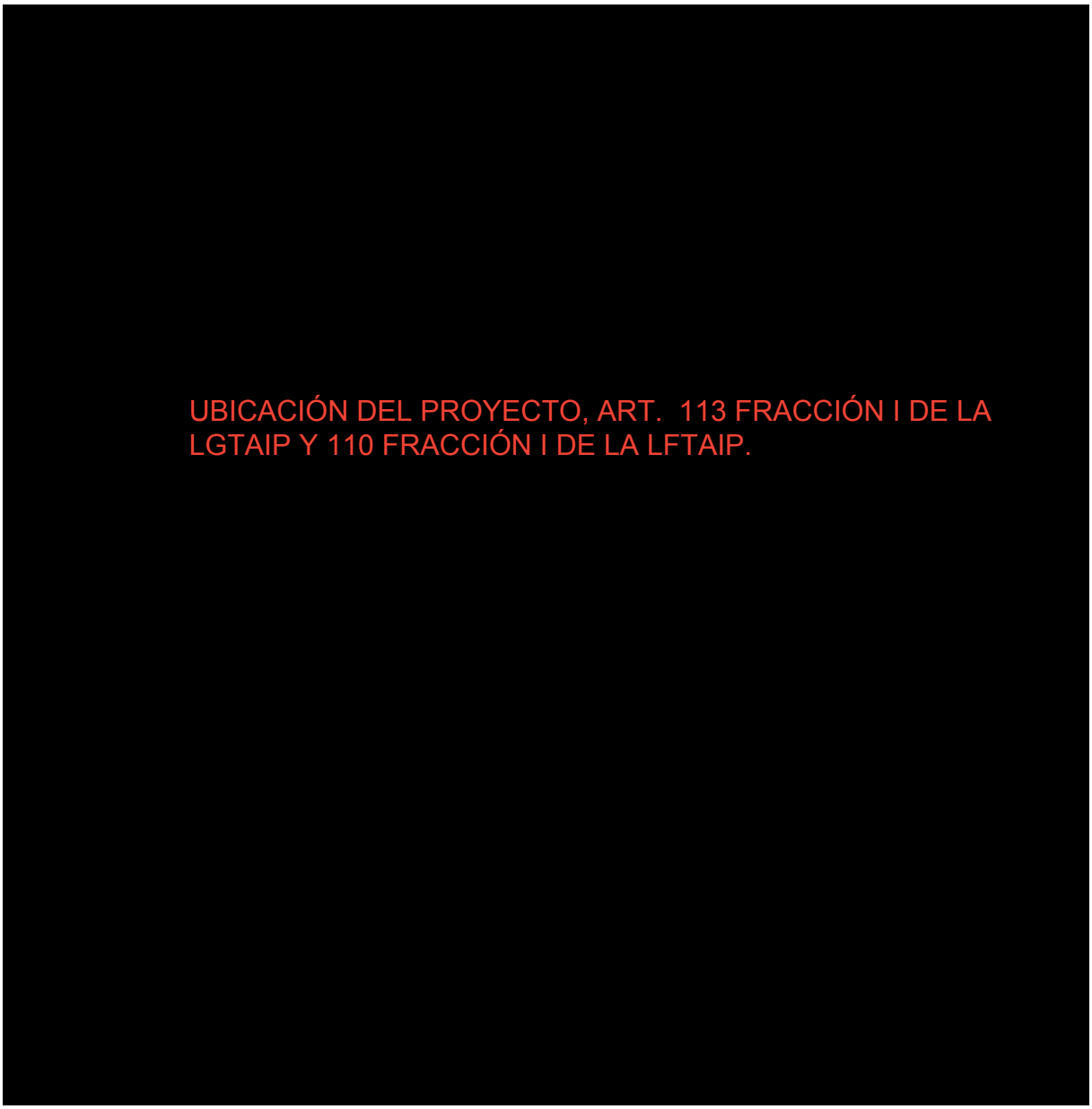


Figura 113 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 5 (DGN 5.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 16 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 23 m [DGN 5.1.3].



Figura 114 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 5 (DGN 5.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia de 13 m. [DGN 5.2.1].



Figura 115 Zona de Amenaza Inflamable del Evento 5 (DGN 5.2.1)

Ver Diagrama de Pétalos DGN-050 en Anexo 4

Si no hay un foco de ignición próximo se organiza una nube constituida por el flash inicial y su evaporación. La nube evoluciona y debido a que el Gas Natural es menos denso que el aire, este se dirige hacia arriba a la atmosfera condicionada por las variables meteorológicas; creando una exposición a una concentración (Zona de Alto Riesgo) mayor a 2,100 ppm (IDLH), a una distancia de 39 m, y una zona de amortiguamiento con una concentración de 1,000 ppm (TLV) a una distancia de 57 m [DGN 6.1.1]. **NOTA:** No se dibujó la zona de riesgo ni amortiguamiento, debido a que las predicciones de dispersión a distancias cortas son menos confiables.

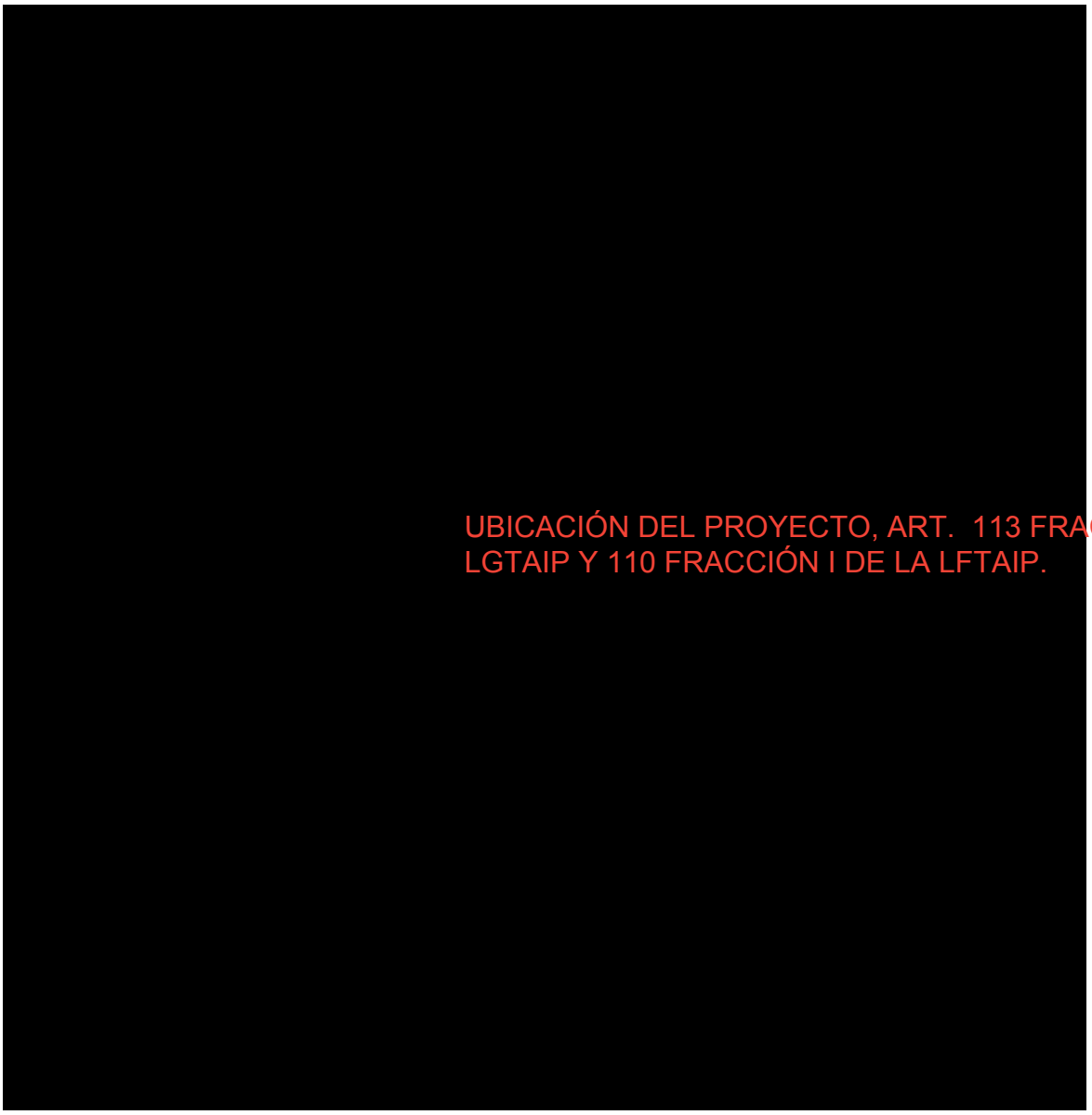


Figura 116 Zona de Amenaza Tóxica para el Evento 6 (DGN 6.1.1)

Si en su recorrido encuentra un foco de ignición deflagra, retrocediendo el frente de llama hacia el origen de la fuga y si ésta persiste se genera el dardo de fuego con una Zona de Alto Riesgo a una distancia de 14 m (60% Límite inferior de Explosividad = 30,000 ppm) = Núcleo de flama) y una Zona de Amortiguamiento de 36 m (10% Límite inferior de Explosividad = 5,000 ppm) [DGN 6.1.2]. **NOTA:** No se dibujó la zona de riesgo ni amortiguamiento, debido a que las predicciones de dispersión a distancias cortas son menos confiables.

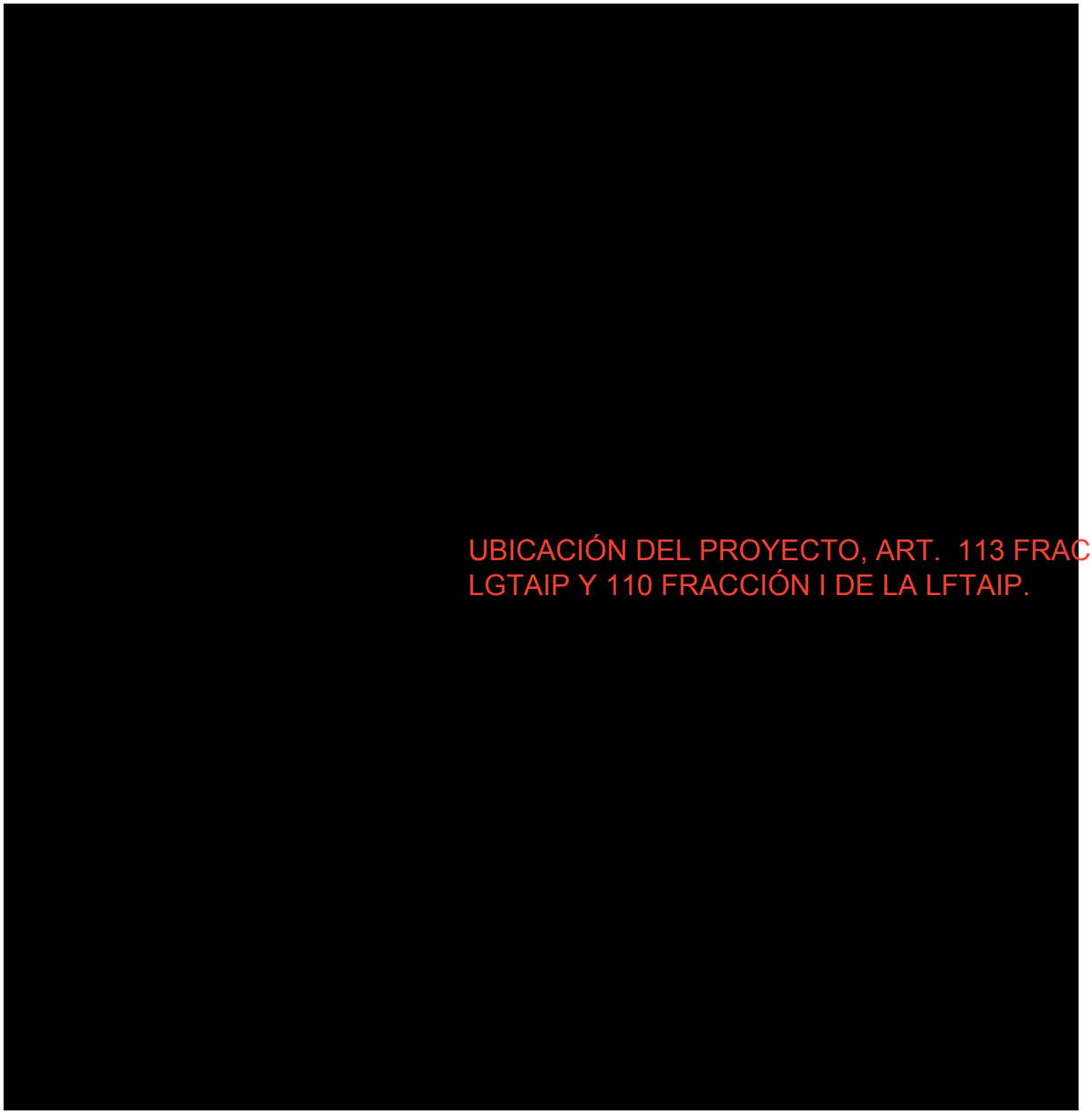


Figura 117 Zona de Amenaza Inflamable para el Evento 6 (DGN 6.1.2)

Por las condiciones en la que se genera la dispersión, el Gas contenido NO podrá generar una explosión que sobrepase una presión de 8.0 psi, toda vez que la nube generada estará descongestionada, no excederá los niveles de explosividad y la dispersión ocurrirá en un área abierta. Se generará una Zona de Alto de Riesgo (1.0 psi = Vidrios rotos)) a una distancia de 12 m y una Zona de Amortiguamiento (0.5 psi) a una distancia de 18 m [DGN 6.1.3].

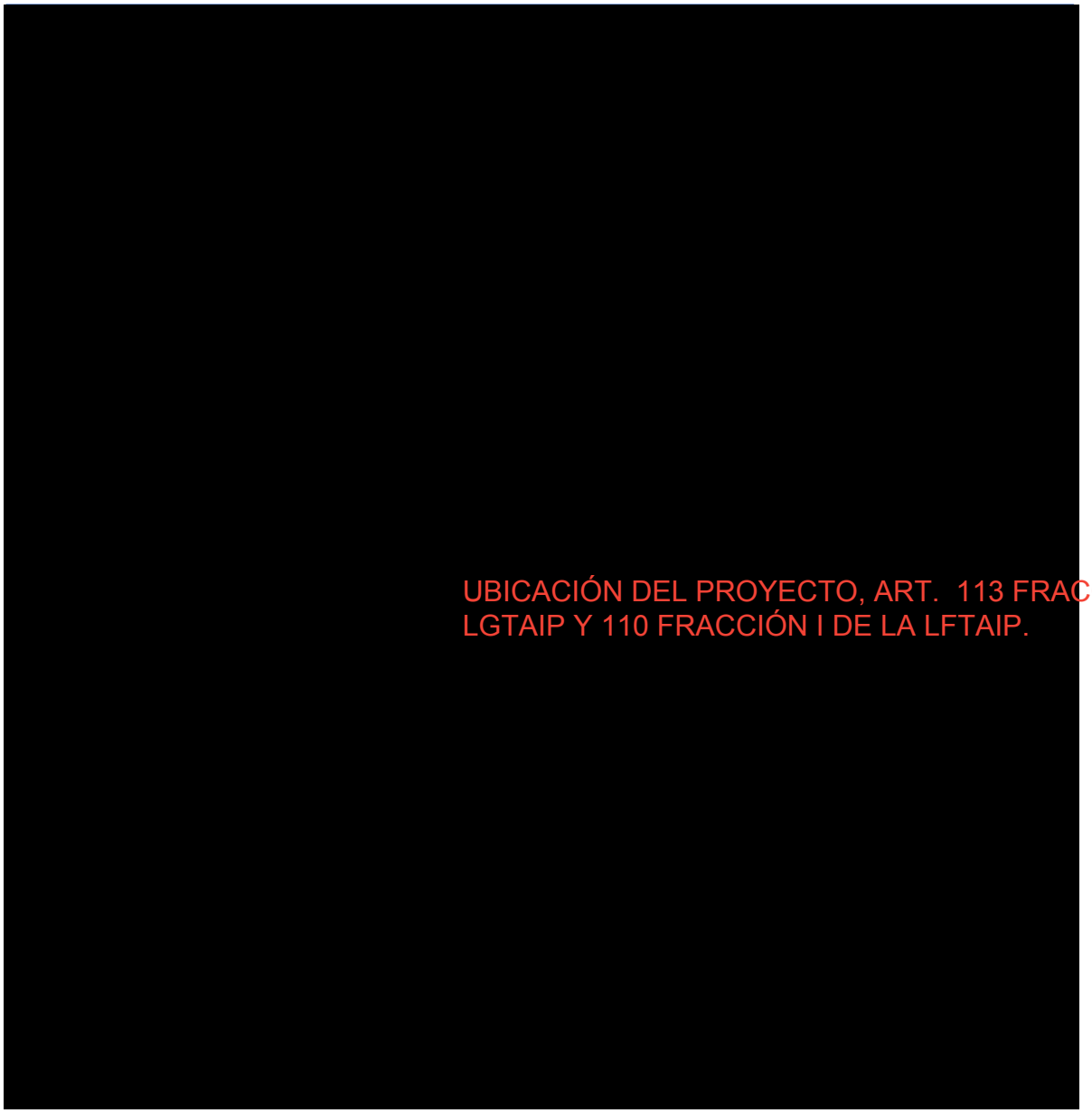


Figura 118 Zona de Amenaza por Sobrepresión del Evento 6 (DGN 6.1.3)

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m, Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a una distancia menor a 10 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) a una distancia menor a 10 m. [DGN 6.2.1].

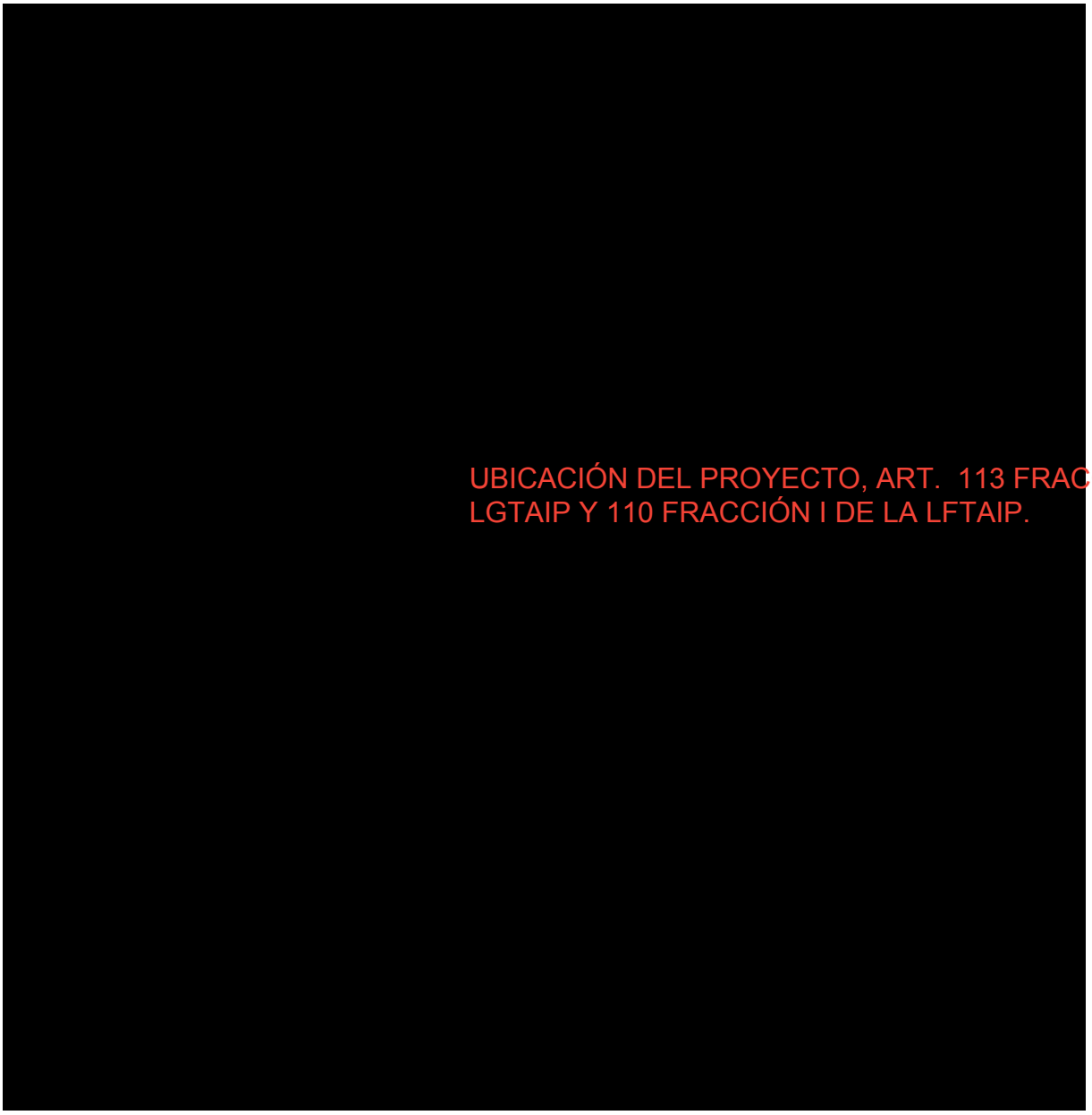


Figura 119 Zona de Amenaza por Radiación Térmica del Evento 6 (DGN 6.2.1)

Ver Diagrama de Pétalos DGN-060 en Anexo 4.

5.6. Análisis de vulnerabilidad e interacciones de riesgo

5.6.1. Análisis de Vulnerabilidad.

Los Regulados describirán a detalle, para las Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento de toxicidad, sobrepresión y radiación, las posibles afectaciones a los receptores de Riesgo

Para cada escenario de riesgo simulado se realiza un análisis y evaluación de posibles interacciones, en el probable caso de que estos se lleguen a presentar, considerando las áreas de interés, instalaciones, población, personal, duetos, cruzamientos, que se encuentren dentro de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento, donde se consideró la probabilidad de ocurrencia de un efecto domino, se describe detalladamente las posibles afectaciones a los receptores de riesgo. (Personas, población, medio ambiente, instalaciones, etc.).

Para esta descripción, se utilizará el diseño de la tabla que se utiliza en la *Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos*.

Tabla 84 Descripción de los posibles receptores de

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
DGN-010	Población	Radiación	Alto Riesgo	No se presentan daños, debido a que la zona, no es de circulación general por lo que no habría población aparte del personal periódico de mantenimiento de la instalación.	Válvula de seguridad, Válvula de Corte Automático. Manómetros. Odorizador. Adicionalmente, por la cercanía con el ducto de CENAGAS en caso de una caída subida de presión se activaría la válvula de cierre automático de este gasoducto lo que detendría el flujo de gas.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta.
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas, pero podría haber pequeña afectación a las personas que estén circulando por las vialidades cercanas.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Actualmente y por los vientos dominantes, la nube tóxica se dirigiría hacia una zona que es utilizada como estacionamiento donde podría haber personas. Sin embargo, solo habría daños en caso de que las personas se quedarán expuestas por 15 minutos a la nube tóxica, por lo que es la probabilidad de causar daños por exposición a la nube tóxica de Gas Natural es muy baja.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños, ya que se requiere una exposición de 8 horas para provocar daños, lo cual es imposible.		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Se afectaría a la vegetación que rodea al EMR y emisión de gases de combustión a la atmósfera.		
			Amortiguamiento	Se produciría estrés térmico en la vegetación circundantes al EMR.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Emisión de gases a la atmosfera, que se dispersaría con el tiempo.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Solo habría afectación en caso de que durante el evento hubiera personal de mantenimiento en la EMR, ya que		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
				normalmente no hay personal. Se espera alcanzar una radiación de 5 kW/m^2 que podría provocar quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos.		
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Al no haber personal operando normalmente dentro del EMR, solo habría afectación en caso de que el evento se presentó durante las actividades de mantenimiento. Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Al no haber personal operando normalmente dentro del EMR, solo habría afectación si el evento se presenta durante actividades de mantenimiento. Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 15 minutos.		
			Amortiguamiento	Solo habría daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 8 horas, lo cual no es posible.		
	Instalaciones / Producción	Radiación	Alto Riesgo	Con una radiación de 5 kW/m^2, se presentarían daños a las líneas dentro del EMR y además habría afectación a los equipos del EMR vecino que se encuentra al sur, que está operando.		
			Amortiguamiento	Con una radiación de 1.4 kW/m^2, se presentarían daños a las líneas dentro del EMR y además habría afectación a los equipos del EMR vecino que se encuentra al sur y a la caseta de interconexión del Gasoducto de CENAGAS, que está operando, pero este nivel de radiación NO provocaría daños importantes a los equipos y existiría tiempo para combatir el incendio antes de que existan daños importantes.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Solo habría una pequeña afectación a los muros perimetrales de la EMR, así como la malla ciclónica del		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
				EMR que esta al sur y la caseta al este del gasoducto del CENAGAS.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
DGN-020	Población	Radiación	Alto Riesgo	Posibles daños a la población que este circulando por la Av. La Noria. Se espera alcanzar una radiación de 5 kW/m^2 que podría provocar quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos.	Válvula de seguridad, Válvula de Corte Automático. Válvulas de seccionamiento.7 Odorizador. En cuanto la EMR detecte una caída súbita de presión, corta el flujo de gas al sistema.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta.
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta a esta radiación térmica por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas, pero podría haber pequeña afectación a las personas que estén circulando por la Av. La Noria.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Actualmente y por los vientos dominantes, la nube tóxica se dirigiría hacia las industrias que se encuentran al suroeste y las personas que estén circulando por la Av. La Noria y Av. La Montaña, donde solo habría afectación a las personas si se quedarán expuestas por 15 minutos a la nube tóxica, por lo que es la probabilidad de causar daños por exposición a la nube tóxica de Gas Natural es muy baja.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños, ya que se requiere una exposición de 8 horas para provocar daños, lo cual es imposible.		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Se afectaría a las pocas áreas verdes existentes dentro del Parque Industrial y la emisión de gases de combustión a la atmósfera.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
		Toxicidad	Alto Riesgo	Emisión de gases a la atmosfera, que se dispersaría con el tiempo.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Solo habría afectación en caso de que durante el evento hubiera personal realizando mantenimiento preventivo a alguno de los ductos o válvulas cercanas. Se espera alcanzar una radiación de 5 kW/m^2 que podría provocar quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos.		
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta a esta radiación térmica por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Al ser una instalación que opera en automático, solo habría afectación en caso de que el evento se presentó durante las actividades de mantenimiento. Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	El personal que se podría ver afectado es solo el que se presente durante las actividades de mantenimiento. Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 15 minutos.		
			Amortiguamiento	Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 8 horas, lo cual no es posible.		
	Instalaciones / Producción	Radiación	Alto Riesgo	Con una radiación de 5 kW/m^2, se presentarían daños a las estructuras cercanas de las industrias y a los vehículos que estén circulando durante el evento. Cabe mencionar que debido a que el evento ocurre a mitad de la vialidad Av. La Noria, esta zona de afectación afecta principalmente a esta vialidad y en solo afecta al muro exterior de la industria que esta al oeste de la zona del evento.		
			Amortiguamiento	Con una radiación de 1.4 kW/m^2, se presentarían daños a los ductos cercano y muros de las industrias cercanas,		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
				pero este nivel de radiación NO provocaría daños importantes a los equipos y existiría tiempo para combatir el incendio antes de que existan daños importantes.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Habría afectación a la industria que se encuentra al oeste en sus muros perimetrales y en los vehículos que estén circulando por la Av. La Norita.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
DGN-030	Población	Radiación	Alto Riesgo	No se presentan daños, debido a que la zona, no es de circulación general y de difícil acceso, por lo que no habría población aparte del personal periódico de mantenimiento de la instalación.	Válvula de seguridad, Válvula de Corte Automático. Manómetros. Odorizador. Adicionalmente, por la cercanía con el ducto de TRANSCANADA en caso de una caída subida de presión se activaría la válvula de cierre automático de este gasoducto lo que detendría el flujo de gas.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta.
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se presentan daños, debido a que la zona, no es de circulación general y de difícil acceso, por lo que no habría población aparte del personal periódico de mantenimiento de la instalación.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No se presentan daños, debido a que la zona, no es de circulación general y de difícil acceso, por lo que no habría población aparte del personal periódico de mantenimiento de la instalación.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños, ya que se requiere una exposición de 8 horas para provocar daños, lo cual es imposible.		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Se afectaría a la vegetación que rodea al EMR y emisión de gases de combustión a la atmósfera.		
			Amortiguamiento	Se produciría estrés térmico en la vegetación circundantes al EMR.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
		Toxicidad	Alto Riesgo	Emisión de gases a la atmosfera, que se dispersaría con el tiempo.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Solo habría afectación en caso de que durante el evento hubiera personal de mantenimiento en la EMR, ya que normalmente no hay personal. Se espera alcanzar una radiación de 5 kW/m^2 que podría provocar quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos.		
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Al no haber personal operando normalmente dentro del EMR, solo habría afectación en caso de que el evento se presentó durante las actividades de mantenimiento. Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Al no haber personal operando normalmente dentro del EMR, solo habría afectación si el evento se presenta durante actividades de mantenimiento. Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 15 minutos.		
			Amortiguamiento	Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 8 horas, lo cual no es posible.		
	Instalaciones / Producción	Radiación	Alto Riesgo	Con una radiación de 5 kW/m^2, se presentarían daños a ductos y equipos dentro del EMR. Al estar en un área abierta, no existen instalaciones vecinas más allá de la EMR.		
			Amortiguamiento	Con una radiación de 1.4 kW/m^2, se presentarían daños a las líneas y equipos dentro del EMR, pero este nivel de radiación NO provocaría daños importantes a los equipos y existiría tiempo para combatir el incendio antes de que existan daños importantes.		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Solo habría una pequeña afectación a los muros perimetrales de la EMR. Al estar en un área abierta, no existen instalaciones vecinas más allá de la EMR.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
DGN-040	Población	Radiación	Alto Riesgo	Posibles daños a la población que este circulando por la Cerrada La Estacada y las personas que se encuentren en el estacionamiento del “CEDIS Oxxo” durante la emergencia. Se espera alcanzar una radiación de 5 kW/m^2 que podría provocar quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos.	Válvula de seguridad, Válvula de Corte Automático. Válvulas de seccionamiento. Protección Catódica de los ductos. Odorizador. En cuanto la EMR detecte una caída súbita de presión, corta el flujo de gas al sistema.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta.
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta a esta radiación térmica por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas, pero podría haber pequeña afectación a las personas que estén circulando por la Cerrada La Estacada.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Actualmente y por los vientos dominantes, la nube tóxica se dirigiría hacia el “CEDIS Oxxo”, que se encuentra al sur del punto de fuga, afectando principalmente al área de estacionamiento y las personas que estén circulando por la Cerrada La Estacada, donde solo habría afectación a las personas si se quedarán expuestas por 15 minutos a la nube tóxica, por lo que es la probabilidad de causar daños por exposición a la nube tóxica de Gas Natural es muy baja, debido a las labores de evacuación.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños, ya que se requiere una exposición de 8 horas para provocar daños, lo cual es imposible.		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Se afectaría a las pocas áreas verdes existentes dentro del Parque Industrial y la emisión de gases de combustión a la atmósfera.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Emisión de gases a la atmosfera, que se dispersaría con el tiempo.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Solo habría afectación en caso de que durante el evento hubiera personal realizando mantenimiento preventivo a alguno de los ductos o válvulas cercanas. Se espera alcanzar una radiación de 5 kW/m^2 que podría provocar quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos.		
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta a esta radiación térmica por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Al ser instalaciones que operan en automático y solo hay personal durante las actividades mantenimiento, solo habría afectación en caso de que el evento se presentó durante las actividades de mantenimiento. Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	El personal que se podría ver afectado es solo el que se presente durante las actividades de mantenimiento. Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 15 minutos.		
			Amortiguamiento	Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 8 horas, lo cual no es posible.		
	Instalaciones / Producción	Radiación	Alto Riesgo	Con una radiación de 5 kW/m^2, se presentarían daños al muro perimetral del “CEDIS Oxxo” que se encuentra al sur del punto de fuga. Cabe mencionar que debido a que		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
				el evento ocurre a mitad de la vialidad Cerrada La Estacada, la principal zona afectada por el incendio sería esta vialidad.		
			Amortiguamiento	Con una radiación de 1.4 kW/m^2, se presentarían daños al ducto y los vehículos que se encuentren en el estacionamiento del “CEDIS Oxxo” que se encuentra al sur, pero este nivel de radiación NO provocaría daños importantes al ducto y existiría tiempo para combatir el incendio antes de que existan daños importantes.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Habría afectación al muro perimetral al sur del “CEDIS Oxxo”, a los vehículos que se encuentren estacionados y además a los vehículos que estén circulando por la Cerrada La Estacada.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
DGN-050	Población	Radiación	Alto Riesgo	La zona del evento se encuentra sobre una vialidad de terracería y de difícil acceso, lo que provoca que exista un bajo flujo peatonal, por lo tanto, solo existirá daño a la población si existe circulación de personas durante el evento, lo cual es poco probable. Además, las personas solo sufrirían daños si se exponen al incendio por 60 segundos, ya que se espera alcanzar una radiación de 5 kW/m^2 que provoca quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos.	Válvula de seguridad, Válvula de Corte Automático. Odorizador. Adicionalmente, en cuanto ocurra la fuga, la EMR detectará la caída subida de presión lo que ocasionará la acción de la válvula de corte automático que se cerrara para evitar que siga existiendo el flujo de gas natural al sistema.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	La zona del evento se encuentra sobre una vialidad de terracería y de difícil acceso, lo que provoca que exista un bajo flujo peatonal, por lo tanto, solo existirá daño a la población si existe circulación de personas durante el evento, lo cual es poco probable.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
		Toxicidad	Alto Riesgo	La zona del evento se encuentra sobre una vialidad de terracería y de difícil acceso, lo que provoca que exista un bajo flujo peatonal, por lo tanto, solo existirá daño a la población si existe circulación de personas durante el evento, lo cual es poco probable. En caso de que hubiese personas cerca del punto de fuga, solo habría afectación en caso de que las personas se expusieran a la nube tóxica por 15 minutos, lo cual es poco probable por las actividades de evacuación.		red de tuberías y de las válvulas dentro de esta.
			Amortiguamiento	No se presentan daños, ya que se requiere una exposición de 8 horas para provocar daños, lo cual es imposible.		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Se afectaría a la vegetación que rodea al EMR y emisión de gases de combustión a la atmósfera.		
			Amortiguamiento	Se produciría estrés térmico en la vegetación circundantes al EMR.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Emisión de gases a la atmosfera, que se dispersaría con el tiempo.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Solo habría afectación en caso de que durante el evento hubiera personal dando mantenimiento a alguno de los ductos o las válvulas, ya que normalmente no hay personal, al ser una instalación que opera en automática. En caso de que hubiera personal, solo habría afectación en caso de que el personal se exponga durante 60 segundos al incendio, ya que se espera alcanzar una radiación de 5 kW/m^2 que podría provocar quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos.		
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Al ser una instalación que opera en automático, solo habría afectación en caso de que el evento se presentó		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
				durante las actividades de mantenimiento. Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Al ser una instalación que opera en automático, solo habría afectación si el evento se presenta durante actividades de mantenimiento. Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 15 minutos.		
			Amortiguamiento	Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 8 horas, lo cual no es posible.		
	Instalaciones / Producción	Radiación	Alto Riesgo	Con una radiación de 5 kW/m^2, se presentarían daños al ducto que se pretende instalar durante la Fase 2 de expansión, pero debido a que los ductos se encuentran enterrados, existe una separación que mitigaría los daños al ducto vecino. Actualmente, no existen otras instalaciones que puedan verse afectadas.		
			Amortiguamiento	Con una radiación de 1.4 kW/m^2, se presentarían daños a las válvulas cercanas y al ducto vecino que corresponde a la Fase 2 de expansión y sin llegar a afectar a las líneas eléctricas de alta tensión por estar a una altura considerable, pero este nivel de radiación NO provocaría daños importantes a los equipos y existiría tiempo para combatir el incendio antes de que existan daños importantes.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Solo habría afectación al ducto de la Fase 2, sin daños importantes debido a que el ducto está enterrado y eso funcionaría como barrera física.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
DGN-060	Población	Radiación	Alto Riesgo	Posibles daños a la población que este circulando por la Av. Industria Minera, especialmente los que circulan con dirección al norte y al personal que se encuentren cerca	Válvula de seguridad, Válvula de Corte Automático. Odorizador.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas.

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
				de la Estación dentro de la Industria “DAEYEONG”, estos daños solo serían posibles si la población se expone al incendio durante 60 segundos, debido a que se espera alcanzar un radiación de 5 kW/m^2 que podría provocar quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos.	Adicionalmente, en cuanto ocurra la fuga, la EMR detectará la caída subida de presión lo que ocasionará la acción de la válvula de corte automático que se cerrara para evitar que siga existiendo el flujo de gas natural al sistema.	Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta.
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta a esta radiación térmica por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas, pero podría haber pequeña afectación a las personas que estén circulando por la Av. Industria Minera y al personal que este cerca de la Estación dentro de la industria “DAEYONG”.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Actualmente y por los vientos dominantes, la nube tóxica se dirigiría hacia la industria “SBS” que se encuentra al suroeste, afectando a un área de estacionamiento y las personas que circulen por la Av. Industria Minera, en caso de los vientos cambiaran afectarían al interior del área exterior de la industria (DAEYONG), donde solo habría afectación a las personas si se quedarán expuestas por 15 minutos a la nube tóxica, por lo que es la probabilidad de causar daños por exposición a la nube tóxica de Gas Natural es muy baja, debido a las labores de evacuación.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños, ya que se requiere una exposición de 8 horas para provocar daños, lo cual es imposible.		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Afectación al aire por la emisión de gases de combustión a la atmósfera.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
		Toxicidad	Alto Riesgo	Emisión de gases a la atmosfera, que se dispersaría con el tiempo.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Solo habría afectación en caso de que durante el evento hubiera personal realizando mantenimiento preventivo a alguno de los ductos o equipos de la Estación. Es poco probable que el personal sufra daños ya que se espera alcanzar una radiación de 5 kW/m² que podría provocar quemaduras de segundo grado si se exponen por 60 segundos, lo cual sería poco probable por la actividad de evacuación.		
			Amortiguamiento	No se esperan daños ya que, la piel humana puede estar expuesta a esta radiación térmica por un período largo de tiempo sin producirse efectos adversos.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Al ser instalaciones que operan en automático y solo hay personal durante las actividades mantenimiento, solo habría afectación en caso de que el evento se presentó durante las actividades de mantenimiento. Esta onda de sobrepresión 1.0 psi, no genera daños importantes en las personas.		
			Amortiguamiento	No se presenta daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	El personal que se podría ver afectado es solo el que se presente durante las actividades de mantenimiento. Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 15 minutos.		
			Amortiguamiento	Solo habrían daños en caso de que el personal se exponga a la nube tóxica por 8 horas, lo cual no es posible.		
	Instalaciones / Producción	Radiación	Alto Riesgo	Con una radiación de 5 kW/m², se presentarían daños al muro perimetral del EM de la industria “DAEYONG” y en menor medida a los equipos montacargas cercanas, sin llegar a afectar a los tanques de gas LP que se encuentran al sur, ya que estos se encuentran a suficiente distancia como para verse afectados. Habría una pequeña afectación a la banqueta de la vialidad colindante al oeste.		

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones a implementar
			Amortiguamiento	Con una radiación de 1.4 kW/m² NO provocaría daños importantes al ducto ni los equipos del EMR y existiría tiempo para combatir el incendio antes de que existan daños importantes.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Habría afectación al muro perimetral de la Estación de la industria “DAEYONG”, los montacargas que se encuentren cerca dentro de la industria, al momento del evento y además a los vehículos que estén circulando por la Av. Industria Minera. Los tanques de esta industria que se encuentra al sur de la Estación se encuentran a suficiente distancia como para verse afectados.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No se presentan daños.		
			Amortiguamiento	No se presentan daños.		

5.6.2. Interacciones de Riesgo

Los Regulados identificarán aquellos Escenarios que por su ubicación pudieran potencializar el Riesgo a través de un Efecto Dominó u otros mecanismos.

En la siguiente tabla se presentan las interacciones de riesgo de los escenarios modelados

Tabla 85 Interacciones de riesgo de los eventos simulados

Clave del Escenario de Riesgo	Equipo / sitio de la planta / km del ducto o ruta donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o Instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
DGN-010	Válvula de Seguridad dentro de la Estación de Regulación y Medición	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	19 m	Estación de Medición y Regulación de “Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V.”	15.5 m al sur	Válvula de cierre automático. Válvula de seccionamiento en interconexión. Procedimientos operativos, de seguridad, mantenimiento, inspección y atención a emergencias. Odorizador. Adicionalmente, por la cercanía con el ducto de CENAGAS en caso de una caída subida de presión se activaría la válvula de cierre automático de este gasoducto lo que detendría el flujo de gas.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta. Mantener Comunicación con las autoridades federales, estatales y municipales de la ubicación de franjas de seguridad.
				Sobrepresión	N.A.	N.A.	N.A.		
			Alto Riesgo	Radiación	28 m	Caseta 1 de Interconexión CENAGAS (V.T. 4”)	22.9 m al sureste		
						Caseta 2 de Interconexión CENAGAS (V.T. Igasamex Bajío P.I.Q. 2000)	25.3 m al noreste		
				Sobrepresión	73 m	Vialidad sin nombre	32 m al sur		
						Estación de Medición y Regulación de “Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V.”	15.5 m al sur		
						Caseta 1 de Interconexión CENAGAS (V.T. 4”)	22.9 m al sureste		

Clave del Escenario de Riesgo	Equipo / sitio de la planta / km del ducto o ruta donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o Instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
						Caseta 2 de Interconexión CENAGAS (V.T. Igasamex Bajío P.I.Q. 2000)	25.3 m al noreste		
						Caseta de Vigilancia (Querétaro Park V)	56.0 m al noreste		
						Muro Perimetral Industria Eagle Burgman	34.0 m al noroeste		
						Gasoducto CENAGAS (Tramo PIQ2000 – San José Iturbide)	19.2 m al sureste		
DGN-020	Válvula PE de 8” de diámetro (VS-N-13)	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	17 m	Avenida La Noria	5 m al este	Válvula de cierre automático. Válvula de seguridad, Válvulas de seccionamiento. Odorizador. En cuanto la EMR detecte una caída súbita de presión, corta el flujo de gas al sistema. Procedimientos operativos, de seguridad, mantenimiento, inspección y atención a emergencias.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de
						Nave Industrial de la Industria Philips Medisize	16.5 m al oeste		
						Ducto vecino que está en operación (Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V.)	3 m al oeste		
				Sobrepresión	N.A.	N.A.	N.A.		
			Alto Riesgo	Radiación	25 m	Muro Perimetral de la Industria HEXPOL COMPOUNDING	25 m al este		
				Sobrepresión	41 m	Avenida La Noria	5 m al este		
						Nave Industrial de la Industria Philips Medisize	16.5 m al oeste		
						Ducto vecino que está en operación (Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V.)	3 m al oeste		

Clave del Escenario de Riesgo	Equipo / sitio de la planta / km del ducto o ruta donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o Instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
						Muro Perimetral de la Industria HEXPOL COMPOUNDING	25 m al este	Adicionalmente, por la cercanía con el ducto de CENAGAS en caso de una caída subida de presión se activaría la válvula de cierre automático de este gasoducto lo que detendría el flujo de gas.	la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta. Mantener Comunicación con las autoridades federales, estatales y municipales de la ubicación de franjas de seguridad
DGN-030	Válvula del Filtro Coalescedor de 4” de diámetro de la EMR de TRANSCANADA	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	11 m	N.A.	N.A.	Válvula de cierre automático. Válvula de seccionamiento en interconexión. Procedimientos operativos, de seguridad, mantenimiento, inspección y atención a emergencias. Odorizador. Adicionalmente, por la cercanía con el ducto de TRANSCANADA en caso de una caída subida de presión se activaría la válvula de cierre automático de este gasoducto lo que detendría el flujo de gas.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta. Mantener Comunicación con las autoridades federales,
				Sobrepresión	N.A.	N.A.	N.A.		
				Radiación	16 m	N.A.	N.A.		
			Alto Riesgo	Sobrepresión	38 M	Gasoducto de TRANSCANADA	38 m al este		

Clave del Escenario de Riesgo	Equipo / sitio de la planta / km del ducto o ruta donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o Instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
									estatales y municipales de la ubicación de franjas de seguridad.
DGN-04	Ducto de 8” de la Fase 2 (Tramo Estacada 01: Entre el Km. 0+500 y Km. 0+600)	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	< 10 m	Vialidad Cerrada La Estacada	10 m al norte	Válvula de cierre automático. Válvula de seguridad, Válvulas de seccionamiento. Odorizador. En cuanto la EMR detecte una caída súbita de presión, corta el flujo de gas al sistema. Procedimientos operativos, de seguridad, mantenimiento, inspección y atención a emergencias. Adicionalmente, por la cercanía con el ducto de CENAGAS en caso de una caída subida de presión se activaría la válvula de cierre automático de este gasoducto lo que detendría el flujo de gas.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta. Mantener Comunicación con las autoridades federales, estatales y municipales de la ubicación de franjas de seguridad
				Sobrepresión	N.A.	N.A.	N.A.		
			Alto Riesgo	Radiación	11 m	Estacionamiento CEDIS Oxxo	10 m al sur		
						Ducto vecino que está en operación (Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V.)	11 m al norte		
				Sobrepresión	24 m	Vialidad Cerrada La Estacada	10 m al norte		
						Estacionamiento CEDIS Oxxo	10 m al sur		
						Ducto vecino que está en operación (Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V.)	11 m al norte		
DGN-050	Ducto de 6” de diámetro en los ductos de	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	< 10 m	Vialidad de Terracería si nombre	8 m al noreste	Válvula de cierre automático.	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas.

Clave del Escenario de Riesgo	Equipo / sitio de la planta / km del ducto o ruta donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o Instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	TRANSCANADA pasando la válvula VS-05			Sobrepresión	N.A.	N.A.	N.A.	Válvula de seguridad, Válvulas de seccionamiento. Odorizador. En cuanto la EMR detecte una caída súbita de presión, corta el flujo de gas al sistema. Procedimientos operativos, de seguridad, mantenimiento, inspección y atención a emergencias.	Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta. Mantener Comunicación con las autoridades federales, estatales y municipales de la ubicación de franjas de seguridad
			Alto Riesgo	Radiación	< 10 m	Líneas Eléctricas de Alta Tensión de CFE	10 m al noreste		
				Sobrepresión	16 m	Vialidad de Terracería si nombre	8 m al noreste		
						Líneas Eléctricas de Alta Tensión de CFE	10 m al noreste		
DGN-06	Red de baja presión de polietileno de tubería de 4” de diámetro en la EMR de “DAEYONG”	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	< 10 m	Área Libre de la Industria DAEYONG	6 m al este	Válvula de cierre automático. Válvula de seguridad, Válvulas de seccionamiento. Odorizador. En cuanto la EMR detecte una caída	Cumplir con el programa de Pruebas No Destructivas. Radiografiar las tuberías de acero al 100%. Cumplir con las pruebas de hermeticidad. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo
				Sobrepresión	N.A.	N.A.	N.A.		
			Alto Riesgo	Radiación	< 10 m	Av. Industria Minera	8 m al oeste		
				Sobrepresión	12 m	Área Libre de la Industria DAEYONG	6 m al este		
						Av. Industria Minera	8 m al oeste		

Clave del Escenario de Riesgo	Equipo / sitio de la planta / km del ducto o ruta donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o Instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
								súbita de presión, corta el flujo de gas al sistema. Procedimientos operativos, de seguridad, mantenimiento, inspección y atención a emergencias.	periódico al sistema SCADA para el correcto monitoreo de las condiciones de operación. Verificar que los componentes del sistema cuenten con su respectivo certificado de calidad. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la red de tuberías y de las válvulas dentro de esta. Mantener Comunicación con las autoridades federales, estatales y municipales de la ubicación de franjas de seguridad

5.6.3. Efecto Dominó

Cuando ocurre un accidente que involucre sustancias químicas, existe el riesgo de daño a las instalaciones cercanas al accidente debido a los efectos físicos del evento inicial, lo que puede provocar el inicio de efecto consecuente con efectos secundario e incluso con un daño superior al primer evento.

De acuerdo con Ibarra Eusebio (2016) en su investigación bibliográfica de su tesis de grado, los elementos necesarios para que una concatenación de eventos sea considerada como efecto dominó, son los siguientes:

Tabla 86 Elementos necesarios para el Efecto Dominó (ED)

ELEMENTO	DEFINICIÓN
ESCENARIO PRIMARIO	Escenario donde el accidente primario inicia un ED, propagándose e intensificándose al afectar otras unidades de proceso o de almacenamiento desencadenando uno o varios escenarios de accidentes secundarios.
ESCENARIO SECUNDARIO	Escenario donde el accidente es causado por el impacto de al menos uno de los vectores de intensificación generados por el accidente primario.
PROPAGACIÓN	En un ED interno, la propagación tiene lugar dentro de la misma unidad o grupo de equipos. En un ED externo, la propagación indica la implicación de otras unidades o grupos de equipos que se localizan fuera de las fronteras de la instalación donde se provocó el accidente primario.
INTENSIFICACIÓN	La intensificación de las consecuencias de un evento no deseado.
VECTOR DE INTENSIFICACIÓN	Efectos físicos (radiación térmica, sobrepresión y/o proyección de fragmentos) generados por el accidente primario

Para efectos de este estudio, se consideran como eventos primarios los eventos simulados anteriormente.

Para los escenarios secundarios se considera el incendio en las industrias donde existe almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, según lo observado en campo y lo que menciona en el Atlas Nacional de Riesgos, en el Inventario de *Industrias con Sustancias Químicas Peligrosas (CENAPRED, 2018)*, las cuales se enlistan a

continuación, utilizando los criterios del *Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas*:

Tabla 87 Industrias con Sustancias Químicas Peligrosas propensas a ser Escenarios Secundarios que podrían formar un Efecto Domino.

Clave	Nombre	Ubicación	Ubicación Tentativa del Tanque	Sustancias Química y almacenamiento
IN-01	Apex Tool Group, LLC	Calle El Pueblito N. 103, Parque Industrial, 76220, Qro, Qro.	[redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.	Ácido nítrico 4.83 ton
IN-02**	Ego Componentes Electrónicos, S.A. de C.V.	Av. Benito Juárez SN, Parque Industrial, 76215, Qro, Qro.		Ciclopentano 19 ton
IN-03	MeTecno	Av. Mesa de León SN, Parque Industrial, 76215, Qro, Qro.		Ciclopentano 30 ton
IN-04**	SAFRAN Landing Systems	Av. La Noria SN, Parque Industrial, 76215, Qro, Qro.		Ácido nítrico 1.28 ton
IN-05**	Hitachi Automative Systems Querétaro	Av. Manufacturas No. 501, Parque Industrial, 76220, Qro, Qro.		Ácido nítrico 0.24 ton
IN-06**	Dow Química Querétaro	Av. La Noria N. 122, Parque Industrial, 76215, Qro, Qro.		Acetato de vinilo 2861.09 ton Acrilato de butilo 8951.28 ton Acrilonitrilo 92.13 ton Metil metacrilato 2784.57 ton Peróxido de hidrógeno 39.95 ton

Clave	Nombre	Ubicación	Ubicación Tentativa del Tanque	Sustancias Química y almacenamiento
IN-07	Jafra Manufacturing, S.A. de C.V.	La Estacada N. 201, Parque Industrial, 76246, Qro, Qro.	[redacted]	Alcohol etílico 0.12 ton
IN-08	Colep	Av. Industria de la Transformación N. 421, Parque Industrial, 76215, Qro, Qro.		Alcohol etílico 24.8 ton Butano 0.58 ton Propano 0.50 ton Propelente (mezcla de propano y butano) 82 ton
IN-09	AerrNova	Av. Industria de la Transformación SN, Parque Industrial, 76215, Qro, Qro.		Ácido fluorhídrico 0.01 ton Ácido nítrico 1.60 ton
IN-10	Estación de Carburación	Calle Sin nombre SN, Parque Industrial, 76215, Qro, Qro.		Gas LP 10,000 Lt.
IN-11	Ductos de Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V	Vialidades del Parque Industrial	Parque Industrial	Gas Natural

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

** Se marca las industrias donde no fue posible entrar o identificar sus tanques debido a cuestiones de seguridad y comerciales y por lo tanto, NO fue posible detectar la ubicación, sustancias y cantidad exacta que almacenan.

A continuación, se presenta un plano con la ubicación de las industrias identificadas en la tabla anterior:

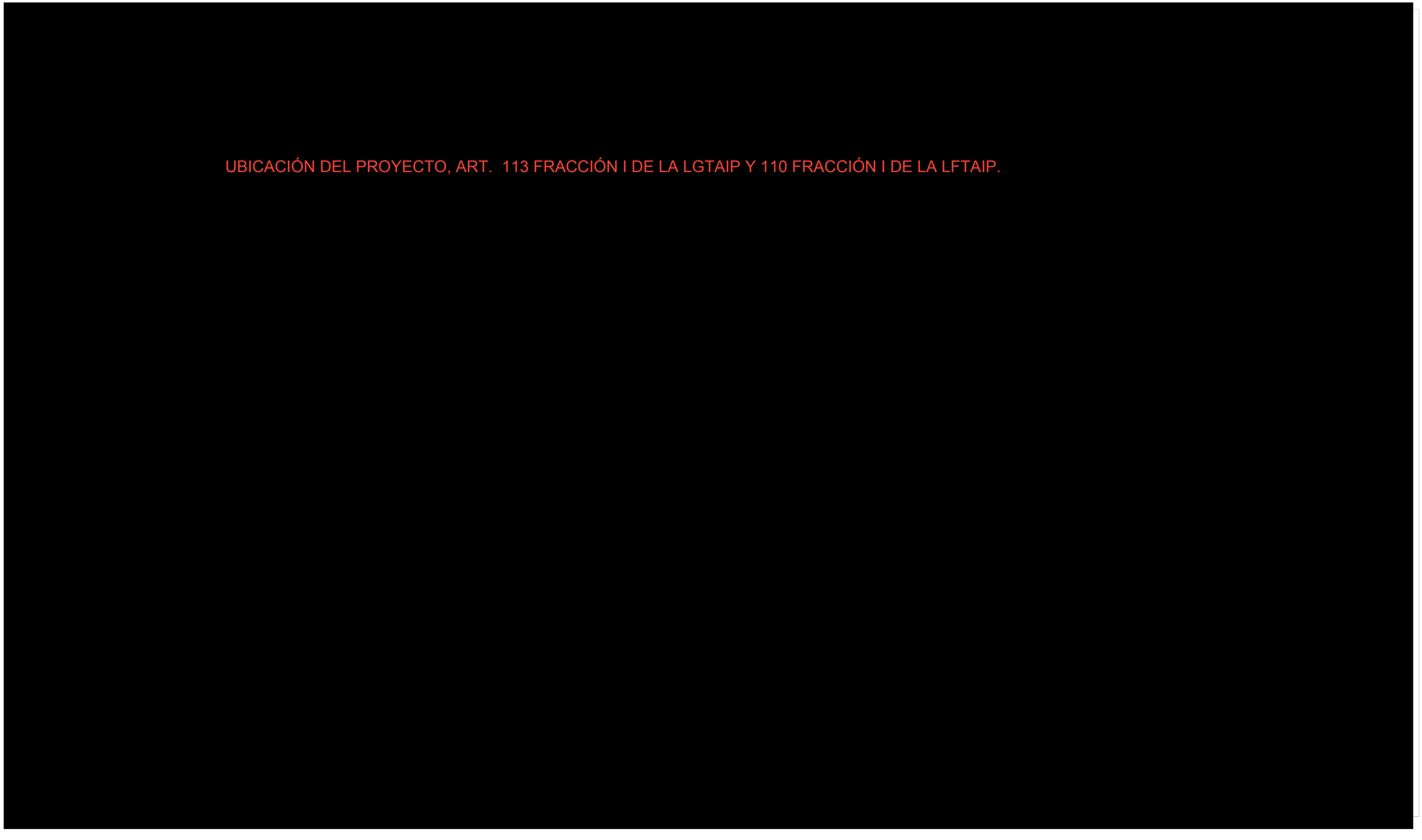


Figura 120 Ubicación de las industrias identificadas en la tabla anterior:

Con la finalidad de evaluar el efecto dómino que pudiera presentarse en caso de un evento no deseado en alguna de las fases de expansión del proyecto, que pudieran alcanzar a alguna de las industrias donde se almacenan sustancias químicas peligrosas, por lo que se realizaron las simulaciones pertinentes para los escenarios identificados en las interacciones de riesgo que podrían desencadenar un efecto domino en caso de dicho evento.

Las consideraciones serían que el Evento Primario es el Evento 2 (DGN-020) que tiene la siguiente descripción:

- EVENTO PRIMARIO: Fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

Se utiliza este evento debido a que, por sus características, puede ocurrir en cualquier parte del sistema de distribución de gas natural.

Para poder realizar el Efecto Dominó, se realizará el reposicionamiento de los resultados del Evento 2, para que se ubiquen cerca de alguna de las industrias identificadas en la tabla anterior, para poder medir el daño que podría generar el evento primario en alguna de estas industrias, considerando los siguientes criterios:

Tabla 88 Criterios del Evento Primario para el Efecto Domino

Tipo de Evento	Valor	Daño producido
Radiación Térmica	10 kW/m^2	Potencialmente Letal si se expone durante 60 segundo. Genera daños leves a equipos.
Sobrepresión	2.4 psi	50% de destrucción de la mampostería en casas.

Se utiliza el criterio de 2.4 psi, debido a que, en las simulaciones anterior, ninguno de los eventos alcanzó a llegar a una sobrepresión de 4.0 psi, que es la sobrepresión que genera ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo. Por esto, **NO** se realizará el evento de sobrepresión, debido a que en estas condiciones NO existe probabilidad de que ocurra un daño a los tanques por la sobrepresión de 2.4 psi.

Por lo tanto, a continuación, se presentan los Efectos Domino para cada industria utilizando como Evento Primario el escenario de incendio (Radiación Térmica).

IN-01

Esta industria denominada *Apex Tool Group, LLC*, la cual cuenta con un tanque de *Ácido Nítrico* de 4.83 TON. Sobre la Calle La Griega (Colindan Norte de esta Industria), pasa el Ducto que actualmente está operando.

En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 17 m. [IN01].



Figura 121 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-01 por Radiación Térmica

Como se observa el evento de Radiación Térmica en el Ducto, NO existe probabilidad de Efecto Dominó debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y el Tanque de *Ácido Nítrico* de la industria IN-01.

IN-02

Esta industria denominada *Ego Componentes Electrónicos, S.A. de C.V.*, cual cuenta con un tanque de *Ciclopentano de 19 TON.* Sobre la Avenida Benito Juárez (Colindancia sureste de esta Industria), pasará la Fase 1 del proyecto.

En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 19 m. [IN02].

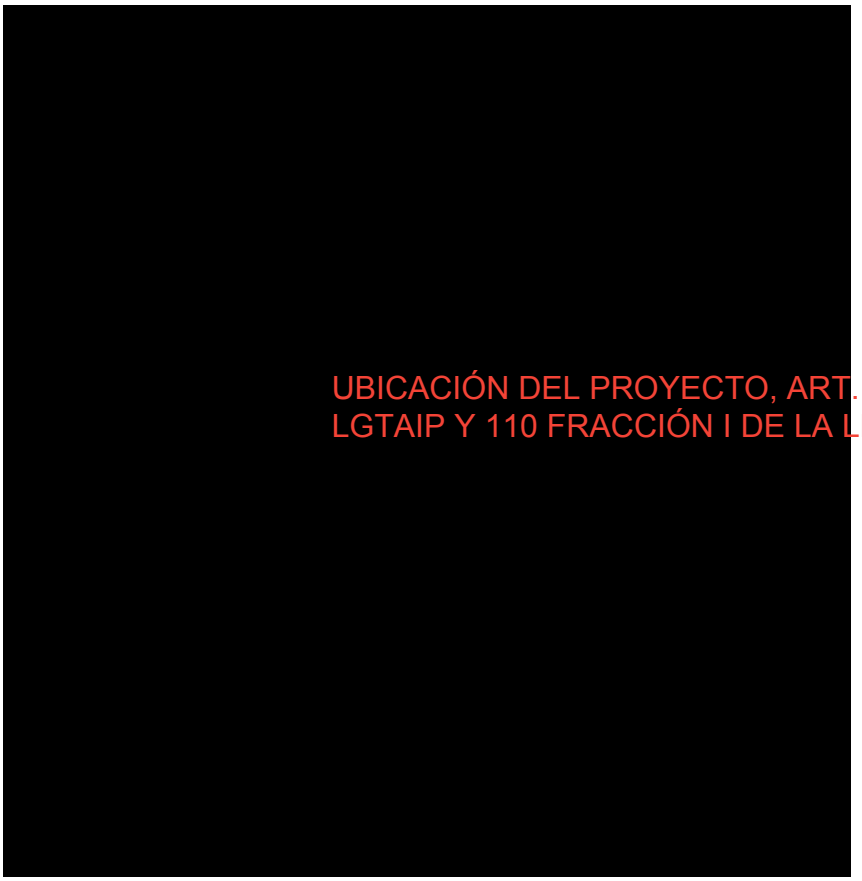


Figura 122 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-02 por Radiación Térmica

Como se observa, NO existe probabilidad de Efecto Dominó por Radiación Térmica debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y el Tanque de *Ciclopentano*.

IN-03

Esta industria denominada *MeTecno.*, contando con un tanque de *Ciclopentano de 30 TON.* Sobre la Avenida Benito Juárez (Colindancia sureste de esta Industria), pasará la Fase 1 del proyecto.

En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 12 m. [IN03].

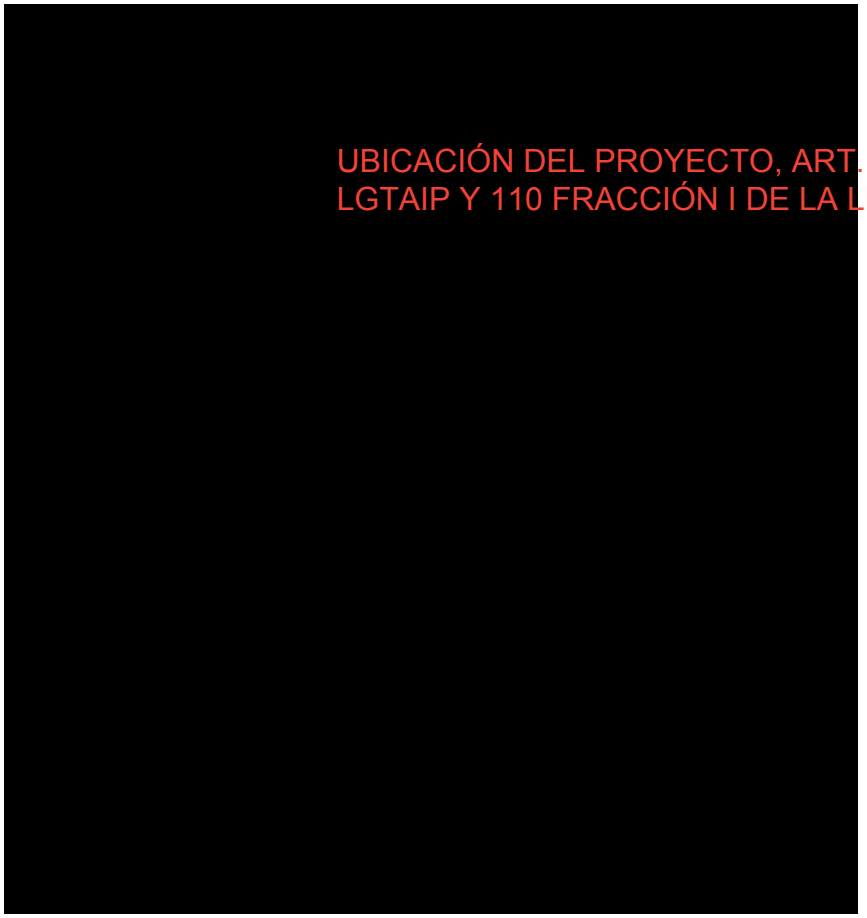


Figura 123 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-03 por Radiación Térmica

Como se observa, NO existe probabilidad de Efecto Dominó por Radiación Térmica debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y el Tanque de *Ciclopentano*.

IN-04

Esta industria denominada *SAFRAN Landing Systems*, contando con un tanque de *Ácido nítrico de 1.28 ton.* Sobre la Av. Mesa de León (Colindancia norte), pasará la Fase 1.

En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 17 m. [IN04].

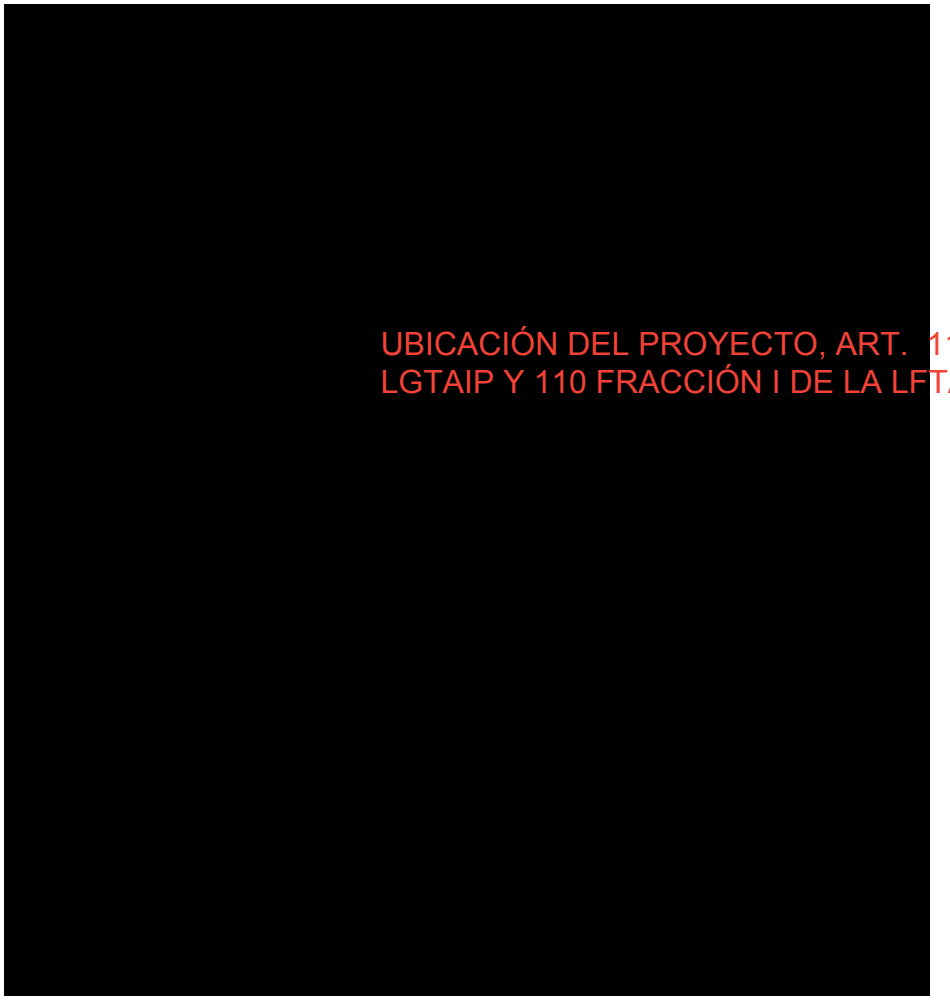


Figura 124 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-04 por Radiación Térmica

Como se observa, NO existe probabilidad de Efecto Dominó por Radiación Térmica debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y el Tanque de *Ácido Nítrico*.

IN-05

Esta industria denominada *Hitachi Automative Systems Querétaro*, contando con un tanque de *Ácido nítrico de 0.24 ton.* Sobre la Av. Manufacturas (Colindancia oeste), sobre la Eta. 2.

En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 17 m. [IN05].

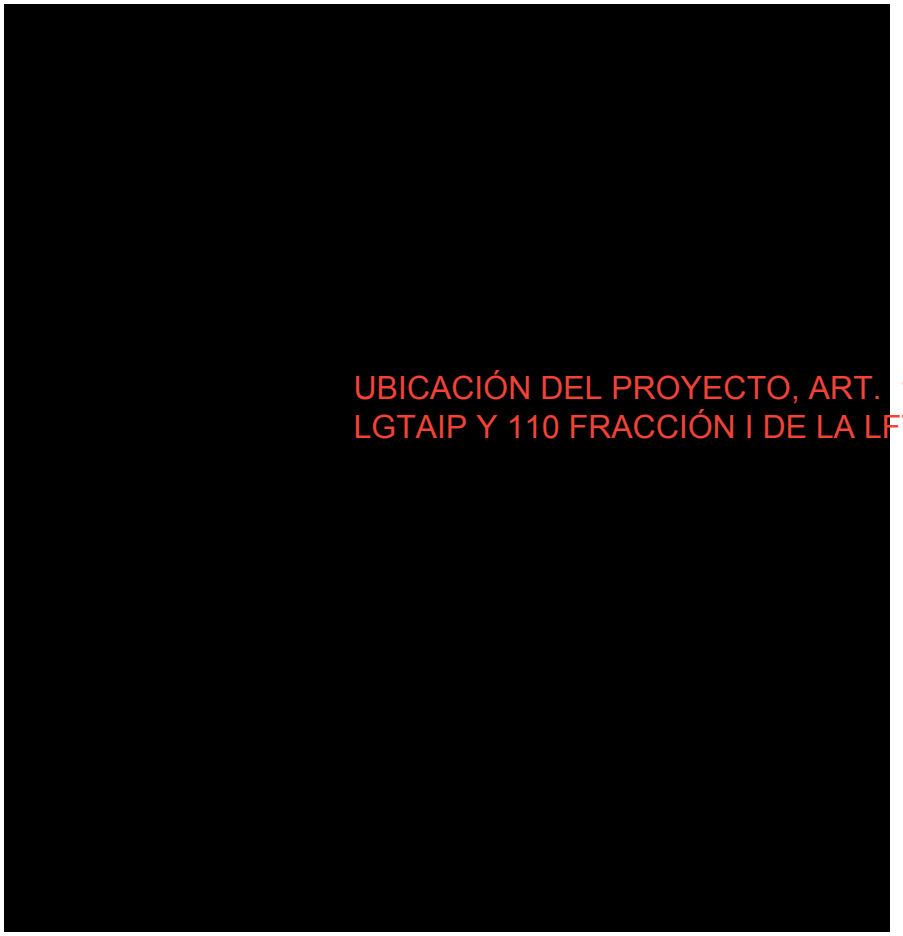


Figura 125 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-05 por Radiación Térmica

Como se observa, NO existe probabilidad de Efecto Dominó por Radiación Térmica debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y el Tanque de *Ácido Nítrico*.

IN-06

Esta industria denominada *Dow Química Querétaro*, contando con los siguientes tanques:

- Acetato de vinilo: 2861.09 ton
- Acrilato de butilo: 8951.28 ton
- Acrilonitrilo: 92.13 ton
- Metil metacrilato: 2784.57 ton
- Peróxido de hidrógeno: 39.95 ton

El punto de fuga existiría sobre la Calle sin nombre, donde pasa la Fase 2 del proyecto. En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 17 m. [IN06].

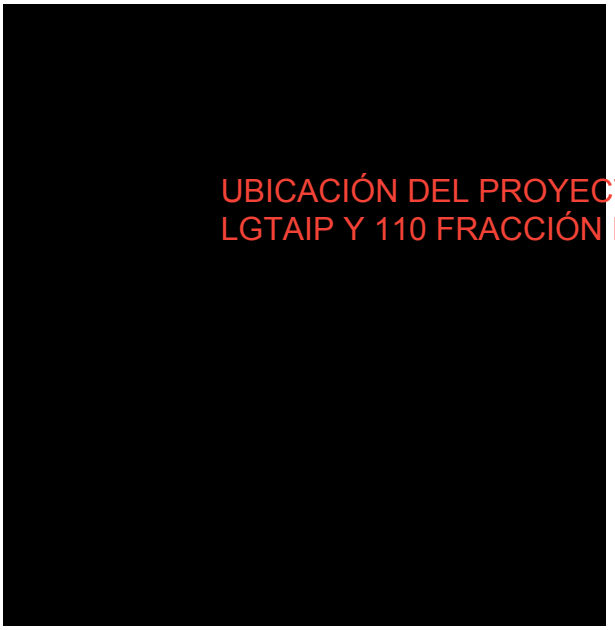


Figura 126 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-06 por Radiación Térmica

Como se observa, NO existe probabilidad de Efecto Dominó por Radiación Térmica debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y los tanques de la Industria.

IN-07

Esta industria denominada *Jafra Manufacturing, S.A. de C.V.*, contando con un tanque de *Alcohol etílico de 0.12 ton.* El punto de fuga existiría sobre la Cerrada La Estacada, donde pasa la Fase 2 del proyecto

En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 17 m. [IN07].

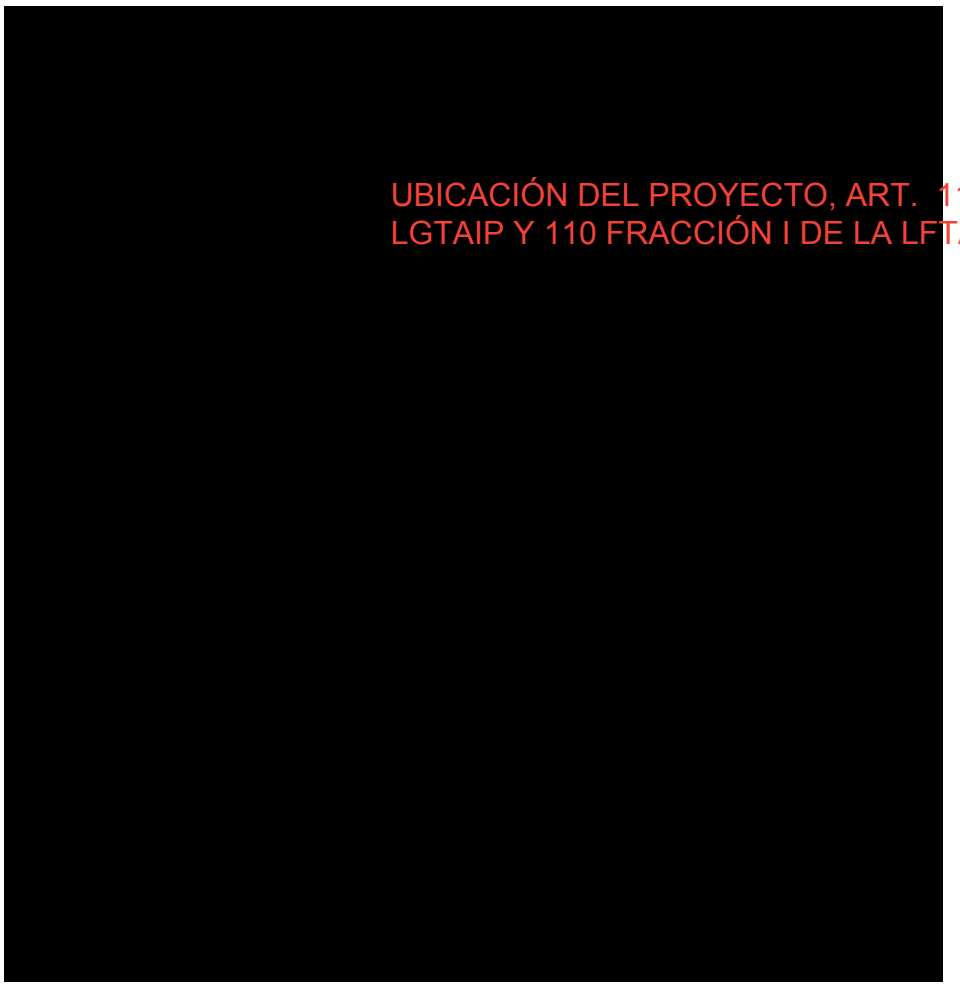


Figura 127 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-07 por Radiación Térmica

Como se observa, NO existe probabilidad de Efecto Dominó por Radiación Térmica debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y el Tanque de *Alcohol Etílico*.

IN-08

Esta industria denominada *Colep*, contando con los siguientes tanques:

- Alcohol etílico 24.8 ton
- Butano 0.58 ton
- Propano 0.50 ton
- Propelente (mezcla de propano y butano) 82 ton.

El punto de fuga existiría sobre la Avenida Industria de la Transformación, donde pasa la Fase 1 del proyecto.

En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 17 m. [IN06].

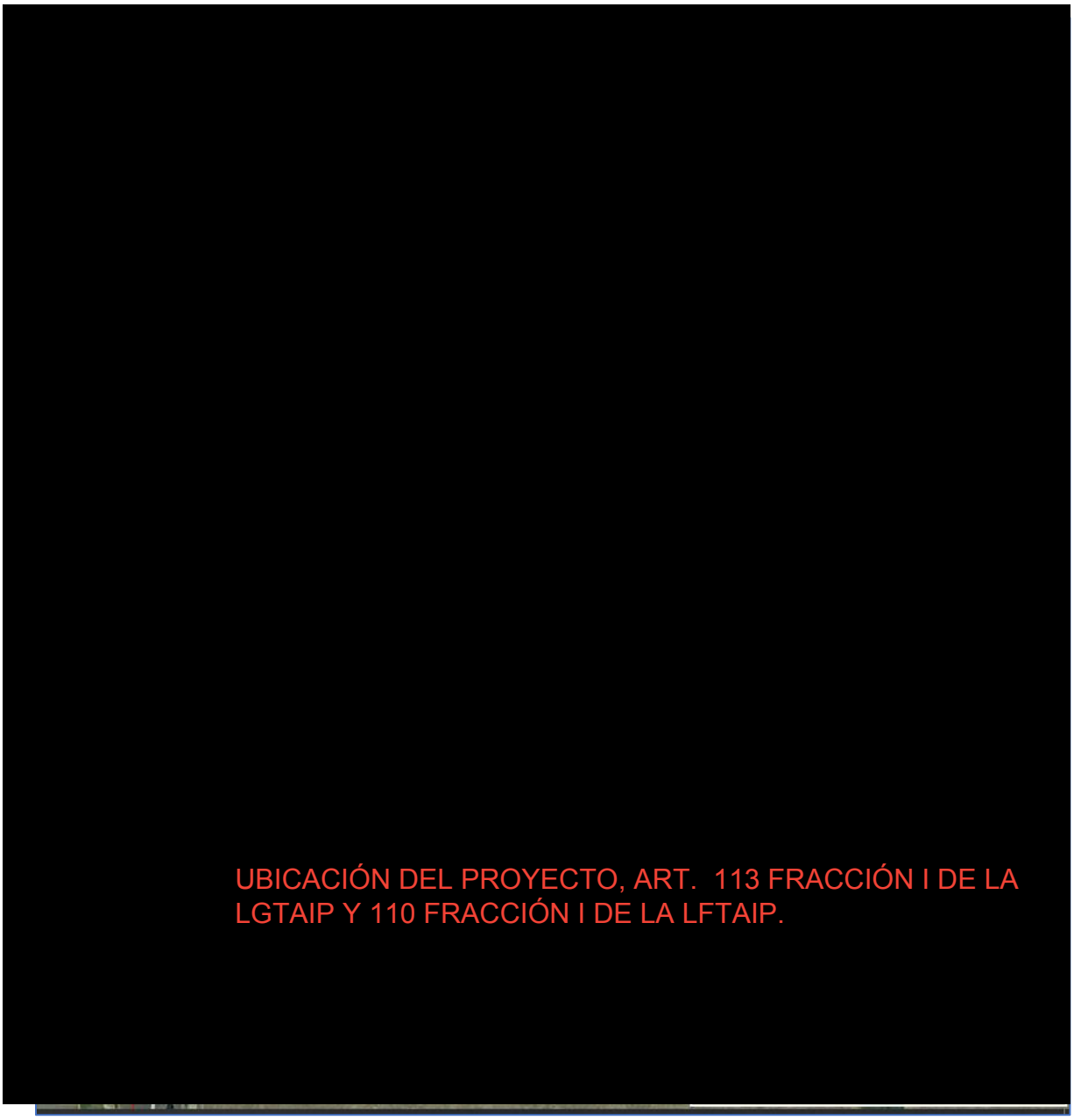


Figura 128 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-08 por Radiación Térmica

Como se observa, NO existe probabilidad de Efecto Dominó por Radiación Térmica debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y la zona de tanques de la Industria.

IN-09

Esta industria denominada *AerrNova*, contando con los siguientes tanques:

- Ácido fluorhídrico 0.01 ton
- Ácido nítrico 1.60 ton.

El punto de fuga existiría sobre la Avenida Industria de la Transformación, donde pasa la Fase 1 del proyecto.

En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 21 m. [IN09].

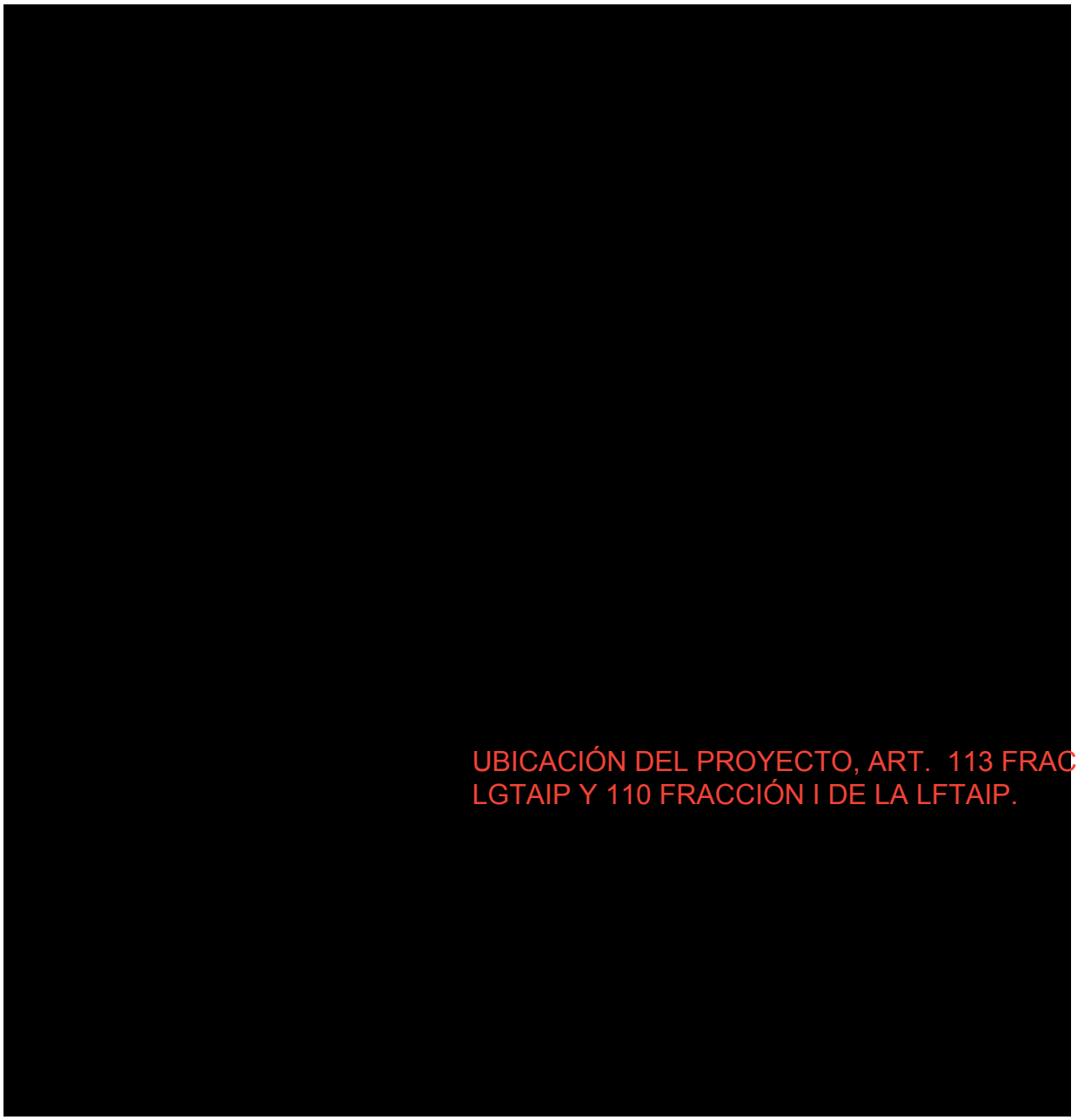


Figura 129 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-09 por Radiación Térmica

Como se observa, NO existe probabilidad de Efecto Dominó por Radiación Térmica debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y la zona de tanques de la Industria.

IN-10

Esta industria denominada *Estación de Carburación*, contando con dos tanques de *Gas LP con una capacidad combinada de 10,000 Lt.* El punto de fuga existiría sobre la Calle sin nombre (colindancia al norte), donde pasa la Fase 3 del proyecto

En esta zona, se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto.

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 17 m. [IN10].

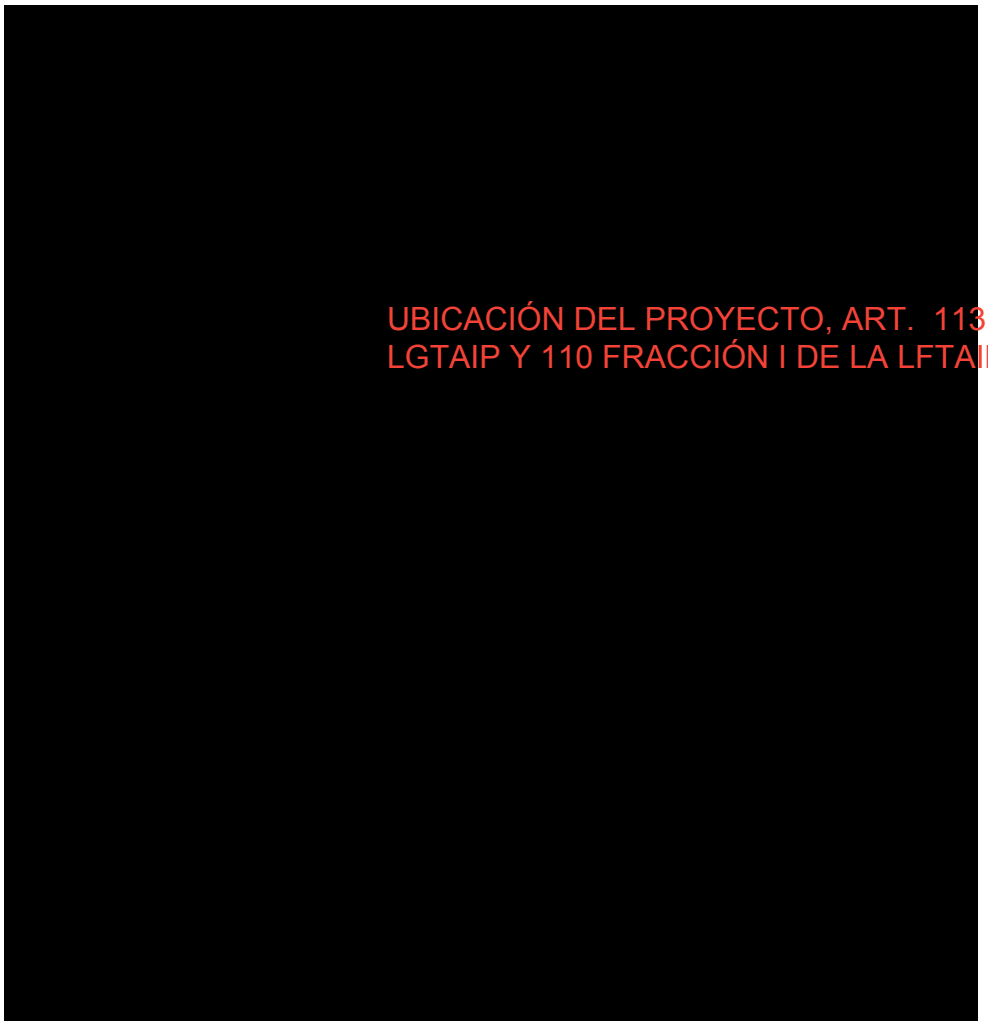


Figura 130 Análisis de Efecto Dominó en la Industria IN-10 por Radiación Térmica

Como se observa, NO existe probabilidad de Efecto Dominó por Radiación Térmica debido a que exista suficiente distancia entre el ducto y el Tanque de *Alcohol Etílico*.

IN-11

Actualmente dentro del Parque Industrial, aparte de los ductos del proyecto que ya se encuentra en operación, existe un gasoducto que suministra gas natural a varias empresas al interior del Parque, la cual cuenta con su Estación de Medición y Regulación muy cercano a la EMR del proyecto. La empresa encargada de este EMR es denominada *Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V.*, contado con el Título de Permiso *G/049/TUP/*1998 como se observa:

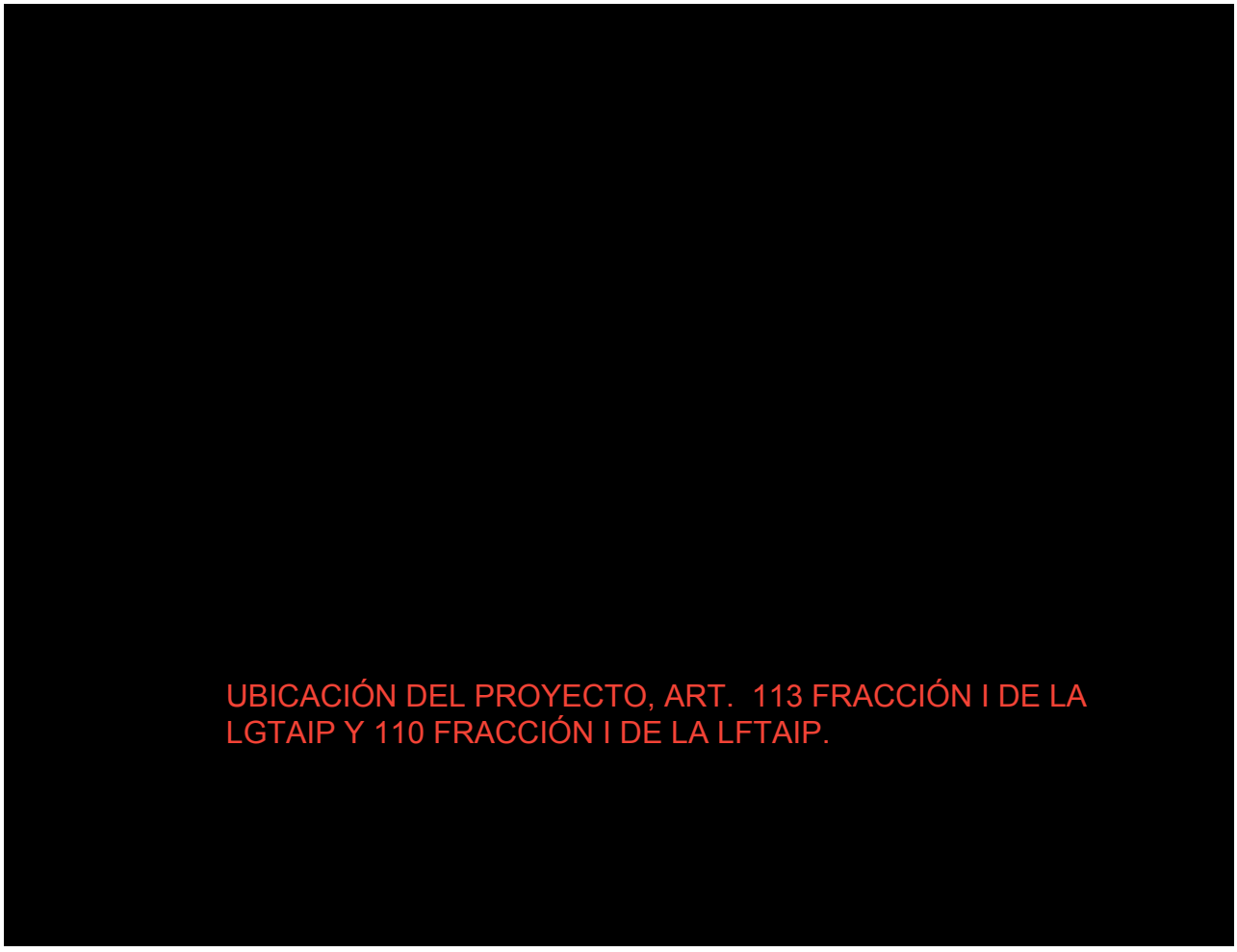




Figura 131 Estación de Medición y Regulación de Consumidora GASPIQ, S.A. de C.V.

Para realizar el efecto Domino, se debe considerar un Evento Primario que ocurre donde pasen los ductos del proyecto y los ductos de *Consumidora GASPIQ*, por lo que se considera que el evento de fuga ocurre en el cruce la Av. La Noria y Av. Mesa de León, donde convergen la Fase 1 del proyecto y el ducto vecino, como se observa:

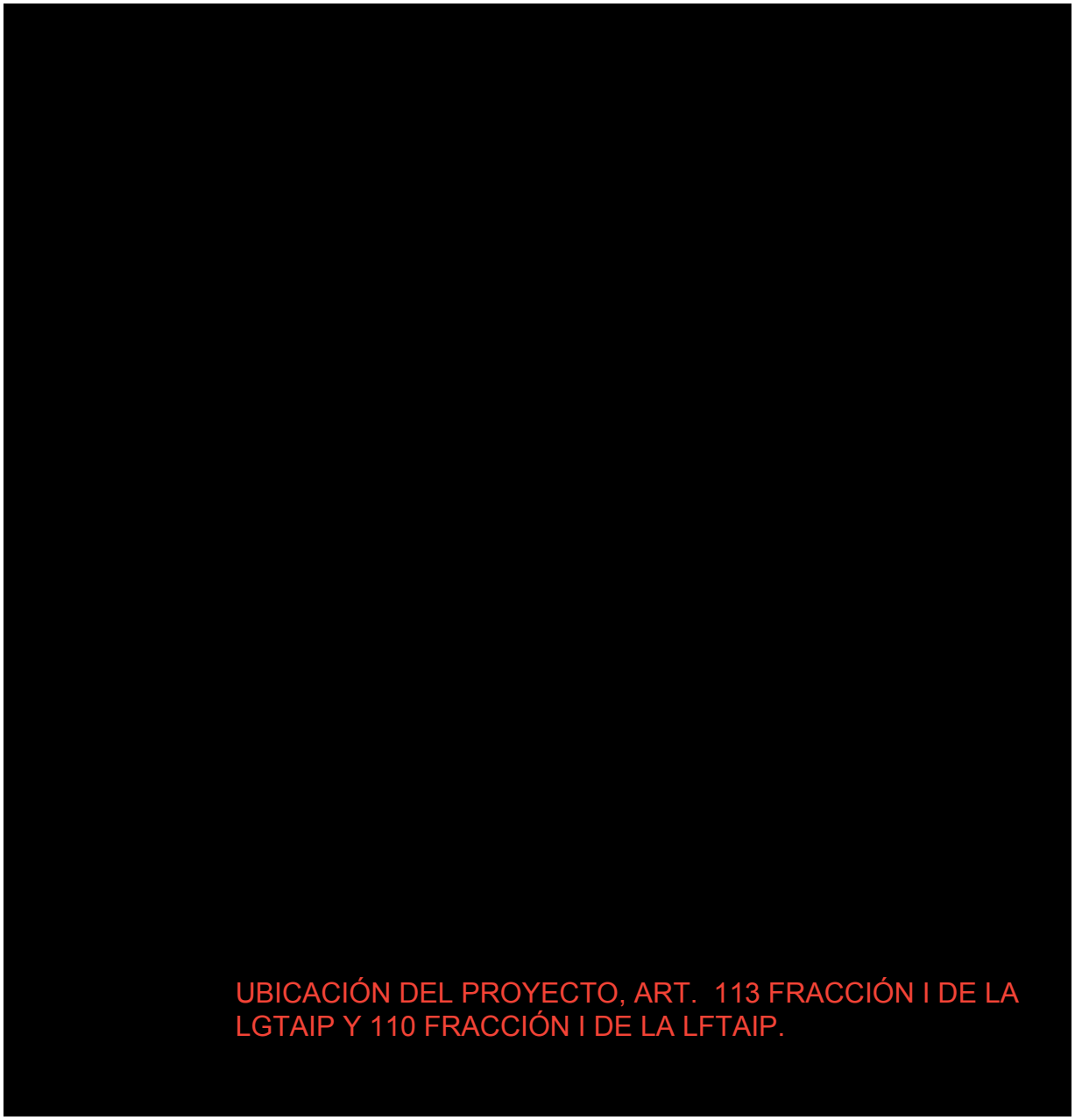


Figura 132 Cruce de la Av. La Noria y Av. Mesa de León.

El punto de fuga existiría sobre la intersección de la Av. La Noria y Av. Mesa de León, el ducto del proyecto en su Fase 1.

Se presenta una fuga de Gas Natural en la red de alta presión por daño en alguna de las Válvulas de Seccionamiento, lo que provoca la ruptura total del ducto, debido a un golpe con maquinaria pesada durante actividades de mantenimiento a las vialidades del Parque Industrial

En caso de que la nube inflamable alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 17 m. [IN11].

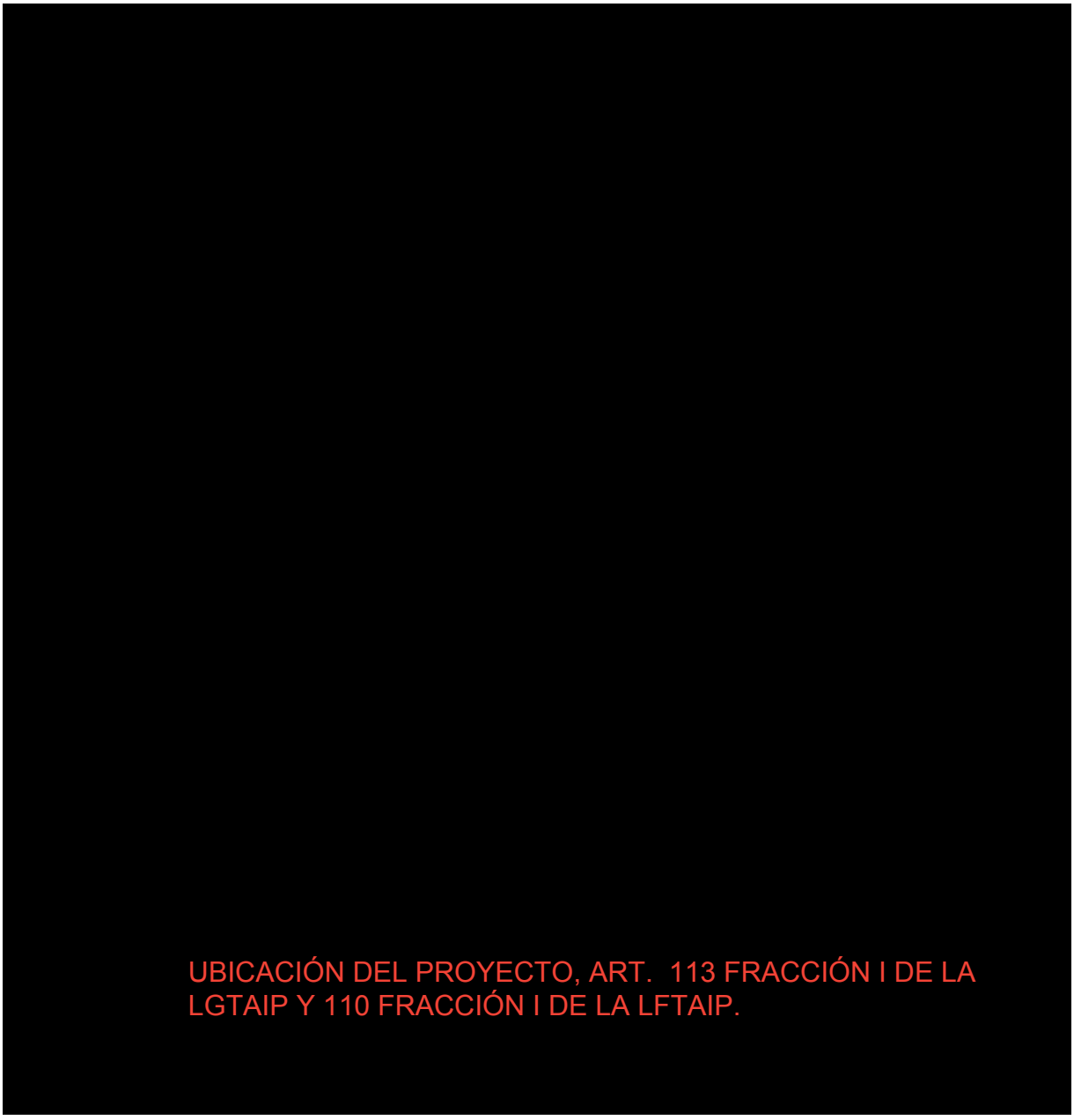


Figura 133 Análisis de Efecto Dominó en el Ducto IN-11 por Radiación Térmica

Como se observa, en caso de que se presente un evento de incendio con una radiación térmica de 10 kW/m^2, este llegaría a afectar al ducto vecino, debido a la cercanía que tiene este con el Ducto del proyecto. Esto se repite en varias zonas donde ambos ductos convergerán.

Hay que considerar que como ambos ductos se encuentran enterrados, es poco probable que se presenten una concatenación de eventos ya que ambos ductos no tendrían interacción.

Adicionalmente, según el HSE (2017) en su documento *Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments (06/11/17)*, se presentan datos de fallas por años y donde se indica que para ductos de esta longitud y para eventos donde el ducto tiene una ruptura total, presenta una probabilidad de $4x10^{-8}$ *eventos por metro por año*.

En el remoto caso de que se presentara el evento secundario, este ocurriría en el ducto vecino de *Consumidora GasPIQ*, ya que se vería afectado por el incendio del ducto del proyecto, presentándose el siguiente evento:

El incendio alcanzaría al ducto, generando una ruptura en este y provocando que se escape Gas Natural por este orificio, formando una nube tóxica de combustible, que en caso de que alcance un punto de ignición se generará un incendio, que generará una Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (10.0 kW/m^2 = Potencialmente letal en 60 segundos) a una distancia de 18 m, una Zona de Alto Riesgo (5.0 kW/m^2 = Quemaduras de segundo grado en 60 segundos) a un distancia de 27 m y una Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m^2) en 51 m. [IN11 1.1.2].



Figura 134 Zona de Radiación Térmica del Escenario Secundario del Efecto Domino del IN-11

Como se observa el evento afectaría a las vialidades cercanas, pero sin llegar a afectar a las industrias cercanas ya que solo son alcanzadas por zonas de amortiguamiento, por lo que no podría ocurrir otro Efecto Domino

Adicionalmente, hay que recalcar que al momento que se presente el escenario primario, se activaría el corte automático del segundo ducto, por lo que, en caso de evento, solo

existiría la fuga del gas natural que se encuentre en los ductos, el cual tardaría aproximadamente 13 minutos en vaciarse por completo.

5.7. Reposicionamiento de escenarios de riesgo

Los Regulados reposicionarán todos los Escenarios de Riesgo identificados en la sección 5.4.1.3. y jerarquizados en la sección 5.4.1.4. tomando en cuenta los criterios definidos en el apartado 5.4.1.4. y lo indicado a continuación, para confirmar los valores de frecuencia (probabilidad) y consecuencias (severidad).

Utilizando los resultados obtenidos con el método HazOp y el método ¿Qué pasa SI?, se identificaron los escenarios de riesgos del proceso y en el capítulo 5.4.1.4. se realizó la jerarquización de estos escenarios.

Se asignaron valores para los riesgos identificados, quedando de la siguiente manera:

Tabla 89 Valoración de los escenarios de riesgo identificados

ÍNDICE DE RIESGO		
RANGO	RIESGO	NO. DE ESCENARIOS DE RIESGO IDENTIFICADOS
D	Aceptable	29
C	Aceptable con controles	11
B	Indeseable	4
A	Inaceptable	0
TTOTA-TOTAL		44

5.7.1. Cálculo del Riesgo Residual

Es aquel riesgo que subsiste, después de haber implementado controles. Es importante advertir que el nivel de riesgo al que está sometido una compañía nunca puede erradicarse. Por ello, se debe buscar un equilibrio entre el nivel de recursos y mecanismos que es preciso dedicar para minimizar o mitigar estos riesgos y un cierto nivel de confianza que se puede considerar suficiente (nivel de riesgo aceptable). El riesgo residual puede verse como aquello que separa a la compañía de la seguridad absoluta.

Para su cálculo, se utiliza la siguiente formula:

$$Riesgo\ Residual = \frac{Nivel\ de\ Riesgo}{Nivel\ de\ Eficiencia\ de\ la\ Medida\ de\ Control}$$

La escala del Riesgo Residual se define de la siguiente manera:

Tabla 90 Índice de Riesgo Residual

ÍNDICE DE RIESGO		
RANGO	RIESGO	DESCRIPCIÓN
1,2,3	Aceptable (D)	Rango general aceptable. No se requieren medidas de mitigación y abatimiento
4 a 6	Aceptable con controles (C)	Se debe revisar que los procedimientos de ingeniería y control se estén llevando a cabo de manera correcta y en su caso modificar los procedimientos de control del proceso
8,9	Indeseable (B)	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 12 meses
12 a 16	Inaceptable (A)	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 6 meses

Las medidas preventivas que se pretenden colocar en la ampliación del proyecto de red de gas natural en estudio, serán de los siguientes tipos con los siguientes valores de Eficiencia de Control:

Tipo de Medida Preventiva	Valor de Eficiencia de Control	
De carácter preventivo de aplicación periódica		
Procedimientos de paro y arranque	ALTO	3
Programa de mantenimiento preventivo.		
De carácter preventivo de aplicación permanente		
Válvula de Seguridad	MEDIO	2
Válvula de Cierre Automático		
Plan de Atención a Emergencias - PIPC		
De carácter detectivo de aplicación periódica		
Programa de inspección visual a tuberías y equipos	MEDIO	2
Programas de inspección preventivas de riesgo.		
Programa de Mantenimiento Correctivo		
De carácter detectivo de aplicación permanente		
Sistema de monitoreo remoto.	MEDIO	2
Sistema instrumentado de control de variables de proceso		

Considerando lo anterior, se realiza la Estimación del Riesgo Residual para cada evento utilizando la tabla de resumen con la jerarquización de eventos:

Tabla 91 Estimación de Riesgo Residual

Clave	Descripción	Grado de Riesgo	Valor del Grado de Riesgo	Valor de Medida de Prevención	Valor de Riesgo Residual	Categoría de Riesgo Residual
A6	Más temperatura por Incendio o explosión por Incendio cerca de la EMR.	B	8	2	4	C Aceptable con controles
B13	Más temperatura por Incendio cerca del regulador de alta presión	B	8	2	4	C Aceptable con controles
C20	Más temperatura por Incendio cerca del Válvula de Seguridad.	B	8	2	4	C Aceptable con controles
E34	Más temperatura por incendio cerca del regulador de alta presión	B	8	2	4	C Aceptable con controles
A2	Más flujo por fuga de gas en línea de distribución después de la Estación de Regulación.	C	4	2	2	D Aceptable
A5	Menos presión por fractura de línea por golpe externo o corrosión en los materiales.	C	6	2	3	D Aceptable
B8	Más flujo por mayor aportación de gas natural en el gasoducto.	C	4	2	2	D Aceptable
C15	Más flujo por mayor aportación de gas natural en el gasoducto	C	4	2	2	D Aceptable
C16	Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	C	4	2	2	D Aceptable
D22	Mas flujo por mayor aportación de gas natural	C	4	2	2	D Aceptable
D27	Más temperatura por Incendio cerca del EMR.	C	4	2	2	D Aceptable

Clave	Descripción	Grado de Riesgo	Valor del Grado de Riesgo	Valor de Medida de Prevención	Valor de Riesgo Residual	Categoría de Riesgo Residual
D29	Más flujo por mayor aportación de gas natural en el gasoducto.	C	4	2	2	D Aceptable
A1	Más flujo por probable falla en los sistemas de control de flujo de alimentación del Gas de carga	D	2	2	1	D Aceptable
A3	Menos flujo por bloqueo de válvula de corte de transición de combustible. Mal funcionamiento de los dispositivos que integran el sistema de control.	D	1	2	1	D Aceptable
A4	Más presión por problema de calibración en la válvula de desfogue transición de combustible.	D	1	2	1	D Aceptable
A7	Menos temperatura la cual una temperatura menor a la temperatura mínima de operación	D	2	2	1	D Aceptable
B9	Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	D	3	2	2	D Aceptable
B10	Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seccionamiento	D	1	2	1	D Aceptable
B11	Más presión por Bloqueo de una de las válvulas seccionamiento	D	3	2	2	D Aceptable
B12	Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	D	3	2	2	D Aceptable

Clave	Descripción	Grado de Riesgo	Valor del Grado de Riesgo	Valor de Medida de Prevención	Valor de Riesgo Residual	Categoría de Riesgo Residual
B14	Menos temperatura por falta de suministro de gas natural	D	2	2	1	D Aceptable
C17	Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seccionamiento	D	1	2	1	D Aceptable
C18	Más presión por bloqueo de una de las válvulas de transición hacia Estación de Regulación de la Industria	D	3	2	2	D Aceptable
C19	Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	D	3	2	2	D Aceptable
C21	Menos temperatura por Falta de suministro de gas natural.	D	2	2	1	D Aceptable
D23	Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	D	3	2	2	D Aceptable
D24	Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seguridad previa entrada a los equipos.	D	1	2	1	D Aceptable
D25	Más presión por bloqueo de una de las válvulas de transición hacia los equipos	D	3	2	2	D Aceptable
D26	Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	D	3	2	2	D Aceptable
D28	Menos temperatura por falta de suministro de gas natural	D	2	2	1	D Aceptable
E30	Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	D	3	2	2	D Aceptable

Clave	Descripción	Grado de Riesgo	Valor del Grado de Riesgo	Valor de Medida de Prevención	Valor de Riesgo Residual	Categoría de Riesgo Residual
E31	Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seguridad previa entrada a los equipos.	D	1	2	1	D Aceptable
E32	Menos presión por bloqueo de una de las válvulas de transición hacia los equipos	D	3	2	2	D Aceptable
E33	Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	D	3	2	2	D Aceptable
E35	Menos temperatura por falta de suministro de gas natural	D	1	2	1	D Aceptable
IF1	Se presenta un sismo con una intensidad superior a 7.5 grados Richter	C	6	2	3	D Aceptable
IF2	El Parque Industrial sufre un fenómeno de hundimiento.	C	4	2	2	D Aceptable
IF3	Hay una Helada extraordinaria en la Zona del Parque Industrial	D	4	2	2	D Aceptable
IF4	Se presentan tormentas eléctricas en la zona donde está la Estación de Medición y Regulación principal.	D	3	2	2	D Aceptable
IF5	Se presenta una lluvia atípica que genera un inundación dentro del Parque Industrial	C	6	1	6	C Aceptable con controles
IF6	Si antes de la ejecución de la Fase 3 (la que actualmente está más alejada del Parque Industrial), se instalan asentamiento humanos	D	3	1	3	D Aceptable

Clave	Descripción	Grado de Riesgo	Valor del Grado de Riesgo	Valor de Medida de Prevención	Valor de Riesgo Residual	Categoría de Riesgo Residual
	irregulares sobre el Derecho de Vía.					
IF7	Si existe vandalismo o terrorismo en la EMR del proyecto	D	3	1	3	D Aceptable
IF8	Si en alguno de los ductos fuera del actual Parque Industrial, es víctima de Tomas Clandestinas	D	3	1	3	D Aceptable
IF9	Si ocurre una interrupción de servicio de energía eléctrica que suministra a la EMR.	D	3	2	2	D Aceptable

Considerando estos resultados, se tendrían presenta la siguiente tabla de resumen:

Tabla 92 Resumen de Grado de Riesgos de los Escenarios Evaluados

GRADO DE RIESGO			
RANGO	RIESGO	NO. DE ESCENARIOS DE RIESGO IDENTIFICADOS	%
D	Aceptable	39	88.00
C	Aceptable con controles	5	12.00
B	Indeseable	0	0.00
A	Inaceptable	0	0.00
TTOTA-TOTAL		44	100.00

Considerando el análisis de riesgo que se realizó considerando las medidas propuestas se puede concluir que la mayor parte de los riesgos generados se encuentra en la **Zona de Riesgo D (Aceptable)** con un 88.0% del total de los escenarios y el resto (12.0%) se encuentra en la **Zona de Riesgo C (Aceptable con Controles)**.

5.8. Sistemas de Seguridad y Medidas para Administrar los Escenarios de Riesgo

5.8.1. Sistemas de Seguridad

Las Estaciones de Medición y Regulación de transferencia de custodia o interconexión, se encuentran en las siguientes coordenadas:

Tabla 93 Coordenadas geográficas de la Estaciones de Medición y Regulación de Transferencia de Custodia o Interconexión

Punto de Inyección	Coordenadas Geográficas Caseta de interconexión
EMR Gas Natural de Santa Rosa	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.
EMR TRANSCANADA	

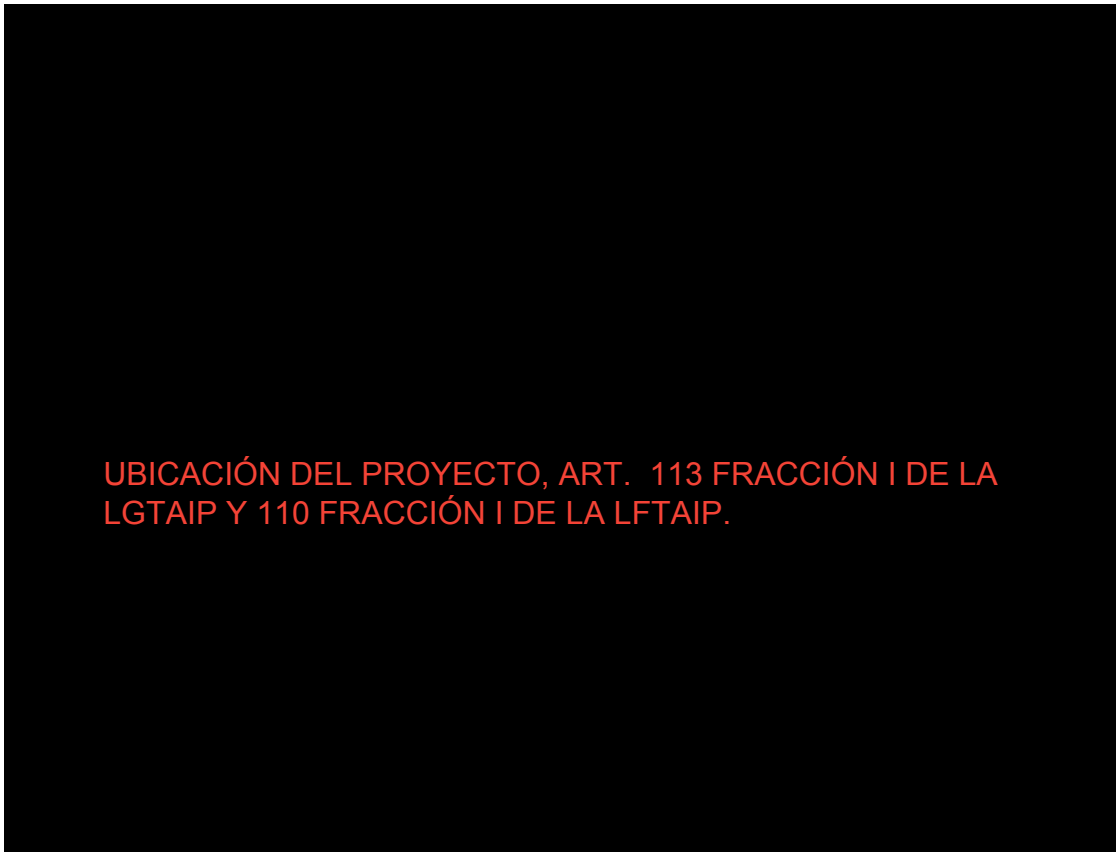


Figura 135 Caseta CENAGAS

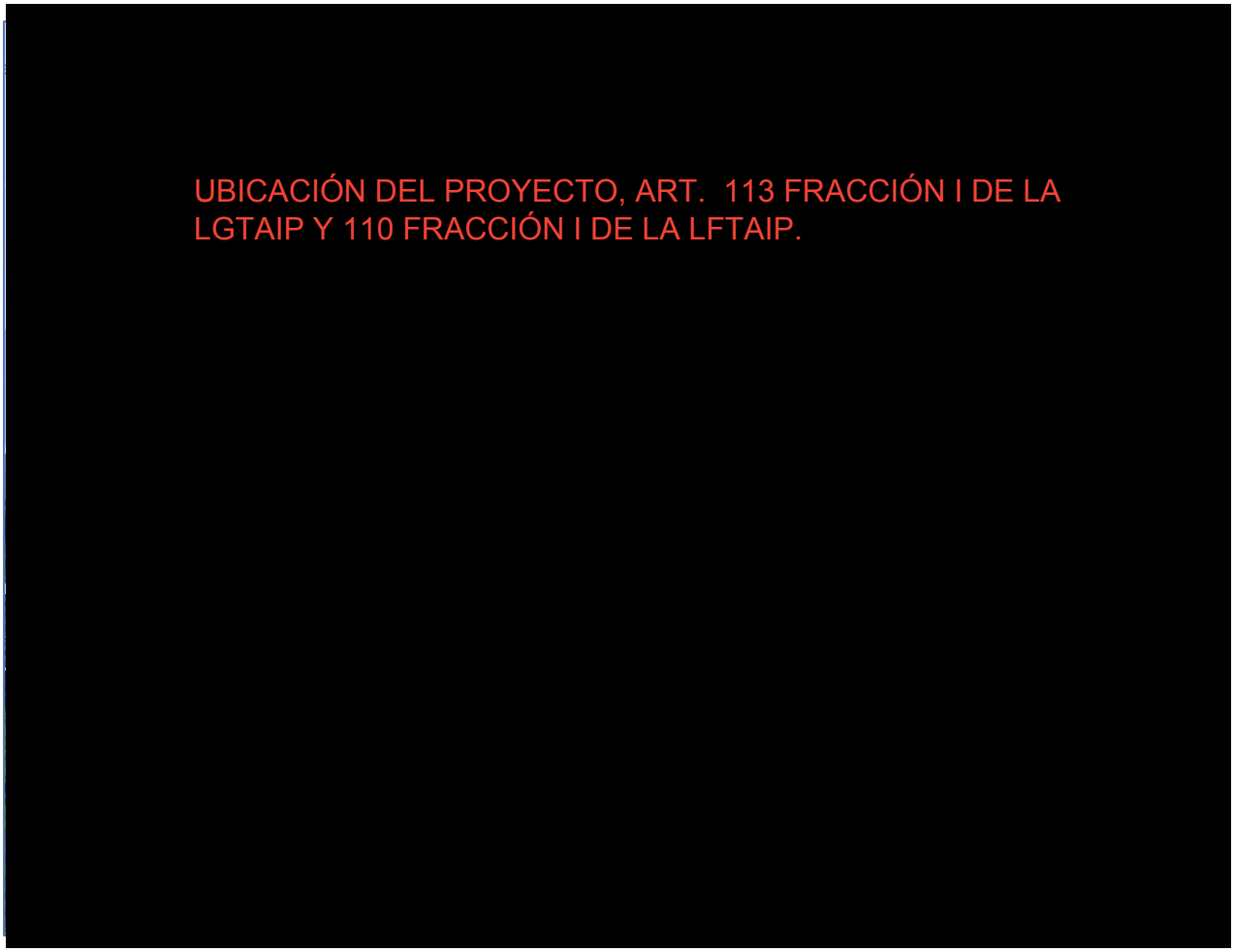


Figura 136 EMR de Interconexión de Gas Natural de Santa Rosa, operando actualmente

Sistema de tierras.

Todos los equipos de las casetas de medición y en la dos Estaciones de Medición y Regulación, tanto en el punto de interconexión como de los usuarios, estarán debidamente aterrizados para evitar descargas por electricidad estática. Deben cumplir, al menos, con los valores indicados por la NOM-001-SEDE-2005. Las tomas de potencial deben quedar pintadas en color naranja eléctrico, para mejorar su visualización.

Sistema SCADA

Como parte del sistema de medición que contribuye a la seguridad del proyecto, se cuenta con una EMR equipada con el sistema para salvaguardar la operación del trazo, es monitoreado por un sistema automático de supervisión, control y adquisición de datos (Supervisory, Control and Data Acquisition - SCADA), que permite monitorear las condiciones de operación básicas (presión, flujo y temperatura) en forma remota.

Un SCADA es un sistema basado en equipos de monitoreo (sensores, computadores, etc.) que permite supervisar y, en su caso, controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. El proyecto contará con un sistema de monitoreo y control SCADA, que permitirá visualizar cualquier cambio significativo en las condiciones de operación normal de la estación y en un momento determinado, poder emitir una alarma a un centro de control central, dependiendo de la tecnología que se emplee en su diseño y construcción.

En las EMR, se tiene un sistema SCADA, el cual permitirá monitorear las condiciones operativas en tiempo real, y en caso de que ocurra una condición anormal, se emitirán alarmas en la central del promovente. Esto permitirá que el operador de la central emita las alarmas correspondientes a los operadores y se puedan tener tiempos de respuesta más cortos ante cualquier imprevisto.

Un sistema SCADA recolecta datos de los transmisores de proceso (presión, temperatura y flujo) y los recolecta en un computador electrónico de flujo (CEF), el cual realiza una serie de cálculos con base en los estándares de la American Gas Association (AGA) y totaliza el volumen corregido, acumulándolo en su base de datos.

Esta información es enviada en tiempo real, si el sistema lo permite, al centro de operaciones del proveedor, el cual puede verificar los parámetros del proceso o puede ser almacenada en la memoria del equipo y ser consultada localmente por un operador. Los datos son convertidos a un protocolo de comunicaciones adecuado y enviados por un modem conectado a una antena satelital y en el otro extremo existe otra terminal similar que los recibe, desempaqueta y muestra en las pantallas del operador. El enlace satelital lo suministra una empresa dedicada a esa función.

Sistema Contra Incendio

En las dos Estaciones de Medición y Regulación de interconexión, así como las estaciones de cada usuario se encontrarán instalados extintores de tipo PQS de 6 a 20 kg, de acuerdo a lo estipulado en la NOM-002-STPS-2010.

Para realizar un correcto análisis y describir correctamente los sistemas de seguridad se realizará la descripción de cada sistema, siendo esto del ducto de Gas Natural de Santa Rosa y de TRANSCANADA.

Gas Natural de Santa Rosa

Con la intención de cubrir la capacidad requerida en las fases de crecimiento, la Estación de Medición y Regulación de interconexión, tendrá cambios según la fase misma, considerando solo los equipos de seguridad.

Tabla 94 Equipos de Seguridad según Fase

Equipo Actuales	Descripción actuales	FASE 1 y 2	FASE 3
Válvula de corte automático	OSE BM 3"ANSI 600	OSE BM 3"ANSI 600	OSE BM 3"ANSI 600
Filtro coalescente	77V-1-336-6-1480	77V-2-336-12-1480	77V-2-336-12-1480
Medidor de flujo	3" medidor rotatorio Dresser 7M1480	3" medidor rotatorio Dresser 7M1480	3" medidor Turbina Dresser modelo G250
Manómetros	0-1500 psig y 0-200 psig	0-1500 psig y 0-200 psig	0-1500 psig y 0-200 psig
Reguladores y válvulas de corte asociadas	2X1 EZR trim 60%	2X1 EZR trim 100%	2" EZR trim 60%
Válvula de seguridad	Mercer 3" L 4"	Mercer 4" P 6"	Mercer 6" Q 8"
Odorizador	Peerless 57 Gal capacidad	Modelo YZ	Modelo YZ

Tabla 95 Válvulas de seccionamiento operando y por fase

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-1	Válvula PE 8"	Operando	Actual	[redacted]	
VS-2	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-3	Válvula PE 8"	Operando	Actual		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-4	Válvula PE 8"	Operando	Actual	[redacted]	
VS-5	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-6	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-7	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-8	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-9	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-10	Válvula PE 6"	Operando	Actual		
VS-11	Válvula PE 4"	Operando	Actual		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-12	Válvula PE 4"	Operando	Actual	[redacted]	
VS-13	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-14	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-15	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-16	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-17	Válvula PE 6"	Operando	Actual		
VS-18	Válvula PE 6"	Operando	Actual		
VS-19	Válvula PE 4"	Operando	Actual	Y=2304326.2602	100° 26 30.33" O

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-20	Válvula PE 4"	Operando	Actual	[redacted]	
VS-21	Válvula PE 6"	Operando	Actual		
VS-22	Válvula PE 6"	Operando	Actual		
VS-23	Válvula PE 6"	Operando	Actual		
VS-24	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-25	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-26	Válvula PE 6"	Operando	Actual		
VS-27	Válvula PE 6"	Operando	Actual		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-28	Válvula PE 6"	Operando	Actual	[redacted]	
VS-29	Válvula PE 6"	Operando	Actual		
VS-30	Válvula PE 4"	Operando	Actual		
VS-1-B	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-1-C	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-2-B	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-3 FF-CC 1	Válvula PE 8"	Operando	Actual		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-4 FF-CC 1	Válvula PE 8"	Operando	Actual	[redacted]	
VS-5 FF-CC 2	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-6 FF-CC 2	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-N-31	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-N-34	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-N-38	Válvula PE 8"	Operando	Actual		
VS-N-39	Válvula PE 4"	Operando	Actual		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-N-40	Válvula PE 4"	Proyectadas	Actual	[redacted]	
VS-N-41	Válvula PE 4"	Proyectadas	Actual		
VS-N-42	Válvula PE 4"	Proyectadas	Actual		
VS-N-6	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-7	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-8	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-9	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-10	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-N-11	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1	[redacted]	
VS-N-12	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-13	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-14	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-15	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-16	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-17	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-18	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 1		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-N-19	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1	[redacted]	
VS-N-32	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 1		
VS-N-33	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 1		
VS-P5	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2		
VS-P7	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		
VS-P8	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2		
VS-P9	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		
VS-P10	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-P11	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2	[redacted]	[redacted]
VS-N-20	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2		
VS-N-21	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		
VS-N-22	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2		
VS-N-23	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 2		
VS-N-24	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		
VS-N-25	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		
VS-N-26	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-N-27	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		
VS-N-28	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		
VS-N-29	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		
VS-N-30	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 2		
VS-7 FF-CC 2	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 3		
VS-P1	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-P2	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-P3	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-P4	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3	[redacted]	
VS-P6	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 3		
VS-P12	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 3		
VS-P13	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 3		
VS-P14	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-P15	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-P16	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-P17	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		

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

TAG	Especificación	Estatus	Fase de ampliación	Coordenadas de Ubicación UTM	Coordenadas de Ubicación Geográficas
VS-N-1	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3	[redacted]	[redacted]
VS-N-2	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-N-3	Válvula PE 8"	Proyectadas	Fase 3		
VS-N-4	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-N-5	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-N-35	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-N-36	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		
VS-N-37	Válvula PE 6"	Proyectadas	Fase 3		

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

En el plano topográfico y archivo kmz se incluye la posición de las válvulas.

Las válvulas estarán marcadas con la ubicación real en campo, para poder accionar en caso necesario. En la siguiente imagen se observa como ejemplo la válvula "VS-13" de la red que está en operación.

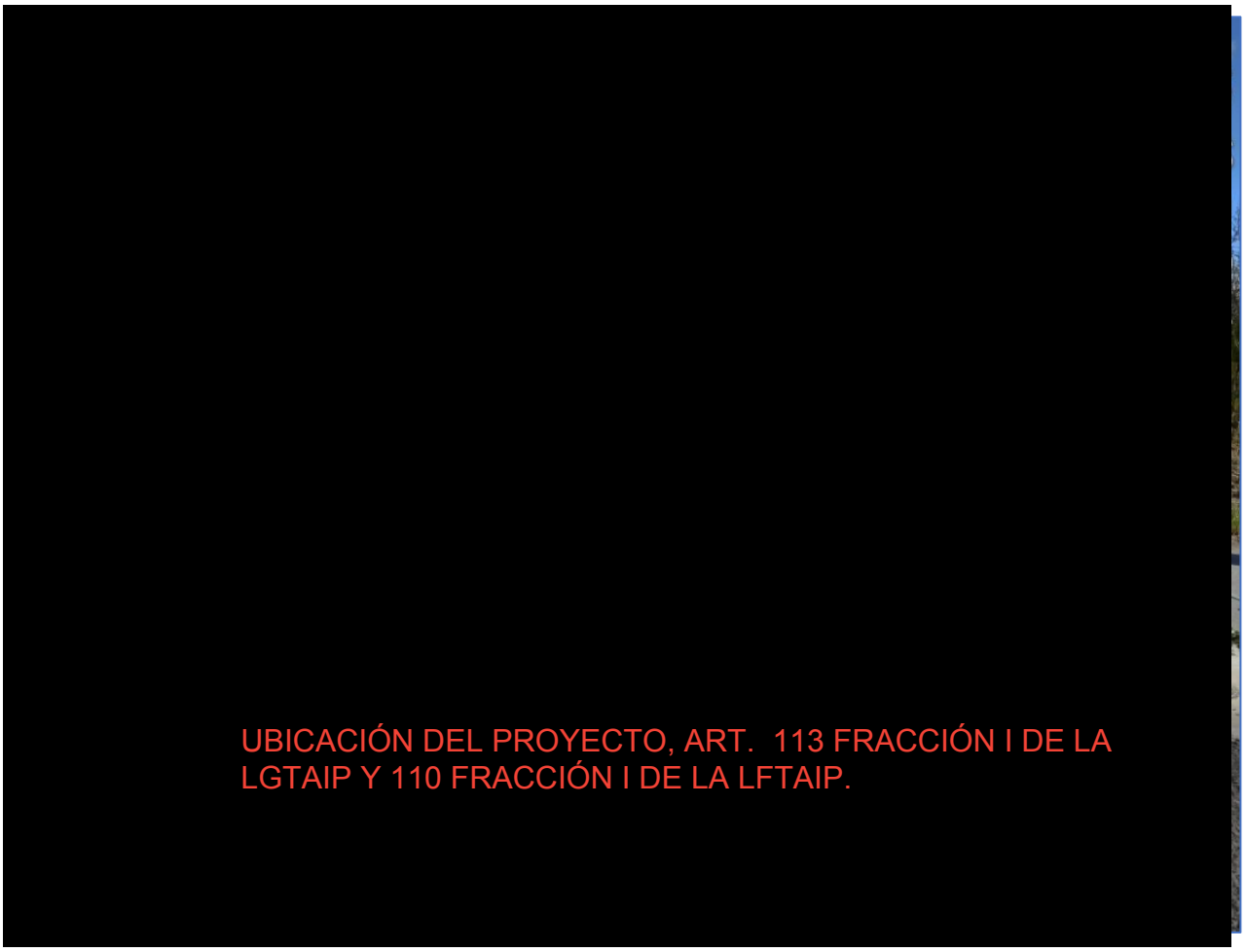


Figura 137 Válvula de seccionamiento (VS-13) en operación

Las válvulas de Bola de polietileno de alta densidad, cierre rápido, herméticas y con extremos unidos por Termofusión o electrofusión. En forma general se instalan válvulas:

a) La raíz de cada ramal, las válvulas de instalan en las banquetas donde pueden ser actuadas con facilidad.
b) En la acometida de servicio de cada usuario, que puede ser operada desde fuera del predio del usuario

c) Antes y después de cruces de carreteras, autopistas, vías de ferrocarril, ríos y canales[5].

Las válvulas de seccionamiento se instalan en forma subterránea y con bota de servicio. Se unen por medio de termofusión y en el caso del hot-tap por medio de coples de electrofusión.

Sistema de Protección Catódica contra la Corrosión

El sistema de distribución está conformado por solo tubería de polietileno, por lo que no requiere de protección catódica. Sin embargo, se instala un ánodo de sacrificio y una toma de potencial en la garza de entrada a la caseta de cada usuario para proteger y monitorear el segmento de tubería de acero que queda enterrado. La caseta queda aislada por medio de juntas micarta.

Sistemas de informáticos que permitan el monitoreo de las condiciones de operación

La caseta de interconexión contará con un sistema SCADA de acuerdo con los requerimientos que trasmitirá las condiciones de la estación en tiempo real.

Odorización

El sistema de odorización se encuentra en la estación de medición y regulación de interconexión, utilizando el método por arrastre con el Modelo Peerless 57 gal.

[5] Esto solo se cumple en los diseños/construcción posterior a la entrada en vigor de la NOM-003-ASEA-2016

Puntos de Monitoreo

Los puntos más lejanos de la red en cada uno de sus ramales y cambiaran a medida que se integren nuevos usuarios. Para este Grupo de usuarios, los puntos de monitoreo son: Casetas Pacific, Winpak y Thermotech.

Características de los componentes del sistema

Los componentes del sistema de tuberías cumplirán con:

- Estar libres de defectos que puedan afectar o dañar la resistencia, hermeticidad o propiedades del componente.
- Deben tener un certificado de calidad
- Sean compatibles químicamente con el Gas que conduzcan y con cualquier otro material del Sistema de distribución con que tengan contacto

Posición y Tipo de Señalamientos

Letreros según aplique al listado de abajo:

- Al inicio y termino del ducto.
- Antes y después del cruce de la calle o vialidades, siempre sobre la banqueta.
- Cada 500 metros en zona libre.
- Cada 100 metros en zona urbana.
- En cambios de dirección mayores a 30 grados

Tachuelas según aplique:

- Donde el uso de letreros no sea posible
- Sobre el eje del ducto cada 50 metros

Actualmente debido al ducto que está operando en el Parque Industrial, ya existe señalización al interior del Parque, como la que se presenta a continuación:

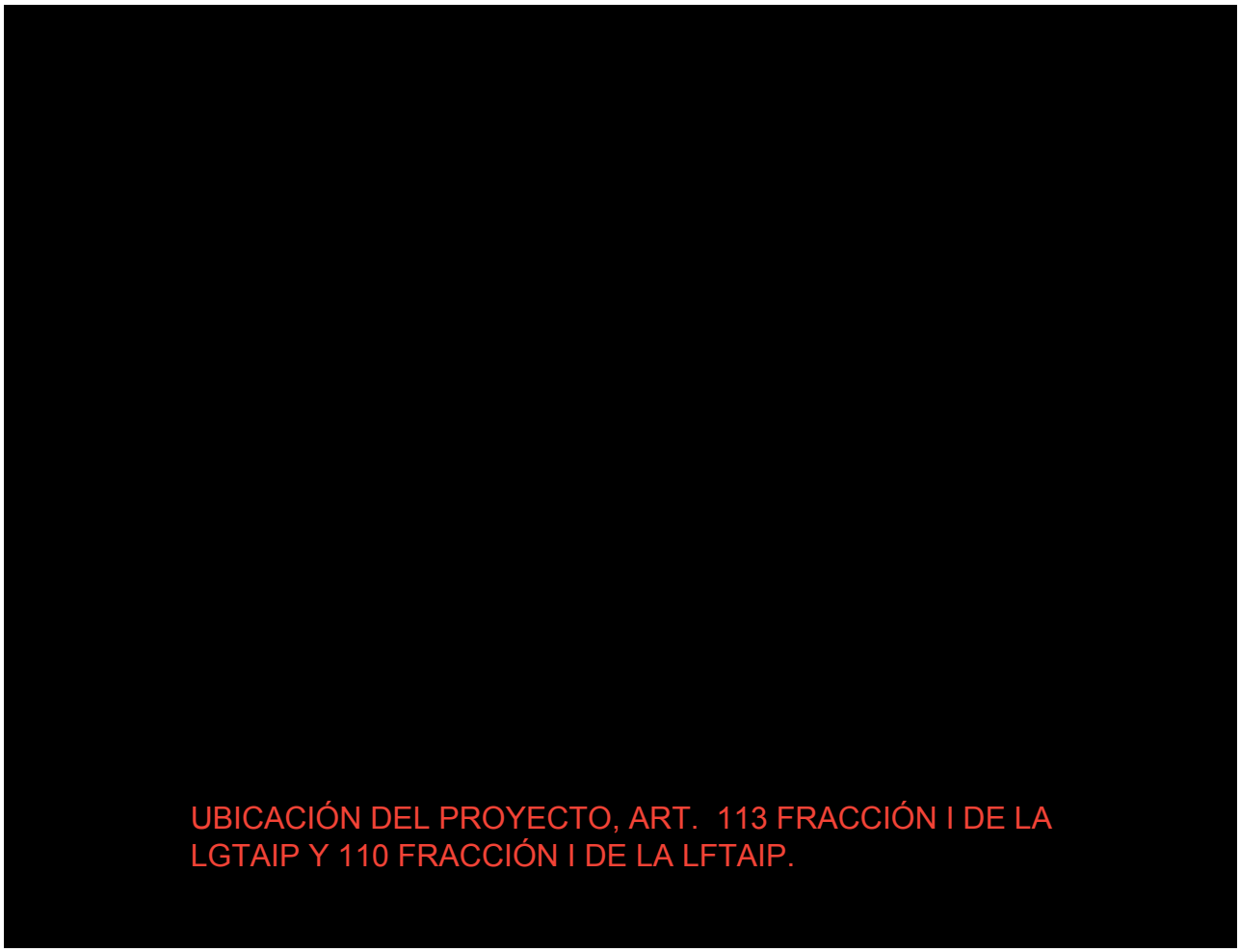


Figura 138 Señalización actual dentro del Parque Industrial

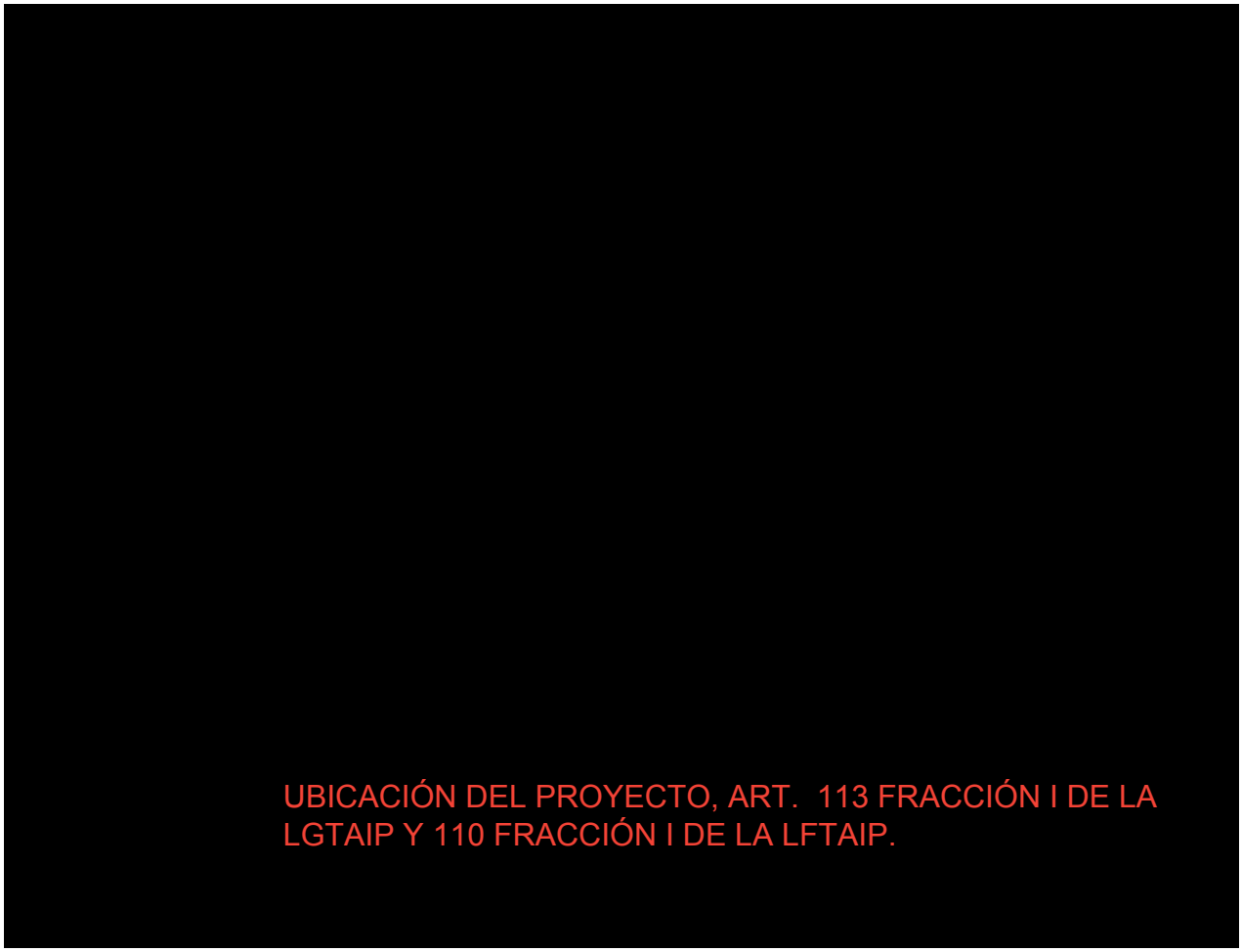


Figura 139 Señalización actual dentro del Parque Industrial

La nueva señalización, deberá ser parecida a la que actualmente existe, pero con los datos más actualizados (Contacto, razón social, etc.)

Pruebas No Destructivas

La tubería de acero será radiografiada al 100%

Pruebas de Hermeticidad

Tabla 96 Pruebas de Hermeticidad

Material	Prueba	Presión	Duración
PE	Si Neumática	150 psig	24 horas
AC (llegada de los usuarios)	Sí Neumática	150 psig	24 horas

TRANSCANADA

La Estación de Medición y Regulación de interconexión, considera los siguientes equipos de seguridad.

Tabla 97 Equipos de Seguridad según Fase

Equipo	Descripción	NOTA
Filtro coalescente (FC-01)	Modelo 77V-2-336-12-1480 I&O 4" ANSI600	Suficiente para cubrir el flujo de diseño.
Filtro "Y" (Gas Seco) (FS-01)	4"ANSI 600 20 mesh. YS 61-CS	La capacidad del equipo es superior al flujo de diseño, por lo que no se prevén afectaciones.
Medidor de flujo	4"G-250 ANSI 600	La capacidad del equipo es superior al flujo de diseño, por lo que no se prevén afectaciones.
Reguladores de presión (PCV-01)	FISHER EZR 2"ANSI 600 trim 60%	La capacidad de los equipos es superior al flujo de diseño, por lo que no se prevén afectaciones.
Reguladores de presión con válvula de corte automático	FISHER EZR (OSX) 2"ANSI 600 trim 60%	
Válvula de seguridad (PSV-03)	Mercer 9100 |2x3" ANSI 300 x 150 RF orificio "H"	La capacidad del equipo es superior a la capacidad del sistema de regulación, por lo que no se prevén afectaciones
Manómetros	Rango 0 – 1500 psi	
Odorizador	YZ Systems NJEX 7300	Por Arrastre

Tabla 98 Válvulas de seccionamiento proyectadas)

TAG	Especificación	Estatus	Coordenadas UTM	Coordenadas Geográficas
VS-01	Válvula AC 4"	Proyectada	[redacted]	
VS-02	Válvula AC 6"	Proyectada		

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

TAG	Especificación	Estatus	Coordenadas UTM	Coordenadas Geográficas
VS-03	Válvula AC 6"	Proyectada	[redacted]	
VS-04	Válvula AC 6"	Proyectada		
VS-05	Válvula AC 6"	Proyectada		
VS-06	Válvula AC 6"	Proyectada		
VS-07	Válvula AC 6"	Proyectada		

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

En forma general se instalan válvulas:

a) La raíz de cada ramal, las válvulas de instalan en las banquetas donde pueden ser actuadas con facilidad.
b) En la acometida de servicio de cada usuario, que puede ser operada desde fuera del predio del usuario.
c) Antes y después de cruces de carreteras, autopistas, vías de ferrocarril, ríos y canales.

Las válvulas se instalan en forma subterránea y con bota de servicio. Se unen por medio de termofusión y en el caso del hot-tap por medio de coples de electrofusión.



Tabla 99 Características de las zonas donde se instalarán las Válvulas de Seccionamiento

Se instalarán válvulas de seccionamiento en las siguientes posiciones:

- Al inicio de la ampliación del ducto.
- En la raíz de cada Ramal.
- En el ramal de servicio a cada usuario.

En el plano topográfico y archivo kmz se incluye la posición de las válvulas.

Sistema de Protección Catódica contra la Corrosión

El gasoducto de acero será protegido contra la corrosión por medio de un sistema de protección por corriente impresa, se tendrán tomas de potencial instaladas a lo largo del ducto, así como a la llegada a las casetas de usuario.

Sistemas de informáticos que permitan el monitoreo de las condiciones de operación

La caseta de interconexión contará con un sistema SCADA de acuerdo con los requerimientos que trasmitirá las condiciones de la estación en tiempo real.

Odorización

El sistema de odorización se encuentra en la estación de medición y regulación de interconexión y utiliza el método por arrastre con el equipo Modelo YZ Systems NJEX 7300.

YZ Odorization System (Sistema de odorización YZ) están diseñados para medir e inyectar cantidades precisas de odorante líquido en cada metro cúbico de gas, que fluye por una tubería para asegurar su detectabilidad de acuerdo con lo establecido por las normas locales. Estos sistemas fiables y probados proporcionan una inyección de odorante dependiendo del flujo de gas, además de medición en línea del odorante inyectado, supervisión del sistema y notificación de alarma.

Puntos de Monitoreo

Los puntos más lejanos de la red en cada uno de sus ramales y cambiaran a medida que se integren nuevos usuarios. Para esta instalación, el punto de monitoreo es en la Planta de Generación Eléctrica.

Características de los componentes del sistema

- Estar libres de defectos que puedan afectar o dañar la resistencia, hermeticidad o propiedades del componente.
- Deben tener un certificado de calidad.
- Sean compatibles químicamente con el Gas que conduzcan y con cualquier otro material del Sistema de distribución con que tengan contacto.

Posición y Tipo de Señalamientos

Letreros según aplique al listado de abajo:

- Al inicio y termino del ducto.
- Antes y después del cruce de la calle o vialidades, siempre sobre la banqueta.
- Cada 500 metros en zona libre.
- Cada 100 metros en zona urbana.
- En cambios de dirección mayores a 30 grados.

Tachuelas según aplique:

- Donde el uso de letreros no sea posible
- Sobre el eje del ducto cada 50 metros

Pruebas No Destructivas

La tubería de acero será radiografiada al 100%

Pruebas de Hermeticidad

Material	Prueba	Presión	Duración
AC	Hidrostática	1110 psig	24 horas
AC (llegada de los usuarios)	Neumática	447 psig	24 horas

5.8.2. Medidas Preventivas

Normas, Códigos, estándares para el Diseño, Construcción, Operación, cierre, desmantelamiento o Abandono

En su concepción técnica participaron diversas tecnologías específicas, consultores en ingeniería y empresas de construcción, considerando en todo momento los criterios globales para los aspectos sísmicos, mecánicos, de viento y ambientales, de acuerdo a las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 100 Especificaciones técnicas para diseño

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Norma Oficial Mexicana NOM-003-SECRE-20116	Esta norma establece las especificaciones técnicas y los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de distribución de gas natural por medio de ductos.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.
Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016 7	Esta norma establece las especificaciones técnicas y los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de distribución de gas natural por medio de ductos.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.
Código ASME B 31.8 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems"	Código que establece los requisitos mínimos de seguridad para el diseño y construcción de tuberías conductoras de gas natural.	Este código ha sido empleado en Norteamérica desde antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares, (ANSI). Se usará para lo no definido en la NOM-003-ASEA-2016.

[6] Para las instalaciones cuyo dictamen de diseño o dictamen de construcción fue emitido previo a la vigencia de la NOM-003-ASEA-2016

[7] Para las instalaciones cuyo dictamen de diseño fue emitido a la entrada en vigor de la NOM-003-ASEA-2016

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Standard API 1104 "Welding of Pipelines and Related Facilities";	Standard que establece los requisitos mínimos para ejecutar uniones soldadas en las tuberías conductoras de gas natural.	Standard aceptado en la industria de las tuberías en los Estados Unidos.
Código ASME Sección VIII, Div.1 "Rules for Construction of Boilers & Pressure Vessels".	Establece bases de diseño para la fabricación e inspección de recipientes a presión tales como filtros y odorizadores.	Este código es aceptado para el diseño y la fabricación de recipientes a presión
Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida	Para la aplicación de unidades en sistema métrico.

Tabla 101 Especificaciones técnicas para la selección de materiales

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
API 5L: Especificación para tubería usada en gasoductos.	Especificación para tubos con y sin costura para uso en la industria del gas y el petróleo	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASTM A 53 Tubos de Acero, negros y galvanizados en caliente.	Materiales y especificaciones de la fabricación de tubos de acero, con y sin costura.	Define las especificaciones del material, el peso del tubo y el espesor de pared mínimos.

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
ASTM A 105 Especificación de acero, contenido de carbono y materiales aleantes.	Especificaciones del material a utilizarse en conexiones forjadas, bridas, válvulas y componentes	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASTM A 193 Materiales para espárragos y tornillería para servicio en alta temperatura.	Especificación de materiales para fabricación de tornillería que se instala en tuberías a presión.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASTM A 194 Materiales para espárragos y tuercas para servicio en media y alta temperatura.	Especificación de materiales para fabricación de tuercas y espárragos ó tornillos que se instalan en tuberías a presión.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASTM A 234 Especificación de materiales para aceros en servicio en temperaturas media y alta.	Especificación de materiales para conexiones de tubería de acero al carbono para servicio a mediana y alta temperatura.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASME B 16.5 Especificaciones y dimensiones de bridas y conexiones.	Define los rangos de operación en presión y temperatura de bridas y accesorios bridados.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
ASME B 16.9 Fabricación de conexiones en acero, soldables y de embutir	Define las dimensiones de conexiones soldables para tuberías.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
NMX-E-043-SCFI-2002 Tubos de polietileno para gas	Especificación de tubos de polietileno	Norma Mexicana

Tabla 102 Especificaciones técnicas para la construcción

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Norma Oficial Mexicana NOM-003-SECRE-2011[8]	Esta norma establece las especificaciones técnicas y los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de distribución de gas natural por medio de ductos.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.

[8] Para las instalaciones cuyo dictamen de diseño o dictamen de construcción fue emitido previo a la vigencia de la NOM-003-ASEA-2016

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016 [9]	Esta norma establece las especificaciones técnicas y los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de distribución de gas natural por medio de ductos.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.
NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo	Esta norma establece las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.	La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros trabajo que por la naturaleza de sus procesos empleen maquinaria y equipo.

[9] Para las instalaciones cuyo dictamen de diseño fue emitido a la entrada en vigor de la NOM-003-ASEA-2016

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas	Esta norma Establece las condiciones de seguridad e higiene para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, para prevenir y proteger la salud de los trabajadores y evitar daños al centro de trabajo.	La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se manejen, transporten o almacenen sustancias químicas peligrosas.
NOM-006-STPS-2014, Manejo y almacenamiento de materiales-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo	Esta norma Establece las condiciones de seguridad y salud en el trabajo que se deberán cumplir en los centros de trabajo para evitar riesgos a los trabajadores y daños a las instalaciones por las actividades de manejo y almacenamiento de materiales, mediante el uso de maquinaria o de manera manual.	La presente Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se realice el manejo y almacenamiento de materiales, a través del uso de maquinaria o en forma manual.

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Código ASME B 31.8, "Gas Transmission and Distribution Piping Systems"	Código que establece los requisitos mínimos de seguridad para el diseño y construcción de tuberías conductoras de gas natural.	Este código ha sido empleado en Norteamérica desde antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares, (ANSI). Se usará para lo no definido en la NOM-003-ASEA-2016.
Standard API 1104 "Welding of Pipelines and Related Facilities";	Standard que establece los requisitos mínimos para ejecutar uniones soldadas en las tuberías para gas natural.	Standard aceptado en la industria de las tuberías en los Estados Unidos.
Standard API 5L1" "Recommended Practice for Transport and Handling of Pipeline Materials".	Procedimiento que indica las prácticas para el transporte, carga y manejo de tuberías.	Procedimiento aceptado en la industria del transporte y de construcción de tuberías para gasoductos.
Código ASME Sección VIII, Div.1 "Boilers and Pressure Vessels Construction Rules"	Establece bases de diseño para la fabricación e inspección de recipientes a presión tales como filtros y odorizadores.	Este código es aceptado para el diseño y la fabricación de recipientes a presión instalados en sistema de tuberías.

En lo respectivo a la características físicas y químicas del Gas Natural que será suministrado al proyecto, deberá cumplir con los requisitos establecidos en la NOM-001-SECRE-2010, publicada el 19 de marzo de 2010.

De acuerdo con lo establecido en NOM-003-ASEA-2016 5.1.2.3, el diseño cumple con:

a) Presión de diseño no debe exceder la Presión manométrica de 689 kPa.
b) No se debe usar tubería de Polietileno cuando la temperatura de operación del Gas sea menor de 244.15 K (-29 °C), o mayor que la temperatura a la cual se determinó el valor de la Sh que se aplicó en la fórmula del inciso 5.1.2.2 para calcular la Presión de diseño.
c) El espesor de pared de la tubería de Polietileno no puede ser, bajo en ninguna circunstancia, menor de 1.57 mm.

Medidas preventivas generales

a) Procedimientos Operativos y de control en las Estaciones de Medición y Regulación.
b) Procedimientos Operativos y de control en los gasoductos.
c) Procedimientos Operativos y de control en las Estaciones de Mediciones y Regulaciones de los Usuarios.
d) Programa de Inspección Preventiva.
e) Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo.
f) Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.
g) Programa de Vigilancia de la Franja de Afectación.
h) Programa de Supervisión durante los trabajos de aplicación de soldadura.
i) Procedimientos de Inspección Preventiva de Protección Catódica.
j) Programa de Supervisión durante los Trabajos de Aplicación de Recubrimientos.
k) Programa de Monitoreo del Movimiento de Tierras, de acuerdo con el APÉNDICE C de la NOM-009-ASEA-2017.
l) Programa de Supervisión durante la Adquisición de Materiales.
m) Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales.
n) Procedimiento de operación y mantenimiento y sus subprogramas correspondientes.

o) Programa de Comunicación con las Autoridades Federales, Estatales y Municipales para la protección de las distancias de seguridad.
p) Programa de Procedimientos de Inspección Preventiva de Protección Catódica, de acuerdo con el APÉNDICE II de la NOM-003-ASEA-2016.
q) Instalación y Mantenimiento de postes de señalización preventivos y restrictivos.
r) Programa de Atención a Emergencias.
s) Programa de Prevención de Accidentes.
t) Cumplir con el Capítulo 8 de la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
u) Procedimientos de seguridad con acciones de salvaguarda, aplicables al sistema, que comprenda controles de acceso a áreas de riesgo, políticas para el trabajo en líneas vacías y vivas, tácticas para la supresión y reparación de fugas, así como lineamientos generales para la prevención de accidentes.
v) Contar con equipo de seguridad y equipo de protección personal con base en una estimación del tipo de riesgo y vulnerabilidad del sistema.
w) Programa anual de capacitación de carácter teórico-práctico, dirigido al personal responsable de la operación y seguridad del sistema.
x) Programa de revisión mensual de extintores

5.8.3. Recomendaciones Técnico - Operativas

Para este tema, se indicarán las recomendaciones técnico – operativas identificadas como oportunidades de mejora para reducir el Nivel de Riesgo, derivado de los análisis realizados anteriormente, utilizando las tablas 37 y 38 de ejemplo que se describen en la *Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos*. Para poder utilizar las siguientes tablas, es necesario conocer los requerimientos del SASISOPA, a través de los 18 elementos que lo componen:

1. Política de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al medio ambiente.
2. Evaluación de la integridad física y operativa de las instalaciones.
3. Identificación de riesgos, análisis, evaluación, medidas de prevención, monitoreo, mitigación y valuación de incidentes.
4. Identificación e incorporación de las mejores prácticas y estándares.

5. Establecimiento de objetivos, metas e indicadores para evaluar el desempeño.
6. Asignación de funciones y responsabilidades para implementar, administrar y mejorar el propio Sistema de Administración.
7. Plan general de capacitación y entrenamiento.
8. El control de actividades y procesos;
9. Mecanismos de comunicación, difusión y consulta.
10. Mecanismos de control de documentos.
11. Disposiciones para los contratistas.
12. Lineamientos y procedimientos para la prevención de accidentes y atención de emergencias.
13. Procedimientos para el registro, investigación y análisis de incidentes y accidentes.
14. Mecanismos para el monitoreo, verificación y evaluación de la implementación y desempeño del propio Sistema de Administración.
15. Procedimientos para la ejecución de auditorías internas y externas.
16. Aspectos legales y normativos internos y externos.
17. Revisión de los resultados de la verificación.
18. Informe periódico del desempeño.

Tabla 103 Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos del Análisis HazOp

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
1	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para una poder comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias. En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.	A	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	A6	Más temperatura por Incendio o explosión por Incendio cerca de la EMR.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	B Indeseable
2	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para una poder comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias.	B	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	B13	Más temperatura por Incendio cerca del regulador de alta presión	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	B Indeseable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.						
3	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para una poder comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias. En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.	C	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	C20	Más temperatura por Incendio cerca del Válvula de Seguridad.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	B Indeseable
4	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para una poder comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias.	E	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	E34	Más temperatura por incendio cerca del regulador de alta presión	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	B Indeseable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.						
5	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	A	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	A2	Más flujo por fuga de gas en línea de distribución después de la Estación de Regulación.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	C Aceptable con Controles
6	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	A	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	A5	Menos presión por fractura de línea por golpe externo o corrosión en los materiales.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	C Aceptable con Controles
7	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	B	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	B8	Más flujo por mayor aportación de gas natural en el gasoducto.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	C Aceptable con Controles

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
8	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	C	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	C15	Más flujo por mayor aportación de gas natural en el gasoducto	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	C Aceptable con Controles
9	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	C	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	C16	Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	C Aceptable con Controles
10	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	D	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	D22	Mas flujo por mayor aportación de gas natural	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	C Aceptable con Controles
11	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para	D	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	D27	Más temperatura por Incendio cerca del EMR.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	C Aceptable con Controles

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	una poder comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias. En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.						
12	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	E	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	D29	Más flujo por mayor aportación de gas natural en el gasoducto.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	C Aceptable con Controles
13	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema. Además, se debe aplicar el Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir y evitar una falla a futuro del sistema de control.	A	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	A1	Más flujo por probable falla en los sistemas de control de flujo de alimentación del Gas de carga	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
14	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control.	A	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	A3	Menos flujo por bloqueo de válvula de corte de transición de combustible. Mal funcionamiento de los dispositivos que integran el sistema de control.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
15	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de estas válvulas.	A	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	A4	Más presión por problema de calibración en la válvula de desfogue transición de combustible.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
16	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe incluir esta situación para el Sistema pueda realizar los ajustes necesarios para	A	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	A7	Menos temperatura la cual una temperatura menor a la temperatura mínima de operación	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	evitar daños a la integridad del sistema.						
17	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	B	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	B9	Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
18	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control.	B	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	B10	Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seccionamiento	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
19	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de	B	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	B11	Más presión por Bloqueo de una de las válvulas seccionamiento	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	estas válvulas. Tambien cumplir con el Programa de Mantenimiento Preventivo, para evitar que este escenario se presente.						
20	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	B	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	B12	Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
21	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe incluir esta situación para el Sistema pueda realizar los ajustes necesarios para evitar daños a la integridad del sistema.	B	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	B14	Menos temperatura por falta de suministro de gas natural	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
22	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y	C	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	C17	Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seccionamiento	Dirección, Gerencia y personal de la	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control.					Operación y Mantenimiento	
23	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de estas válvulas. Tambien cumplir con el Programa de Mantenimiento Preventivo, para evitar que este escenario se presente.	C	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	C18	Más presión por bloqueo de una de las válvulas de transición hacia Estación de Regulación de la Industria	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
24	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	C	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	C19	Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
25	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe incluir esta situación para el Sistema pueda realizar los ajustes necesarios para evitar daños a la integridad del sistema.	C	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	C21	Menos temperatura por Falta de suministro de gas natural.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
26	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	D	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	D23	Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
27	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control. Además que se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación al personal operativo	D	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	D24	Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seguridad previa entrada a los equipos.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	para que siempre esté funcionando esta válvula, ya que es uno de los equipos más importantes del sistema.						
28	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de estas válvulas. Tambien cumplir con el Programa de Mantenimiento Preventivo, para evitar que este escenario se presente.	D	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	D25	Más presión por bloqueo de una de las válvulas de transición hacia los equipos	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
29	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	D	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	D26	Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
30	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe incluir esta situación para el Sistema pueda realizar los ajustes necesarios para evitar daños a la integridad del sistema.	D	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	D28	Menos temperatura por falta de suministro de gas natural	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
31	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	E	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	E30	Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
32	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control. Además que se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación al personal operativo	E	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	E31	Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seguridad previa entrada a los equipos.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	para que siempre esté funcionando esta válvula, ya que es uno de los equipos más importantes del sistema.						
33	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de estas válvulas. Tambien cumplir con el Programa de Mantenimiento Preventivo, para evitar que este escenario se presente.	E	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	E32	Menos presión por bloqueo de una de las válvulas de transición hacia los equipos	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable
34	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	E	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	E33	Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
35	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe incluir esta situación para el Sistema pueda realizar los ajustes necesarios para evitar daños a la integridad del sistema.	E	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	E35	Menos temperatura por falta de suministro de gas natural	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	D Aceptable

Tabla 104 Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos del Análisis ¿Qué pasa SI?

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
1	Durante la ejecución de la obra, mediante el Procedimiento de Adquisición de Materiales, supervisar de manera estricta que los materiales cumplan con las disposiciones normativas. Después del sismo realizar una inspección a las instalaciones y realizar el mantenimiento correctivo de ser necesario.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	1	Se presenta un sismo con una intensidad superior a 7.5 grados Richter.	Dirección, Gerencia y personal de la Construcción, Operación y Mantenimiento	C Aceptable con controles
2	Ejecutar el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales y de Vigilancia, para verificar la integridad del sistema. En su caso, aplica el Programa de mantenimiento correctivo.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	2	El Parque Industrial sufre un fenómeno de hundimiento.	Dirección, Gerencia y personal de la Construcción, Operación y Mantenimiento	C Aceptable con controles
3	Ejecutar el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales y de Vigilancia, para verificar la integridad del sistema. En	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	3	Hay una Helada extraordinaria en la Zona del Parque Industrial	Dirección, Gerencia y personal de	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	su caso, aplica el Programa de mantenimiento correctivo.					Operación y Mantenimiento	
4	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo al sistema de tierras, para evitar daños por tormentas eléctricas. En caso de daño, se debe cumplir con el programa de revisión mensual de los extintores.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	4	Se presentan tormentas eléctricas en la zona donde está la Estación de Medición y Regulación principal.	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	D Aceptable
5	Ejecutar el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales y de Vigilancia, para verificar la integridad del sistema. En su caso, aplica el Programa de mantenimiento correctivo.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	5	Se presenta una lluvia atípica que genera una inundación dentro del Parque Industrial	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	C Aceptable con controles
6	Programa de vigilancia de la franja de afectación, que incluya comunicaciones con las Autoridades de todos los niveles y con programas de concientización del riesgo a la población en general. Mantenimiento a los postes de señalización	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	6	Si antes de la ejecución de la Fase 3 (la que actualmente está más alejada del Parque Industrial), se instalan asentamientos humanos	Dirección, Gerencia y personal de la Construcción, Operación y Mantenimiento	D Aceptable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
					irregulares sobre el Derecho de Vía.		
7	Programa de vigilancia de la franja de afectación, que incluya comunicaciones con las Autoridades de todos los niveles. El Programa de Atención a Emergencias, debe incluir este escenario.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	7	Si existe vandalismo o terrorismo en la EMR del proyecto	Dirección, Gerencia y personal de la Construcción, Operación y Mantenimiento	D Aceptable
8	Programa de vigilancia de la franja de afectación, que incluya comunicaciones con las Autoridades de todos los niveles. El Programa de Atención a Emergencias, debe incluir este escenario.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	8	Si en alguno de los ductos fuera del actual Parque Industrial, es víctima de Tomas Clandestinas	Dirección, Gerencia y personal de, Operación y Mantenimiento	D Aceptable
9	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo a la planta de respaldo. El Programa de Atención a Emergencias, debe incluir este escenario.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	9	Si ocurre una interrupción de servicio de energía eléctrica que suministra a la EMR.	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	D Aceptable

Tabla 105 Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos del Análisis Cuantitativo de Riesgo

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
1	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	DGN-010	Fuga de gas natural en la Estación de Medición y Regulación (EMR), por falla durante las labores de mantenimiento de la válvula de seguridad de 6" de diámetro cuando el proyecto se encuentra en su Fase 3.	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	B Indeseable
2	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	DGN-020	Fuga de Gas Natural en la red de alta presión de la Fase 1 del proyecto,	Dirección, Gerencia y personal de	B Indeseable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.				por daño en la válvula PE de 8" de diámetro (VS-N-13), debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.	Operación y Mantenimiento	
3	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	DGN-030	Fuga de Gas Natural en la Estación de Medición y Regulación de TRANSCANADA, por la apertura indebida de la válvula del Filtro Coalescedor de 4" de diámetro al entrar en la	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	B Indeseable

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.				Estación de Medición y Regulación.		
4	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	DGN-040	Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 8 pulg. de diámetro de la Fase 2 (Tramo Estacada 01: Entre el Km. 0+500 y Km. 0+600) en un 20% de la tubería equivalente a 1.6 pulg. (40 mm), a causa de algún golpe ocasionado por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	C Aceptable con controles

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
	Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.				en las de vialidades del Parque Industrial.		
5	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	DGN-050	Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 6 pulg. de diámetro en los ductos de Transcanada pasando la válvula VS-05, generando un fuga por un orificio equivalente al 20% de la tubería equivalente a 1.2 Pulg (30.5 mm), a causa de algún golpe ocasionado por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	C Aceptable con controles

No.	Recomendación	Identificación del nodo, sistema, o km	Elementos del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
6	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	N.A.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,12	DGN-060	Fuga de gas natural en la red de baja presión de polietileno por un orificio equivalente al 20% de tubería de 4 pulg de diámetro equivalente a 0.8 pulg (20 mm), en la entrada de alguna de las Estación de Medición y-Regulación de las industrias usuarias.	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	C Aceptable con controles

Tabla 106 Programa para la implementación de las recomendaciones del Análisis HazOp

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Más temperatura por Incendio o explosión por Incendio cerca de la EMR.	A6	B Indeseable	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para una poder comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias. En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación mensual conforme al programa de mantenimiento de extintores.
Más temperatura por Incendio cerca del regulador de alta presión	B13	B Indeseable	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para una poder comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias. En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación mensual conforme al programa de mantenimiento de extintores.
Más temperatura por Incendio cerca del Válvula de Seguridad.	C20	B Indeseable	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para una poder	Dirección, Gerencia y personal de la	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
			comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias. En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.	Operación y Mantenimiento	Aplicación mensual conforme al programa de mantenimiento de extintores.
Más temperatura por incendio cerca del regulador de alta presión	E34	B Indeseable	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para una poder comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias. En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación mensual conforme al programa de mantenimiento de extintores.
Más flujo por fuga de gas en línea de distribución después de la Estación de Regulación.	A2	C Aceptable con Controles	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Menos presión por fractura de línea por golpe externo o corrosión en los materiales.	A5	C Aceptable con Controles	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Más flujo por mayor aportación de gas natural en el gasoducto.	B8	C Aceptable con Controles	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Más flujo por mayor aportación de gas natural en el gasoducto	C15	C Aceptable con Controles	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	C16	C Aceptable con Controles	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Mas flujo por mayor aportación de gas natural	D22	C Aceptable con Controles	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Más temperatura por Incendio cerca del EMR.	D27	C Aceptable con Controles	Cumplir con el Programa de Patrullaje del Sistema y Mantenimiento de los Extintores en cada EMR. Mantener en buen estado los sistemas de comunicación, para una poder	Dirección, Gerencia y personal de la	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
			comunicarse rápidamente y realizar las medidas de mitigación necesarias. En caso de incendio dentro del EMR o cercano a esté, ejecutar Programa de Atención a Emergencias.	Operación y Mantenimiento	Aplicación mensual conforme al programa de mantenimiento de extintores.
Más flujo por mayor aportación de gas natural en el gasoducto.	D29	C Aceptable con Controles	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación mensual conforme al programa de mantenimiento de extintores.
Más flujo por probable falla en los sistemas de control de flujo de alimentación del Gas de carga	A1	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema. Además, se debe aplicar el Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir y evitar una falla a futuro del sistema de control.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación del programa conforme al programa de mantenimiento preventivo y correctivo.

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Menos flujo por bloqueo de válvula de corte de transición de combustible. Mal funcionamiento de los dispositivos que integran el sistema de control.	A3	D Aceptable	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación del programa conforme al programa de mantenimiento preventivo y correctivo.
Más presión por problema de calibración en la válvula de desfogue transición de combustible.	A4	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de estas válvulas.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa, aplicación anual respecto al cronograma aprobado
Menos temperatura la cual una temperatura menor a la temperatura mínima de operación	A7	D Aceptable	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe incluir esta situación para el Sistema pueda realizar los ajustes necesarios para evitar daños a la integridad del sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	B9	D Aceptable	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seccionamiento	B10	D Aceptable	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa, aplicación anual respecto al cronograma aprobado y al Programa de Mantenimiento Correctivo y Preventivo.
Más presión por Bloqueo de una de las válvulas seccionamiento	B11	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de estas válvulas. Tambien	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa, aplicación anual respecto al

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
			cumplir con el Programa de Mantenimiento Preventivo, para evitar que este escenario se presente.		cronograma aprobado y al Programa de Mantenimiento Correctivo y Preventivo.
Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	B12	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Menos temperatura por falta de suministro de gas natural	B14	D Aceptable	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe incluir esta situación para el Sistema pueda realizar los ajustes necesarios para evitar daños a la integridad del sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seccionamiento	C17	D Aceptable	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa, aplicación anual respecto al cronograma aprobado

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
					y al Programa de Mantenimiento Correctivo y Preventivo.
Más presión por bloqueo de una de las válvulas de transición hacia Estación de Regulación de la Industria	C18	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de estas válvulas. Tambien cumplir con el Programa de Mantenimiento Preventivo, para evitar que este escenario se presente.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa, aplicación anual respecto al cronograma aprobado y al Programa de Mantenimiento Correctivo y Preventivo.
Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	C19	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Menos temperatura por Falta de suministro de gas natural.	C21	D Aceptable	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe	Dirección, Gerencia y personal de la	Permanente de aplicación continua

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
			incluir esta situación para el Sistema pueda realizar los ajustes necesarios para evitar daños a la integridad del sistema.	Operación y Mantenimiento	durante toda la vida útil de proyecto.
Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	D23	D Aceptable	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa, de Mantenimiento Correctivo y Preventivo, ejecutarlo conforme a cronograma anual.
Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seguridad previa entrada a los equipos.	D24	D Aceptable	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control. Además que se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación al personal operativo para que siempre esté funcionando esta válvula, ya que es uno de los equipos más importantes del sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa, aplicación anual respecto al cronograma aprobado y al Programa de Mantenimiento

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
					Correctivo y Preventivo.
Más presión por bloqueo de una de las válvulas de transición hacia los equipos	D25	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de estas válvulas. Tambien cumplir con el Programa de Mantenimiento Preventivo, para evitar que este escenario se presente.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa, aplicación anual respecto al cronograma aprobado y al Programa de Manteamiento Correctivo y Preventivo.
Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	D26	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Menos temperatura por falta de suministro de gas natural	D28	D Aceptable	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe incluir esta situación para el Sistema pueda	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
			realizar los ajustes necesarios para evitar daños a la integridad del sistema.		
Menos flujo por fractura de línea por golpe externo o por corrosión de materiales.	E30	D Aceptable	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Menos flujo por bloqueo de una de las válvulas de seguridad previa entrada a los equipos.	E31	D Aceptable	Ejecutar Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de Operación Anormales y Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, para corregir e evitar que vuelva a falla la válvula y el sistema de control. Además que se debe aplicar el Programa Anual de Capacitación al personal operativo para que siempre esté funcionando esta válvula, ya que es uno de los equipos más importantes del sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa, aplicación anual respecto al cronograma aprobado y al Programa de Mantenimiento Correctivo y Preventivo.
Menos presión por bloqueo de una de las válvulas de transición hacia los equipos	E32	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales, que incluya este escenario para evitar daños al sistema. Para evitar este problema a futuro, se debe aplicar el Programa Anual de	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Respecto al Programa,

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
			Capacitación que incluya las actividades de mantenimiento de estas válvulas. Tambien cumplir con el Programa de Mantenimiento Preventivo, para evitar que este escenario se presente.		aplicación anual respecto al cronograma aprobado y al Programa de Mantenimiento Correctivo y Preventivo.
Menos presión por fuga por golpe externo y/o corrosión de materiales	E33	D Aceptable	Ejecutar el programa de monitoreo y control de parámetros de operación anormales para las Estaciones de Medición y Regulación, que incluyan este escenario para evitar daños al sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Menos temperatura por falta de suministro de gas natural	E35	D Aceptable	El Programa de Operación y Control y el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales, debe incluir esta situación para el Sistema pueda realizar los ajustes necesarios para evitar daños a la integridad del sistema.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.

Tabla 107 Programa para la implementación de las recomendaciones del Análisis ¿Qué pasa SI?

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Se presenta un sismo con una intensidad superior a 7.5 grados Richter.	1	C Aceptable con controles	Durante la ejecución de la obra, mediante el Procedimiento de Adquisición de Materiales, supervisar de manera estricta que los materiales cumplan con las disposiciones normativas. Después del sismo realizar una inspección a las instalaciones y realizar el mantenimiento correctivo de ser necesario.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Para el programa de adquirió de materiales, este iniciaría al inicio de la construcción y concluirá al inicio de operaciones. Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
El Parque Industrial sufre un fenómeno de hundimiento.	2	C Aceptable con controles	Ejecutar el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales y de Vigilancia, para verificar la integridad del sistema. En su caso, aplica el Programa de mantenimiento correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Hay una Helada extraordinaria en la Zona del Parque Industrial	3	D Aceptable	Ejecutar el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales y de Vigilancia, para verificar la integridad del sistema. En su caso, aplica el Programa de mantenimiento correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación conforme

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
					al cronograma del programa de mantenimiento.
Se presentan tormentas eléctricas en la zona donde está la Estación de Medición y Regulación principal.	4	D Aceptable	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo al sistema de tierras, para evitar daños por tormentas eléctricas. En caso de daño, se debe cumplir con el programa de revisión mensual de los extintores.	Dirección, Gerencia y personal de la Construcción, Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación mensual conforme al programa de mantenimiento.
Se presenta una lluvia atípica que genera una inundación dentro del Parque Industrial	5	C Aceptable con controles	Ejecutar el Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales y de Vigilancia, para verificar la integridad del sistema. En su caso, aplica el Programa de mantenimiento correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Construcción, Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Si antes de la ejecución de la Fase 3 (la que actualmente está más alejada del Parque Industrial), se instalan asentamientos humanos	6	D Aceptable	Programa de vigilancia de la franja de afectación, que incluya comunicaciones con las Autoridades de todos los niveles y con programas de concientización del riesgo a la población en general. Mantenimiento a los postes de señalización	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
irregulares sobre el Derecho de Vía.					
Si existe vandalismo o terrorismo en la EMR del proyecto	7	D Aceptable	Programa de vigilancia de la franja de afectación, que incluya comunicaciones con las Autoridades de todos los niveles. El Programa de Atención a Emergencias, debe incluir este escenario.	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Si en alguno de los ductos fuera del actual Parque Industrial, es víctima de Tomas Clandestinas	8	D Aceptable	Programa de vigilancia de la franja de afectación, que incluya comunicaciones con las Autoridades de todos los niveles. El Programa de Atención a Emergencias, debe incluir este escenario.	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.
Si ocurre una interrupción de servicio de energía eléctrica que suministra a la EMR.	9	D Aceptable	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo a la planta de respaldo. El Programa de Atención a Emergencias, debe incluir este escenario.	Dirección, Gerencia y personal de la Construcción, Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto.

Tabla 108 Programa para la implementación de las recomendaciones del Análisis Análisis Cuantitativo de Riesgo

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Fuga de gas natural en la Estación de Medición y Regulación (EMR), por falla durante las labores de mantenimiento de la válvula de seguridad de 6" de diámetro cuando el proyecto se encuentra en su Fase 3.	DGN-010	B Indeseable	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación conforme al programa de mantenimiento preventivo y correctivo y aplicación mensual conforme al programa mensual de mantenimiento de los extintores.
Fuga de Gas Natural en la red de alta presión de la Fase 1 del proyecto, por daño en la válvula PE de 8" de diámetro (VS-N-13), debido a un golpe con maquinaria pesada por obras dentro del Parque Industrial.	DGN-020	B Indeseable	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación conforme al programa de mantenimiento

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
			suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.		preventivo y correctivo y aplicación mensual conforme al programa mensual de mantenimiento de los extintores.
Fuga de Gas Natural en la Estación de Medición y Regulación de TRANSCANADA, por la apertura indebida de la válvula del Filtro Coalescedor de 4" de diámetro al entrar en la Estación de Medición y Regulación.	DGN-030	B Indeseable	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación conforme al programa de mantenimiento preventivo y correctivo y aplicación mensual conforme al programa mensual de mantenimiento de los extintores.

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 8 pulg. de diámetro de la Fase 2 (Tramo Estacada 01: Entre el Km. 0+500 y Km. 0+600) en un 20% de la tubería equivalente a 1.6 pulg. (40 mm), a causa de algún golpe ocasionado por golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.	DGN-040	C Aceptable con controles	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de la Construcción, Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación conforme al programa de mantenimiento preventivo y correctivo y aplicación mensual conforme al programa mensual de mantenimiento de los extintores.
Fuga de gas natural por la ruptura parcial del ducto de 6 pulg. de diámetro en los ductos de Transcanada pasando la válvula VS-05, generando un fuga por un orificio equivalente al 20% de la tubería equivalente a 1.2 Pulg (30.5 mm), a causa de algún golpe ocasionado por	DGN-050	C Aceptable con controles	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en	Dirección, Gerencia y personal de la Construcción, Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación conforme al programa de mantenimiento preventivo y correctivo y

Escenario de Riesgo	Recomendaciones a implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de Riesgo	Recomendación	Responsable	
golpes con maquinaria o equipo, debido a obras en las de vialidades del Parque Industrial.			buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.		aplicación mensual conforme al programa mensual de mantenimiento de los extintores.
Fuga de gas natural en la red de baja presión de polietileno por un orificio equivalente al 20% de tubería de 4 pulg de diámetro equivalente a 0.8 pulg (20 mm), en la entrada de alguna de las Estación de Medición y-Regulación de las industrias usuarias.	DGN-060	C Aceptable con controles	Contar con equipo de seguridad y equipo de protección al personal. En cuanto los equipos y procedimientos del Programa de Monitoreo y Control de Parámetros de operación anormales detecten la caída de presión, ejecutar el Plan de Atención de Emergencias que incluya el corte del suministro de gas natural. Mantener en buen estado los extintores de acuerdo al Programa Mensual de Mantenimiento. Mantener actualizado y ejecutar el Programa de Inspección y Mantenimiento Preventivo y Correctivo.	Dirección, Gerencia y personal de Operación y Mantenimiento	Permanente de aplicación continua durante toda la vida útil de proyecto. Aplicación conforme al programa de mantenimiento preventivo y correctivo y aplicación mensual conforme al programa mensual de mantenimiento de los extintores.

5.9. Conclusiones

Con base en el estudio realizado a los sistemas, procesos y actividades del proyecto, nos llevó a la realización del Análisis de Riesgo, que nos indicó que, por las medidas de mitigación del proyecto y la naturaleza del riesgo, estos quedan en una región de riesgo aceptable con controles, lo cual indica que todavía hay oportunidades para mejorar. Para la identificación de riesgos se utilizaron las metodologías del análisis HazOp, ¿Qué pasa SI? y un Análisis Cuantitativo de Riesgos, para poder determinar todas las consecuencias, causas, protecciones y recomendaciones que estén asociadas a una desviación en particular.

Del análisis de riesgos cualitativo y cuantitativo se emitieron recomendaciones en donde se debe tomar en cuenta que:

1. Las recomendaciones emitidas en el análisis de riesgo están fundamentadas en la normatividad actual, prácticas recomendadas de seguridad, políticas de seguridad y protección al ambiente y en las buenas prácticas de ingeniería.
2. Las recomendaciones están enfocadas a la disminución de riesgos durante la operación de los equipos.

El análisis de riesgos del sector hidrocarburos se complementa con la jerarquización de riesgos la cual se llevó a cabo con la aplicación de los criterios de probabilidad, daños y exposición y se compararon con los niveles de aceptabilidad y tolerabilidad de la compañía Con base en lo anterior, se determinó el nivel de riesgo de cada uno de los escenarios evaluados.

En resumen, considerando los análisis cualitativos y cuantitativos de riesgo se obtienen los siguientes resultados de riesgo, sin considerar los resultados obtenidos del Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo (Grado Residual), debido a que esos resultados consideran medidas de seguridad del proyecto:

Tabla 109 Resumen Grado de Riesgos identificados

GRADO DE RIESGO			
RANGO	RIESGO	NO. DE ESCENARIOS DE RIESGO IDENTIFICADOS	%
D	Aceptable	29	58.00
C	Aceptable con controles	14	28.00
B	Indeseable	7	14.00
A	Inaceptable	0	0.00
TTOTA-TOTAL		50	100.00

De acuerdo con la jerarquización efectuada, TODOS los escenarios se ubican escenarios en niveles de riesgo aceptable y/o riesgo posible. Ambos dentro de la región de riesgo tolerable definido por la compañía.

De los resultados 50 escenarios de riesgos identificados, se observa que la mayoría de los escenarios de riesgos se encuentra en el grado de riesgo clasificado como de **Grado D (Aceptable)** con un total de 29 escenarios que representa el 58.0% del total de los escenarios. Los siguientes escenarios son lo de **Grado C (Aceptable con controles)** con 8 escenarios representando el 28.0% de los escenarios y los restantes 7 son los escenarios de **Grado B (Indeseable)** representando el 14.0% de los escenarios.

Podemos concluir que 43 escenarios identificados representando el 86.0% de los escenarios, presentando un grado de riesgo **Aceptable** encontrándose con un Nivel de Riesgo **Tolerable**. Considerando solo los eventos con un **Grado C (Aceptable con controles)** y **Grado B (Indeseable)** representando 21 escenarios siendo el 42.0% del total de los escenarios, se tienen las siguientes observaciones:

- Los 11 escenarios son los que representan los riesgos mayores en la red de gas natural del proyecto, que están relacionados con eventos de fuga con posterior incendio o explosión, sobre todo si se generan cerca de alguna de las Estaciones de Medición y Regulación.

- Dos de los escenarios identificados como de grado B (Indeseable) son los eventos de incendio en alguna de las dos Estaciones de Regulación y Medición con clave DGN-01 y DGN-03, debido a que, por las condiciones de operación y condiciones ambientales, facilita que con el paso del tiempo y aunado a la falta o deficiencias en el mantenimiento preventivo y correctivo, compromete la integridad física de las instalaciones se deteriore llegando a provocar posibles fugas por la ruptura total del ducto y que en caso de encontrar algún punto de ignición, genera un incendio que dañar a la totalidad del EMR.
- El último escenario con grado B (Indeseable), es el que tiene clave DGN-02, que está relacionado con la ruptura total del ducto por trabajos con maquinaria pesada al interior del Parque Industrial. Esto es un evento probable, debido a que no es posible controlar todas las actividades que sea realizan en el Parque Industrial, lo que provoca que exista personal contratado por otras empresas, sin la capacitación adecuada y que provoca que ocupen de mala manera este tipo de vehículos o no toman medidas de seguridad para evitar daños a los ductos o industrias vecinas.
- Los 4 escenarios restantes con Grado B (Indeseable) son los obtenidos en el Análisis HazOp con clave A6, B13, C20 y E34, que son los relacionados con incendios cercanos a alguno equipo importante del sistema de distribución de gas natural, como pueden ser la Estación de Medición y Regulación, Regulador de Alta Presión o Válvula de Seguridad.
- De acuerdo al Análisis ¿Qué pasa SI?, obtuvieron 3 de los escenarios clasificados como de Grado C (Aceptable con controles), de los cuales dos están relacionados con Fenómenos Perturbadores Geológicos (Sismo y Hundimiento) y el restantes con un Fenómeno Perturbador Hidrometereológico (Inundación), para los cuales el Parque Industrial cuenta con medidas de prevención y mitigación, como lo es la Instalación Pluvial.
- Se identificaron 4 escenarios clasificados con Grado D(Aceptable) relacionados con Fenómenos Perturbadores Socio-Organizativos de tipo invasión de derecho de vía, vandalismo o terrorismo, tomas clandestinas e interrupción de servicios (energía eléctrica), los cuales tienen un nivel alto de consecuencia, pero por un poco probabilidad de ocurrencia, por lo que se les clasifico con este Grado de Riesgo.

En todos los eventos, lo elementos que más contribuyen a la generación de las fallas, son aquellos que del mantenimiento de equipos, error en la selección de materiales y control de calidad, así como, falla en actuadores y sensores por lo que se hace necesario reforzar los mecanismos de Disciplina Operativa (Disponibilidad, Calidad, Comunicación y Cumplimiento) en los procedimientos de operación, inspección, supervisión de los trabajos de mantenimiento, así como, el seguimiento de los programas de mantenimiento.

Del análisis de riesgo realizado, se determinó lo siguiente:

a) Que el diseño de las instalaciones se realizó conforme a las normas oficiales mexicanas y estándares establecidos para instalaciones de transporte de gas natural vigentes al momento de su construcción.
b) Que una vez llevado a cabo la Identificación preliminar de peligros a través de la metodología HAZID, la Evaluación de Riesgos, la jerarquización de Análisis de Riesgos, del análisis detallado de frecuencias y consecuencias, de la interacción de Riesgos (Vulnerabilidad), podemos observar que el Riesgo resultante de la aplicación sistemática del proceso de análisis, se encuentra dentro del rango TOLERABLE - ACEPTABLE
c) Si bien el proyecto se encuentra en un Parque Industrial, donde podría haber un Efecto Domino (Concatenación de Eventos), por la cercanía con industrias con almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, existe un bajo riesgo de que se presente este Efecto Domino, debido a que, de acuerdo al resultado de las simulaciones realizadas, considerando el alcance de los radios de afectación, estos no llegarían a afectar al interior de las industrias, debido a que estas hasta el momento han respetado las distancias de seguridad entre ellas y los ductos actualmente existentes. Además, los efectos negativos sobre el sistema ambiental que se pudieran generar en un evento no deseado no rebasan más allá del área del Parque Industrial.
d) Debido a cuestiones de seguridad y secretos comerciales, NO fue posible entrar a alguna de las industrias usuarias, por lo que no conocemos la ubicación exacta ni la cantidad de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas en todas las industrias, por lo que se utilizó la información disponible del Atlas Nacional de Riesgos y lo que se puedo identificar durante la visita de campo.

e) Para complementar el control de riesgo en la fuente, a través de la aplicación de las bases y criterios y normativa contemplados para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y abandono del Sistema, el promovente implementará todas las medidas técnico-operativas identificada por este Análisis de Riesgo.
f) Debe tenerse en cuenta que cualquier proyecto industrial tiene un riesgo potencial de accidentes, sobre todo considerando las características del Gas Natural que al estar en estado gaseoso al momento de una fuga, este representa un mayor riesgo para el ambiente, en comparación con una sustancia líquida que es más peligrosas para las personas. Es necesario enfatizar las medidas de seguridad y supervisión para la instalación, operación, mantenimiento del Gasoducto y la capacitación apropiada del personal.
g) En este sentido, debe recordarse que, en todos los casos de simulación, se tomaron las peores condiciones posibles, es decir la simulación se realizó considerando las Presiones de operación y el volumen máximo de diseño.
h) Las simulaciones de ALOHA se realizaron sin considerar la presencia de válvulas de seccionamiento, válvulas de corte o válvulas de alivio presentes en el sistema de distribución. Se considera así, para obtener el mayor radio de afectación en caso de que alguno de estos sistemas falle durante la emergencia.

Las actividades principales desarrolladas en el área del proyecto son las industriales y dado que el proyecto está encaminado al abastecimiento de estas industrias se considera que es un apoyo para el desarrollo de la zona y fortalecimiento de esas actividades.

El riesgo existente en la distribución de gas natural es evidente, mismo que es controlable y de ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en la operación de los Gasoductos. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda presentar.

La verificación de la integridad mecánica, pruebas de hermeticidad y de operación de los gasoductos, se realizará antes de entrar en operación y posteriormente con apego a la normativa, lo que asegura y reduce los riesgos por fallas en los componentes e instrumentación del proyecto.

Considerando todo lo anterior, se concluye que el diseño del proyecto, incluyendo su fase que actualmente está operando junto con las futuras fases de expansión, cuenta con los elementos necesarios para su pertinente desarrollo en el Parque Industrial, considerando que se apliquen todas las medidas de diseño, seguridad, programas de operación y mantenimiento y las recomendaciones emitidas en este Estudio Riesgos y que se incluyen el apartado de anexos del presente Estudio.

Es necesario que una vez puesta en operación el proyecto se estructure el Programa para Prevención de Accidentes (PPA) conforme a los escenarios de riesgo resultantes y en su caso, la actualización del presente Estudio de Riesgo Ambiental.

6. Análisis de Capas de Protección (LOPA)

De acuerdo a la G*uía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos*, para el desarrollo del Análisis de Capas de Protección (LOPA) para dar cumplimiento a la Regulación aplicable, se utilizará el *Anexo 6* de la Guía para documentar dicho Análisis.

Ver **Anexo 6**.- Reporte para el Análisis de Capas de Protección (LOPA)

Índice de Anexos

Tabla 110 Índice de Anexos

NO.	DESCRIPCIÓN
1	Flujograma de Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos
2	Datos de especificación de Escenarios de Riesgo
3	Datos de especificación de Escenarios de Riesgo por derrame de Hidrocarburos **(NO APLICA)**
4	Representación en planos de los radios potenciales de afectación
5	Reporte de Informe Técnico
6	Reporte para el Análisis de Capas de Protección (LOPA)
7	Resultados del simulador ALOHA
8	Memorias del proyecto
9	Planos del Proyecto

7 Bibliografía

PROFEPA (2019). Emergencias químicas en México. Disponible en: https://www.gob.mx/profepa/es/articulos/emergencias-quimicas-en-mexico?idiom=es

Alcántara Martha y González Tomás (2001). Modelación de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas. CENAPRED. ISBN: 974-628-603-9.

Dirección General de Protección Civil y Emergencias de España. Análisis preliminar de riesgos. http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_213.htm#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20Preliminar%20de%20Riesgos,sea%20del%20tipo%20de%20implantaci%C3%B3n.

Universidad Politécnica de Catalunya. Método de William T. Fine. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18520/ANEXO%20I.William%20T.Fine.PDF?sequence=3&isAllowed=y

Centro Nacional de Prevención de Desastres (2020). Atlas Nacional de Riesgos. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/fenomenos/

Centro Nacional de Prevención de Desastres (2020). Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/36-DIAGNSTICODEPELIGROSEIDENTIFICACINDERIESGOSDEDESASTRESENMXICO.PDF

Dirección General de Protección Civil y Emergencias de España. Análisis funcional de operatividad (HAZOP). http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_215.htm

Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (2003). HAZOP como metodología de análisis de riesgos. http://biblioteca.iapg.org.ar/ArchivosAdjuntos/Petrotecnia/2003-2/Hazop.pdf

Health and Safety Executive (2019). Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments (02/02/19)

PROFEPA (2016). CURSO-TALLER EN MATERIA DE RIESGO Y EMERGENCIAS AMBIENTALES.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171818/3_5_I_C_RSG_Nov2016.pdf

Centro Nacional de Prevención de Desastres (2021). Atlas Nacional de Riesgos. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/fenomenos/