

Estudio de Riesgo
Ambiental del proyecto
**“Construcción de la
Infraestructura para la
Perforación de la
Localización Exploratoria
Rayuela-1”.**

ÍNDICE

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS	2
I.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
I.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	7
I.3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	28
I.4. ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	58
I.5 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO.....	70
I.6. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.....	71
I.7 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.	82
I.8. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL	87
I.9. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGOS.....	93
I.10 CONCLUSIONES.....	94

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LOS PROYECTOS.

I.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela – 1, además de todos los trabajos complementarios como la construcción de la pera (macropera o plataforma de perforación), de la presa de quema y realización de obras adicionales (cunetas, trampas de aceite, guardaganado, cerca perimetral, portón de acceso, contrapozo, cárcamo), que garanticen el óptimo funcionamiento del pozo desde su localización, con la finalidad de obtener producción de 1867 barriles por día (bpd) de aceite y 1 millón de pie cúbico diario (mmpcd) de gas, en areniscas de edad Mioceno Superior, depositados en facies de cuenca (Ambiente Batial), ubicado en un sistema de canales y abanicos, con una profundidad programada de 2100 metros verticales bajo el nivel del mar.

Las actividades por desarrollarse para la perforación, terminación y operación del pozo se efectuarán con métodos de trabajo y tecnologías que reduzcan los impactos negativos al ambiente. En este contexto, la tecnología de perforación a utilizarse será la del método direccional, la cual permite la explotación para buscar horizontes productores adicionales al campo petrolero.

Así mismo, la explotación del hidrocarburo que se encuentre en el yacimiento será a través de la construcción de líneas de descarga en caso de que el pozo resulte productor, con la finalidad de transportar el hidrocarburo que será extraído hacia la batería de separación más cercana.

El alcance del proyecto de **"Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1"** se presenta en la **Tabla I.1**

Tabla I.1. Alcance del proyecto de perforación

Nombre del pozo	Tipo de perforación	Profundidad programada (mvbnm)
Pozo Exploratorio Rayuela – 1	Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.	

Fuente: Bases de usuario

*metros verticales bajo el nivel del mar

I.1.1. Ubicación del proyecto

El área donde se ubica el proyecto “**Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1**”, pertenece al Activo de Producción Cinco Presidentes de PEMEX Exploración y Producción, y se encuentra en el municipio de Minatitlán, Veracruz de Ignacio de la Llave, localizado a 34 km al Sureste de la cabecera municipal, dicho municipio colinda al Norte con la ciudad y puerto de Coatzacoalcos y el Municipio de Cosoleacaque, al Noreste con Ixhuatlán del Sureste, al Este con Moloacán y Las Choapas, al Sur con el Valle del Uxpanapa, y al Suroeste Hidalgotitlán y Jáltipan.

En la **Figura I.1** se muestra la localización y en la **Tabla I.2** se indican las coordenadas en el sistema U.T.M. (Universal Transversal de Mercator) y Geográficas correspondientes a la localización del Pozo Exploratorio a perforar.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura I.1. Ubicación física para la “**Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1**”.

Tabla I.2 Coordenadas geográficas de la instalación

Instalación*	Coordenadas UTM**		Coordenadas geográficas**	
	X	Y	Longitud Oeste	Latitud Norte
Pozo Exploratorio Rayuela – 1	Coordenadas de ubicación de la instalación del proyecto. (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP 113 fracción I de la LGTAIP.			

Fuente: Plano de trazo y perfil corroboradas en la visita de campo con GPS.

*El proyecto se ubica dentro de la Zona 15, en el hemisferio norte.

**Coordenadas manejadas en WGS84.

El sitio del proyecto se encuentra a una elevación de 21 msnm (metros sobre el nivel del mar), de acuerdo a la Base de usuario para la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela – 1.

I.1.2. Principales vías de acceso

Para llegar al sitio donde se perforará el Pozo Exploratorio Rayuela - 1, se considera como punto de partida el Activo de Producción Cinco Presidentes ubicado en el municipio de Agua Dulce, Veracruz de Ignacio de la Llave por la carretera Ramal a Agua Dulce, de ésta se recorren 9.6 km, después se incorpora a la carretera Federal No.180 Coatzacoalcos – Villahermosa, se recorren 1.3 km, se gira en dirección al Sur por la carretera Las Choapas hasta llegar a dicho municipio, posteriormente se gira al Suroeste por una carretera de terracería se recorren 19 km hasta llegar a la orilla del río Uxpanapa, por medio de un chalan se cruza dicho río, después se gira en dirección Oeste se recorren 5.3 km hasta llegar al punto de inicio km 0+000 del camino de acceso que comunica al pozo antes mencionado.

I.1.3. Bases de diseño

El objetivo de la perforación es construir un pozo útil: Un conducto desde el yacimiento hasta la superficie, que permita su explotación racional en forma segura y al menor costo posible, en este caso el Pozo Exploratorio Rayuela – 1.

La localización del pozo fue proyectada en coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) X= 368,117,197, Y= 1'967,403,136 en la columna geológica a explorar de areniscas de edad Mioceno Superior, depositados en facies de cuenca (Ambiente Batial) ubicado en un sistema de canales y abanicos, esperando obtener producción de 1867 barriles por día (bpd) de aceite y 1 millón de pies cúbicos diarios (mmpcd) de gas, con una profundidad programada de

perforación de 2100 metros verticales bajo el nivel del mar de acuerdo a los estudios sísmicos y los datos geológicos obtenidos.

La perforación se realizará con tubería de explotación de 7", adicionando tubería de acero para formar un conducto revestido desde la profundidad hasta la superficie, en etapa superficial se usará tubería roscable de 13 3/8" y en la etapa intermedia se usará tubería roscable de 9 5/8". Las tuberías fueron seleccionadas de acuerdo con los requerimientos de producción del Pozo Exploratorio Rayuela – 1.

Durante la perforación se realizará la toma de información de los registros continuos de perforación que incluyen: velocidad de perforación, peso sobre barrena, velocidad de rotaria (R.P.M.), temperatura de entrada y salida de lodo, densidad de entrada y salida del lodo, detección de H₂S y CO₂, presión de bombeo, litología, emboladas de la bomba. También se realizará la toma de registros geofísicos que incluyen: registro de desviación y calibre del agujero, y registro de cementación; los intervalos o profundidades en los que se correrán los registros se determinarán en tiempo real.

Para la terminación del Pozo Exploratorio Rayuela – 1 se utilizarán fluidos limpios libres de sólidos para evitar daño a la formación durante las operaciones de disparo y pruebas de admisión, además de que al no tener sólidos en suspensión facilitan la introducción del empacador, el aparejo de producción, herramientas calibradoras y de disparos.

Los criterios de diseño de la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela - 1, PEMEX Exploración y Producción se apegó a las Normas de Referencia, certificaciones, especificaciones, códigos de construcción, seguridad industrial y protección ambiental emitidas por organismos nacionales e internacionales de reconocido prestigio en la industria. En el diseño del proyecto se consideraron características del sitio, como son: clima, temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, precipitación, efectos meteorológicos, fenómenos naturales; que pudieran influir en los trabajos a realizarse.

En la **Tabla I.3** se listan las normas y especificaciones bajo las cuales se desarrollará la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela – 1.

Tabla I.3. Normas utilizadas y bajo las cuales se desarrollará el proyecto.

Petróleos Mexicanos	
Norma	Descripción
PEMEX-EST-0027/02-2017	Pernos, espárragos, birlos y tuercas de acero de aleación y acero inoxidable para uniones en servicios a presión y alta o baja temperatura
PEMEX-EST-0152/02-2016	Actuadores para válvulas
PEMEX-EST-0204/02-2016	Válvulas de corte de emergencia y Válvulas de bloqueo de emergencia (válvulas de aislamiento de activación remota)
PEMEX-EST-EE-095-P1-2020	Equipo y material eléctrico - Adquisición - Motores Eléctricos - Corriente alterna
PEMEX-EST-EM-001-2017	Equipo y material mecánico – Adquisición - Sellos Mecánicos para bombas
PEMEX-EST-EM-028-2018	Equipo y material mecánico – Adquisición - Recipientes sujetos a presión
PEMEX-EST-EM-288-2018	Equipo y material mecánico - Adquisición - Bombas centrífugas servicios generales
PEMEX-EST-OA-101-2018	Operaciones y servicios de logística - Contratación - Suministro e Instalación de Grúas de Pedestal para Plataformas
PEMEX-EST-SS-001-2018	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad – Adquisición - Fajas y cinturones industriales
PEMEX-EST-SS-002-P1-2018	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad - Adquisición – Extintores
PEMEX-EST-SS-002-P2-2018	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad - Contratación - Servicios de mantenimiento y recarga de extintores
PEMEX-EST-SS-004-P1-2019	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad – Adquisición - Calzado de Protección
PEMEX-EST-SS-004-P2-2019	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad – Adquisición - Calzado de protección para actividades de perforación de pozos
PEMEX-EST-SS-006-2019	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad – Adquisición - Ropa de trabajo industrial para actividades generales y de protección contra fuego repentino
PEMEX-EST-SS-007-2017	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad – Adquisición anteojos y gafas de seguridad
PEMEX-EST-SS-024-2020	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad – Adquisición - Equipo de protección personal contra caídas de altura
PEMEX-EST-SS-058-2019	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad - Adquisición - Cascos de protección para la cabeza
PEMEX-EST-SS-072-2020	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad - Contratación - Servicios de ingeniería y construcción de cuartos, muros y paneles resistentes al fuego o explosión
PEMEX-EST-SS-088-2018	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad - Adquisición - Equipo de protección facial
PEMEX-EST-SS-115-2019	Seguridad, salud, protección al medio ambiente y sustentabilidad – Adquisición – Mangueras contra incendio y sus accesorios
PEMEX-EST-SS-122-2019	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad – Adquisición - Guantes de protección contra sustancias químicas
PEMEX-EST-SS-123-P2-2017	Seguridad, salud, protección al medio ambiente y sustentabilidad - Adquisición - Respiradores purificadores de aire de presión negativa – Respiradores purificadores de aire contra gases y vapores
PEMEX-EST-SS-231-2020	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad – Adquisición - Equipo de protección personal para combate de incendios
PEMEX-EST-SS-251-2018	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad - Adquisición - Equipo de protección personal contra sustancias químicas
PEMEX-EST-SS-254-2020	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad - Adquisición - Equipo de protección personal contra choque y arco eléctrico
PEMEX-EST-SS-255-2018	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad – Adquisición – Equipo de protección auditiva
PEMEX-EST-SS-309-2020	Seguridad, Salud, Protección al medio ambiente y Sustentabilidad - Adquisición - Ropa de protección contra polvos y partículas

Tabla I.3. Normas utilizadas y bajo las cuales se desarrollará el proyecto.

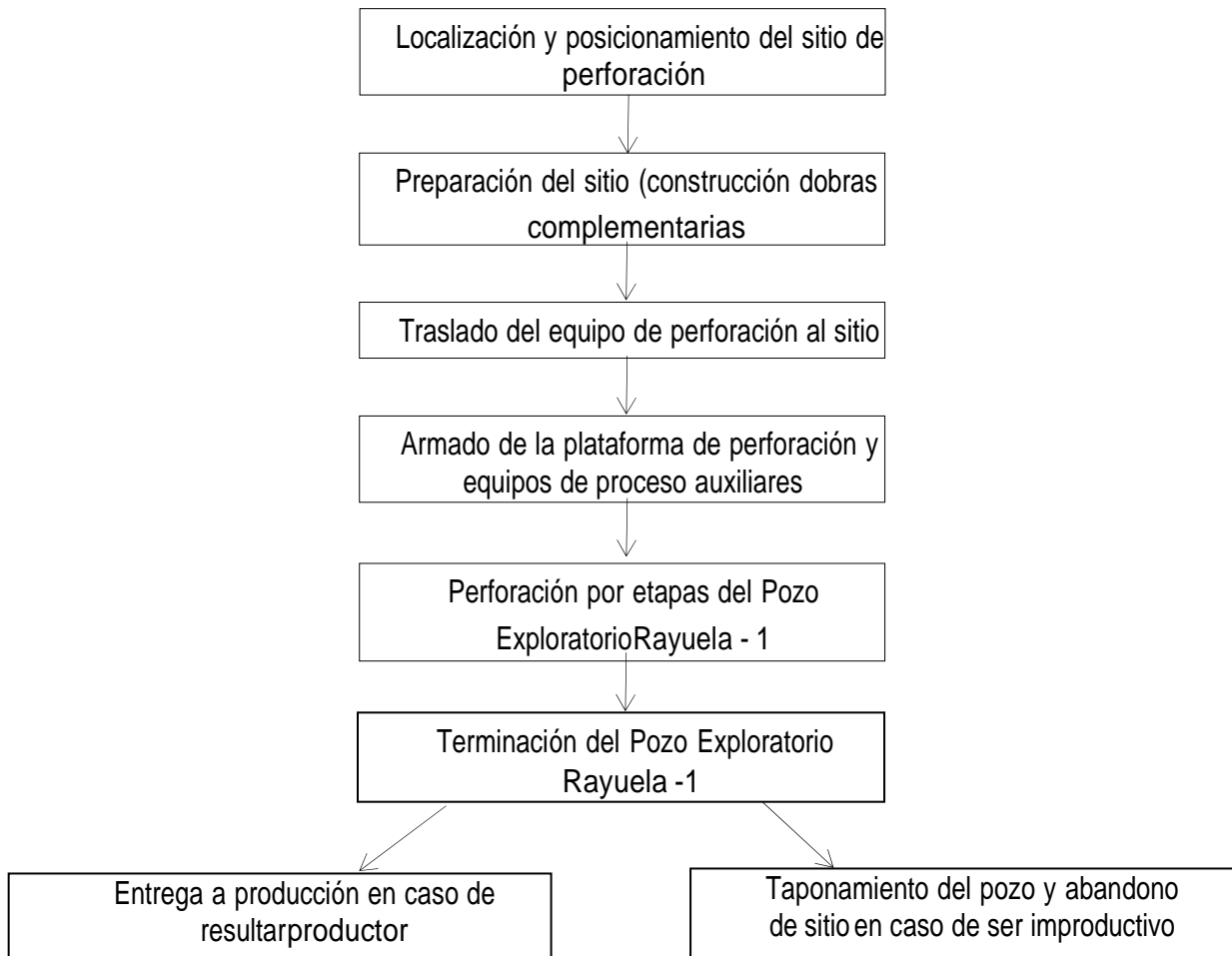
Petróleos Mexicanos	
Norma	Descripción
PEMEX-EST-TD-032-P1-2018	Sistemas de tuberías y sistemas de ductos – Adquisición - Conexiones y accesorios para sistemas de tuberías – Tubos
PEMEX-EST-TD-032-P2-2019	Sistemas de tuberías y sistemas de ductos – Adquisición - Componentes para sistemas de tuberías - Conexiones y accesorios
PEMEX-EST-TD-142-2017	Sistemas de tuberías y sistemas de ductos – Adquisición - Válvulas para sistemas de tuberías
PEMEX-EST-TD-156-2020	Sistemas de tuberías y sistemas de ductos - Adquisición - Juntas y empaques
PEMEX-EST-TD-297-2018	Sistemas de tuberías y Sistemas de Ductos - Adquisición - Juntas aislantes tipo monoblock
PEMEX-EST-TI-001-2020	Tecnologías de información y telecomunicaciones - Contratación - Servicios para la obtención de datos en tiempo real en la generación, integración, transferencia y almacenamiento durante las intervenciones a pozos
PEMEX-EST-TI-022-2017	Tecnología de información y telecomunicaciones – adquisición - cable estructurado de telecomunicaciones
PEMEX-EST-TI-022-P2-2018	Tecnología de información y telecomunicaciones - Adquisición - Hardware de conexión para cable estructurado de telecomunicaciones
PEMEX-EST-TP-036-2018	Tecnología de los procesos y proyectos – Contratación - Servicios de ingeniería para la clasificación de áreas eléctricas (clasificación de áreas peligrosas)
PEMEX-EST-TP-256-2019	Tecnología de los procesos y proyectos – Contratación - Servicios de ingeniería y construcción de localizaciones para perforación de pozos terrestres y sus caminos de acceso
Instituto Americano de Estándares Nacionales (ANSI)	
ANSI B16.5	Tubos de acero bridado y accesorio.
Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME)	
ASME Sección II	Materiales.
ASME Sección VIII, División 1	Recipientes a presión.
American Petroleum Institute (API)	
API 6A	Specification for Weellhead and Christmas Tree Equipment.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	
SCT 3.01.01	Carreteras - terracerías.
SCT 6.01.01	Materiales para terracerías.
Gerencia de Ingeniería y Tecnología, Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos	
D.R. 2da Edición 2007	Manual de Conexiones Superficiales de Control para Pozos Petroleros

Fuente: PEMEX

I.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A continuación, se describen de manera detallada el proceso del proyecto “Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1”.

En el siguiente diagrama de bloques se presenta la secuencia de actividades a realizar para la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela – 1.



- **Descripción de la preparación del sitio.**

Para la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela-1, se requiere de la construcción de diversas obras civiles complementarias tales como: construcción del camino de acceso, construcción del contrapozo de concreto armado, cerca perimetral, instalación del equipo de perforación y construcción de la fosa de quema. A continuación, se describen las actividades que se deben realizar:

Construcción del camino de acceso: Ésta contará con las características técnicas de proyecto geométrico, necesarias para el tránsito de vehículos que

transportan los equipos para la perforación del pozo petrolero y que comunica a la localización a un camino existente.

Una vez realizado el estudio topográfico preliminar y elegido la ruta más conveniente, se procede a dar coordenadas y rumbo al punto inicial (0+000).

Teniendo el punto inicial (0+000) establecido, se mide de punto de inflexión (PI) a punto de inflexión (PI) hasta el punto de curva (PC) con equipo electrónico y después se cadenea a cada 20 metros, trazando las curvas de acuerdo con las necesidades del terreno y referenciando todos los puntos de inflexión (PI). Durante el trazo del eje del camino se realiza un levantamiento a detalle de todas las obras de drenaje que éste afecte en el proyecto.

El camino de acceso debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Amplitud suficiente.
- Buena visibilidad en curvas horizontales y verticales.
- Grado de curvatura y sobre elevación apropiada para los vehículos que realicen el transporte.
- Compactación y profundidad adecuada.
- Ausencia de líneas de conducción eléctrica que impida el paso seguro.
- Compactación de acotamientos.
- Ausencia de cercos que impidan el paso.
- Ausencia de cualquier obstáculo que impida el paso seguro.

Construcción del contrapozo de concreto armado: Se construirá en el subsuelo para ubicar por medio de coordenadas geográficas, el sitio donde se perforará el Pozo Exploratorio Rayuela - 1. Tiene como funciones principales facilitar el hincado del tubo conductor y alojar los preventores para el control del pozo durante la perforación. El contrapozo, debe ser de concreto armado con acero de refuerzo, se debe considerar en el fondo de este, un cárcamo para recolectar por succión los líquidos que se acumulen.

Se debe colocar un ángulo de 50 x 50 x 4.8 mm en todo el perímetro del contrapozo, especificación de acero estructural ASTM-A 36/36 M. El concreto armado debe contar con una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo $f'y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$, plantilla de concreto simple 0,05 metros de espesor $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$

Cerca perimetral: El cercado perimetral se realizará con alambre galvanizado de 4 púas galvanizadas estándar de 1 pulgada a 5 hilos, separados entre sí a 2.25 m. Toda unión de alambre a poste será con grapa galvanizada de 5/8 o 3/4 de pulgada con postes intermedios barreta o mezquite no menor de 4 cm y contara con refuerzo de cerca cada 100 m, cuando sea esquina el poste vertical éste no debe ser menor a 12 cm de diámetro, la barreta o mezquite de refuerzo debe ser de 10 cm de diámetro y 200 m de longitud.

Instalación del equipo de perforación: Se instalará la torre de perforación en tierra en general sobre el principio de mástil en cantiléver, lo que facilitará el transporte y armado del equipo. La torre de perforación se transportará en secciones al sitio de la perforación del Pozo Exploratorio Rayuela - 1, dichas secciones se arman horizontalmente sobre el suelo y luego, con la ayuda del malacate, se levanta a posición vertical. Las válvulas preventoras (Blow out Preventors, BOP) se colocan directamente sobre el eje de la perforación, bajo la torre ya erguida, y así puede circular el fluido de perforación y entrar y salir la sarta de tubería de perforación.

Se instalarán sistemas auxiliares de perforación, se describe su objetivo a continuación:

Sistema de potencia de motogeneración: Su objetivo es proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento de los componentes.

Conexiones superficiales de control (cabezal, carretes, preventores, líneas superficiales de control, ensamble de estrangulación, quemador, separador gas - lodo, válvulas y bomba koomey): Proporcionar en conjunto el medio para garantizar la seguridad del pozo, de los trabajadores, las instalaciones y el medio ambiente.

Sistema de lodos: Proporcionar la presión hidrostática necesaria para el control del pozo. Dicho sistema provee la energía y el medio de circulación para el acarreo a la superficie de los recortes de la barrena. Lubricar barrena de perforación.

Presa de quema: La fosa de quema se construye para contener desfuegos del pozo durante los trabajos de perforación, terminación y mantenimiento, en este caso la quema de gases no deseados, producto de la perforación, será construida con material arcilloso e impermeable para evitar la radiación por el fuego al

exterior, la altura del bordo posterior de la presa de quema debe ser de 2.80 metros.

La presa de quema se revestirá con un desnivel de 1%, con cárcamo colector de demasías. Mamparas de protección reutilizando el material de los tambores de 200 litros que se desechan y se orientará en dirección de los vientos dominantes. El área que ocupará la presa de quema será de 2560 m² aproximadamente.

Descripción del procedimiento de perforación.

La única forma de verificar la existencia de petróleo en el subsuelo, aún después de explorar su probable ubicación, es perforar un pozo en el lugar. El Pozo Exploratorio Rayuela – 1 será el primer pozo que se perforará en un área geológicamente inexplorada, con el fin de localizar las zonas donde se encuentra el hidrocarburo, de acuerdo con los datos obtenidos de estudios geológicos previos. Es una obra que no implica líneas de producción o reacciones químicas. En la **Tabla I.4** se muestra la columna geológica probable para el pozo.

Tabla I.4. Columna Geológica probable para el pozo a perforar.

Edad y/o formación	Profundidad (mvbnm)*	Espesor (m)
Pleistoceno	Aflora	360
Mioceno Superior (MOCNL 40)	360	450
Mioceno Superior (MOCNL 30)	810	390
Mioceno Superior (MOCNL 20)	1200	300
Mioceno Superior (MOCNL 10)	1500	200
Cima Objetivo	1700	200
Base Objetivo	1900	300

Fuente: Bases de Usuario.

(mvbnm)*: metros verticales bajo el nivel del mar.

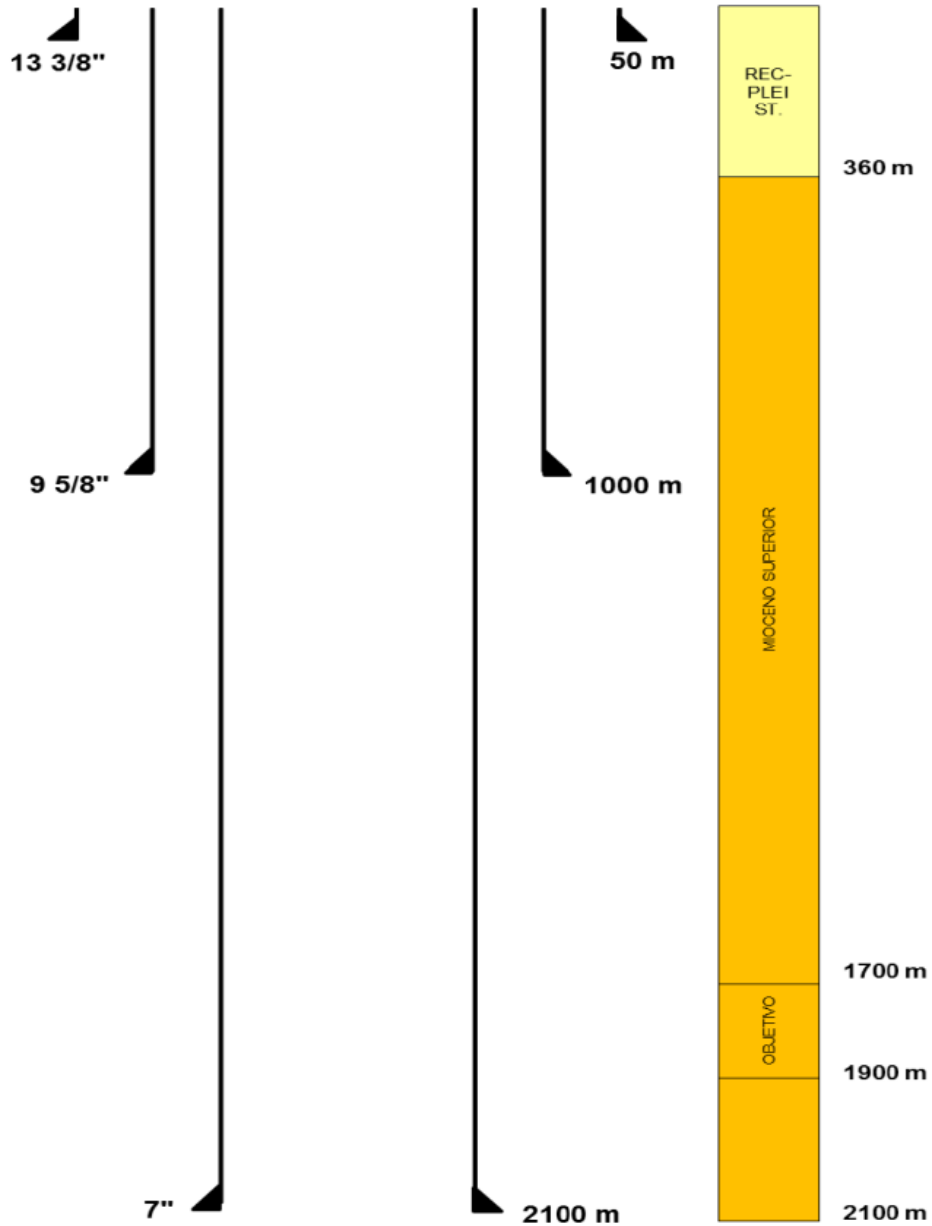
El control de desviación durante la perforación se realizará con registros geofísicos con cable y en tiempo real mientras se perfora. Los registros deberán cumplir con el control de calidad vigente establecido por PEMEX Exploración y Producción.

Como producto de la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela - 1, se espera obtener hidrocarburos (aceite – gas) y en caso de resultar el pozo productor se continuará con el éxito de este proyecto para cumplir con los objetivos; posteriormente se realizará la transformación de este recurso mediante operaciones y procesos unitarios que transformen la materia prima a extraer en productos secundarios demandables.

La naturaleza y el objetivo del presente proyecto son fundamentalmente de explotación, por lo que básicamente consiste en la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela - 1, con la finalidad de explotar el hidrocarburo (aceite - gas)

en areniscas de edad Mioceno Superior, depositados en facies de cuenca (Ambiente Batial), ubicado en un sistema de canales y abanicos.

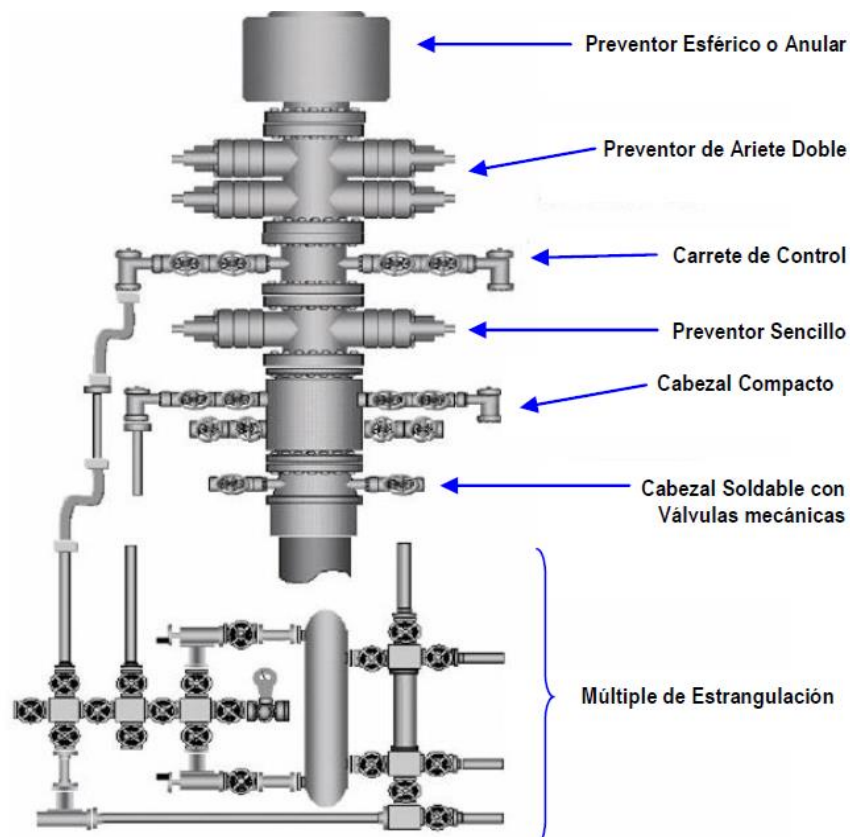
En la **Figura I.2** se esquematiza el estado mecánico propuesto para la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela - 1:



Fuente: Bases de Usuario.
Figura I.2. Estado mecánico propuesto

Una vez instalada la torre de perforación se iniciará la perforación del Pozo Exploratorio Rayuela - 1, con su programa de perforación. A través del sistema de perforación rotatoria se perforará el pozo haciendo girar una barrena que estará conectada y que se hace girar por una sarta de perforación (tubería de perforación (tp) de acero y lastrabarrenas), cuya función es proporcionar la carga de compresión de la barrena. A medida que avance la perforación del pozo se irá adicionando nuevos tramos de tuberías, sacando periódicamente la sarta de perforación para cambiar la barrena y tubería por otra o en su caso, nueva y con diferente diámetro.

En caso de manifestarse un brote durante la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela - 1, el sistema de control superficial deberá proveer un medio adecuado para cerrar el pozo y circular el fluido invasor fuera de él. El mecanismo de control, lo constituyen generalmente en la superficie, los sistemas independientes, el de circulación y el de preventores de reventones. En la **Figura I.3** se muestra un esquema de un sistema de control superficial.



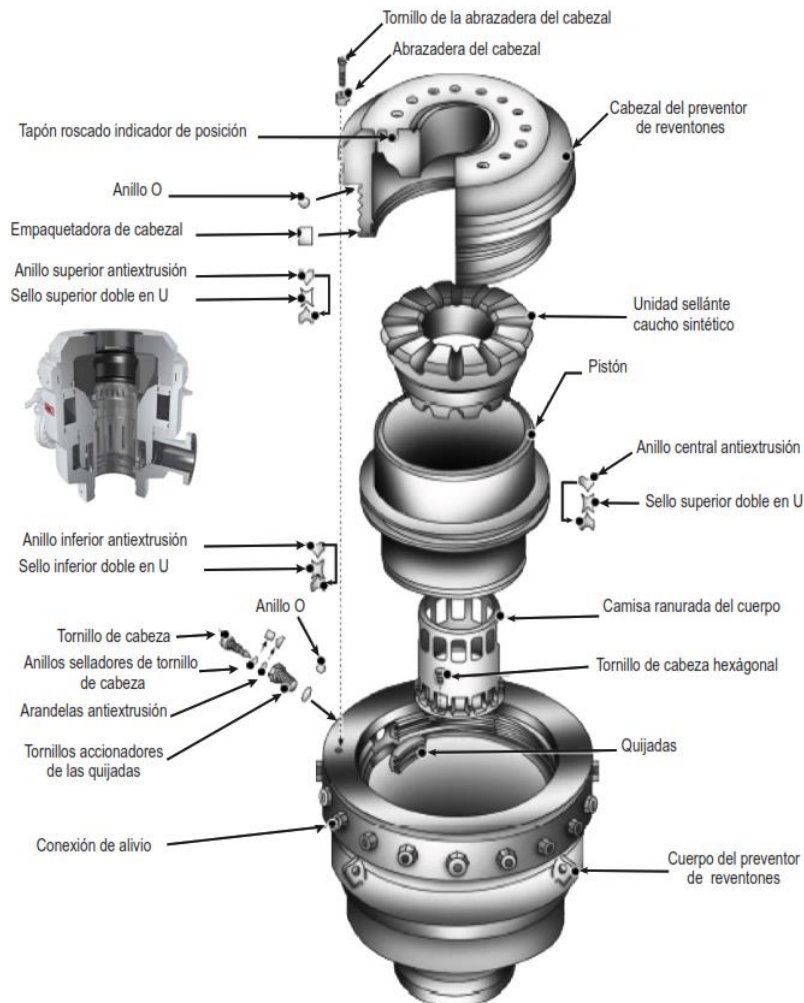
Fuente: Manual de conexiones superficiales de control para pozos petroleros, D. R. 2ª Edición 2007, Gerencia de Ingeniería y Tecnología Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos.

Figura I.3. Esquema general de un sistema de control superficial.

A continuación, se describen los componentes del sistema de control superficial:

Cabezal de tubería de revestimiento. Forma parte de la instalación permanente del pozo y se usa para anclar y sellar alrededor de la siguiente sarta de tubería de revestimiento. Por diseño puede ser roscable, soldable o bridado, además se utiliza como base para instalar el conjunto de preventores. Las salidas laterales del cabezal pueden utilizarse para instalar las líneas secundarias (auxiliares) de control y su uso deberá limitarse para casos de emergencia estrictamente. Cuando las líneas no estén instaladas, es recomendable disponer de una válvula y un manómetro en dichas salidas.

Preventor anular. Este preventor también se conoce como esférico, es instalado en la parte superior de los preventores de arietes. Es el primero en cerrarse cuando se presenta un brote. Consta en su parte inferior de un elemento empacador de hule sintético (dona), que al operarlo se deforma concéntricamente hacia su parte inferior efectuando el cierre alrededor de la tubería. Para el preventor anular Cameron tipo D y DL la presión de cierre fuerza hacia arriba el pistón de operación y el plato impulsor desplaza el aro de hule sólido, girando interiormente hasta formar un anillo de soporte continuo tanto en la parte superior como en la parte inferior del elemento empacador, en la **Figura I.4** se muestra un ejemplo del arreglo de un preventor anular:



Fuente: Manual de conexiones superficiales de control para pozos petroleros, D. R. 2ª Edición 2007, Gerencia de Ingeniería y Tecnología Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos.

Figura I.4. Preventor anular.

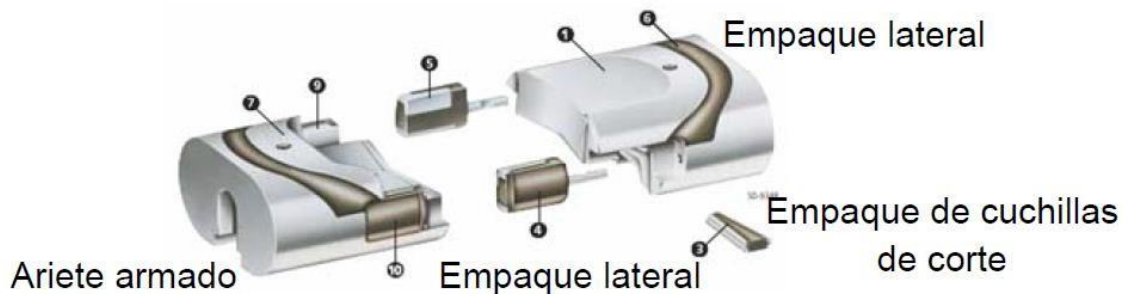
Preventor de arietes. El preventor de arietes tiene como característica principal poder utilizar diferentes tipos y medidas de arietes que se requieren en los arreglos de los conjuntos de preventores, y por su diseño es considerado como el más seguro. La presión del pozo ayuda a mantener cerrados los arietes.

Arietes de preventores. Constan de una pieza de acero fundido de baja aleación y de un conjunto sellante diseñado para resistir la compresión y sellar eficazmente. Los arietes para tubería de perforación o revestimiento están constituidos por un sello superior y por un empaque frontal. En caso de emergencia permite el movimiento vertical de la tubería, para lo cual deberá regularse la presión de cierre del preventor. Cuando existe presión en el pozo, evitan la expulsión de la tubería al detenerse la junta en la parte inferior del ariete. En caso de emergencia permite

colgar la sarta cerrando los candados del preventor. Los arietes variables, son similares a los descritos anteriormente. La característica que los distingue es cerrar sobre un rango de diámetro de tubería, así como de la flecha.

Arietes ciegos. En los arreglos más comunes para la perforación de zonas de alta presión, los arietes ciegos están colocados arriba del carrete de control, constan de un empaque frontal plano construido a base de hule vulcanizado en una placa metálica y de un sello superior. Su función es cerrar totalmente el pozo cuando no se tiene tubería en su interior y que por la manifestación de un brote no sea posible introducirla.

Arietes de corte. Los arietes de corte están constituidos por cuchillas de corte integrados al cuerpo del ariete, empaques laterales, sello superior y empaques frontales de las cuchillas. Su función es cortar la tubería y actuar como arietes ciegos para cerrar el pozo, cuando no se dispone de los arietes ciegos durante la operación normal de la perforación. En la **Figura I.5** se muestran un ejemplo del arreglo de un preventor de ariete.



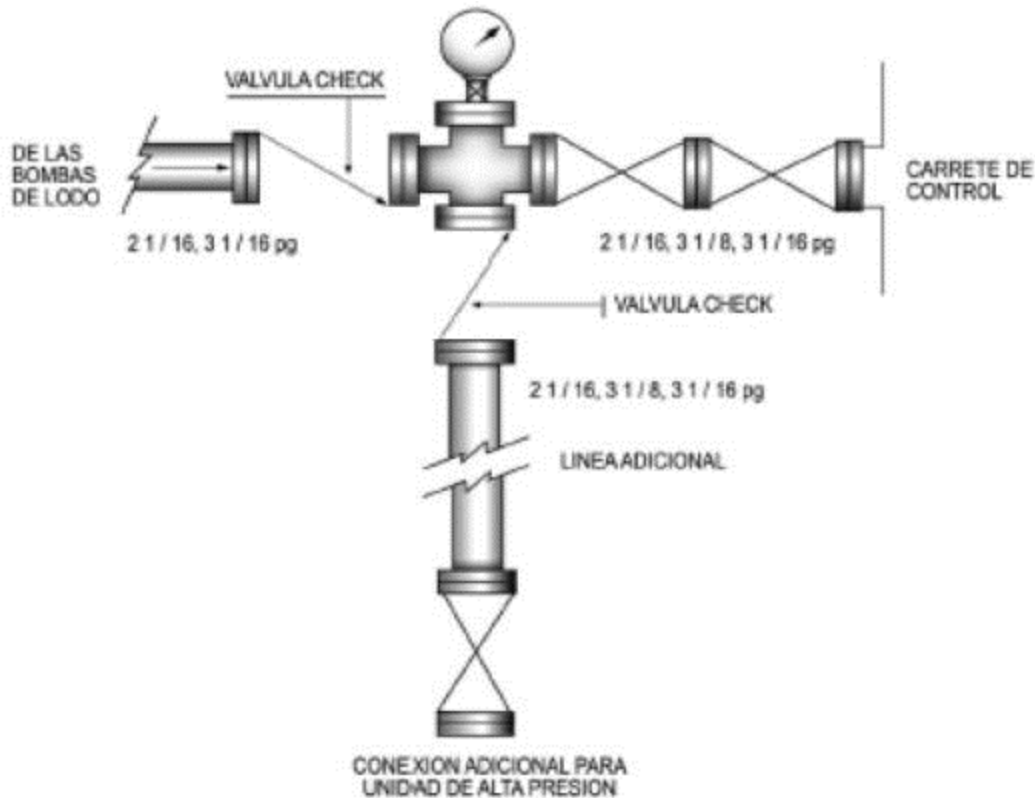
Fuente: Manual de conexiones superficiales de control para pozos petroleros, D. R. 2ª Edición 2007, Gerencia de Ingeniería y Tecnología Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos.

Figura I.5. Preventor de ariete.

Carrete de control. El carrete de control se instala para conectar las líneas primarias de matar y estrangular en un conjunto de preventores. Al colocar este carrete se dispone de mayor espacio entre preventores, lo que facilita la operación de introducir tubería a presión.

Múltiple de estrangulación. El múltiple de estrangulación se forma por un conjunto de válvulas, cruceetas y "ts", estranguladores y líneas. Se utilizan para controlar el flujo de lodo y los fluidos invasores durante la perforación y el proceso de control de un pozo.

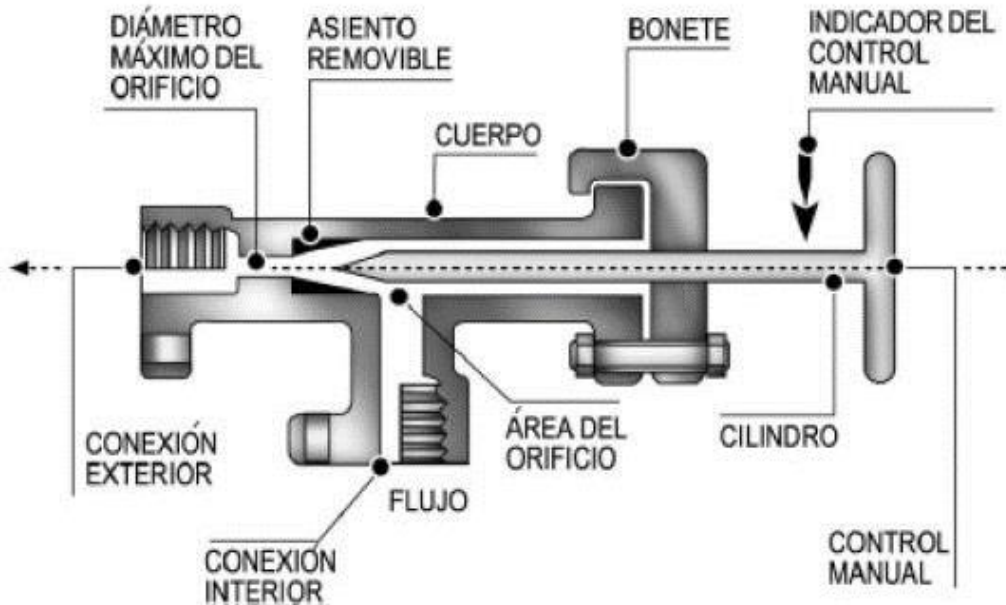
Línea de matar. Otro de los componentes en el equipo superficial son las líneas de matar. Estas conectan las bombas del equipo con las salidas laterales del carrete de control, para llevar a cabo las operaciones de control cuando no pueden efectuarse directamente por la tubería de perforación, en la **Figura I.6** se muestra el arreglo típico de una línea de matar.



Fuente: Manual de conexiones superficiales de control para pozos petroleros, D. R. 2ª Edición 2007, Gerencia de Ingeniería y Tecnología Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos.

Figura I.6. Arreglo de una línea de matar.

Estranguladores variables. Son accesorios diseñados para restringir el paso de los fluidos en las operaciones de control. Con esto generan una contrapresión en la tubería de revestimiento con el fin de mantener la presión de fondo igual o ligeramente mayor a la del yacimiento. Esto facilita la correcta aplicación de los métodos de control. En la **Figura I.7** se muestra lo antes mencionado.



Fuente: Manual de conexiones superficiales de control para pozos petroleros, D. R. 2ª Edición 2007, Gerencia de Ingeniería y Tecnología Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos.

Figura I.7. Estranguladores variables.

Los recortes o pedazos de formación que remueva la barrena serán levantados por el fluido de perforación (lodo) hacia la superficie por el espacio anular, el fluido circulará hacia abajo por el interior de la tubería; ésta saldrá a través de los orificios de la barrena y regresará a la superficie.

Ahí el fluido que sale del pozo pasará por un tamiz o criba vibratoria donde se eliminarán los pedazos de formación; pasando de este punto a las presas de lodos donde será tratado y recuperado. De la última presa, las bombas succionarán el lodo y se repite el ciclo, bombeando este nuevo al interior de la tubería. Cabe mencionar que la función de la adición del fluido en combinación con el lodo es principalmente lubricar, enfriar la barrena y controlar la temperatura y presión de la formación.

Las conexiones superficiales finales, son el arreglo de válvulas que se instala en la superficie del pozo desde el inicio de la perforación, hasta su operación. La función de estas conexiones son básicamente las siguientes:

1. Control del fluido.
2. Protección de mantos acuíferos.
3. Control de presiones.
4. Proteger la zona productora.

Durante la trayectoria de la perforación será necesario revestir el pozo a diferentes intervalos, empleando tuberías que se cementan dentro del agujero perforado, llamadas tuberías de revestimiento (T.R.). Una vez perforado el pozo se iniciarán las actividades encaminadas a explotar el yacimiento a través de la tubería de explotación contando con la introducción, anclaje y empacamiento del aparejo de producción para dejar el pozo produciendo o sellado por el método más conveniente, a esta serie de actividades se le denomina terminación de un pozo petrolero.

En la **Tabla I.5** se muestra el programa de tuberías de revestimiento propuesto:

Tabla I.5. Programa de tuberías de revestimiento propuesto.

Etapa	Diámetro TR (pg.)	Intervalo (m)
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.		

Fuente: Bases de Usuario.

El procedimiento antes mencionado es llevado a cabo por etapas y la tubería que se introduce en el agujero de perforación se denomina de la siguiente manera:

Tubería superficial 13 3/8”: Representa la primera etapa de perforación, tiene como objetivo fundamental proteger las formaciones superficiales de las condiciones de perforación más profundas. Sus principales funciones son: Evitar la contaminación de yacimientos de agua dulce, servir de soporte para la instalación del equipo de seguridad, soportar el peso del resto de las tuberías que serán colocadas en el pozo, por esta razón se cementan hasta superficie.

Tubería intermedia 9 5/8”: Representa la segunda etapa de perforación, proporciona integridad de presión durante las operaciones de perforación subsecuentes, también se le llama protectora por que protege las formaciones de altos pesos de lodo. Sus funciones más importantes son: Facilitar el control del pozo si se encuentran zonas de presiones anormales, aísla formaciones problemáticas (lutitas deleznales, flujos de agua salada o formaciones que contaminan el fluido de perforación), permite bajar la densidad del lodo para perforar zonas de presiones normales que se encuentran debajo de zonas presurizadas.

Tubería de explotación 7”: Representa la tercera etapa de perforación, esta tubería tiene como meta primordial aislar el yacimiento de fluidos indeseables en la formación productora y de otras zonas del agujero, también para la instalación de empacadores de producción y accesorios utilizados en la terminación de este.

Programa de cementaciones por etapa.

En tuberías conductoras, superficiales e intermedias se debe asegurar la calidad de la cementación medida a través de las pruebas de hermeticidad y cimbras de cemento. En caso contrario en tuberías conductoras y superficiales, debe remediarse dicha cementación hasta garantizar las condiciones señaladas. En lo que respecta a las tuberías intermedias, el personal encargado, decidirá y realizará la recementación en el momento más oportuno.

En tuberías de explotación se deberá garantizar la calidad de la cementación medida a través de las pruebas de hermeticidad, densidades de lechada, cimbras de cemento, cédula de bombeo y adherencia determinada con registro de cementación. En caso de tener mala adherencia en los intervalos de interés, estos se deberán de aislar. Esta T.R. será equipada con empacadores hinchables y con cemento entre los empacadores y colgador expandible para el caso que haya pérdidas parciales o totales.

Centralización.

Los centralizadores como su nombre lo indica, centralizan la TR mejorando la eficiencia del desplazamiento, reduce el riesgo diferencial de atrapamiento, previene problemas clave de asentamientos, reduce el arrastre en pozos direccionales. Se usan en el ángulo más crítico (secciones de mayor ángulo). Para la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela - 1, se programó realizar la centralización de acuerdo con los registros geofísicos tomados en cada etapa.

Hermeticidad de la boca de liner de explotación.

Garantizar la hermeticidad mediante una prueba de admisión o de alijo. En caso de no existir hermeticidad, se debe corregir.

Utilización de explosivos

Durante la etapa de terminación del pozo se utilizará un dispositivo conocido como “pistola” con pequeñas cargas especiales, que permiten poner en contacto el yacimiento con la tubería de producción para obtener los hidrocarburos.

Programa de terminación.

El objetivo del programa de terminación será comunicar el yacimiento con el pozo para explotar en forma comercial la producción de hidrocarburos esperada, para incrementar la recuperación final de yacimiento, se estima probar dos intervalos. Los intervalos para probar serán aquellos que presenten las mejores características de impregnación, los mismos serán definidos después de contar con la información geofísica.

Si el pozo resulta productor, cuando entre en operación las únicas válvulas que operarán serán las del medio árbol, a través del cual fluirá el producto. La presión de éste se controla mediante dos estranguladores colocados en las válvulas laterales. Los cabezales de las tuberías de revestimiento y el árbol de válvulas deberán ser de 10,000 lb/plg², así como todos sus componentes.

Si durante la terminación del pozo, el intervalo en prueba requiere un tratamiento adecuado para mejorar las condiciones de explotación se diseñará de acuerdo con los resultados de los intervalos abiertos. De lo contrario, estas se definirán después de evaluar el potencial del pozo mediante una prueba de variación de presión-producción.

Aparejo de producción y accesorios requeridos.

El aparejo de producción es el medio por el cual se transportan los hidrocarburos desde el yacimiento hasta la superficie. Debe soportar íntegramente las presiones y los esfuerzos a que es sometido durante las operaciones de terminación y mantenimiento, tales como inducciones, pruebas de admisión, estimulaciones, fracturamientos, etc., así como durante la vida productiva del pozo. El diámetro del aparejo de producción debe ser tal que permita transportar los gastos de producción esperados.

Árbol de válvulas.

Posteriormente el dispositivo de prevención de brotes se sustituirá mediante un conjunto de válvulas denominado árbol de válvulas que es un equipo conectado a las tuberías de revestimiento en la parte superior, que a la vez que las sostiene, proporciona un sello entre ellas y permite controlar la producción del pozo.

Una "pistola de perforación" será transportada hacia el fondo del pozo y su disparo permitirá el flujo de hidrocarburo a través del aparejo de producción. La pistola de perforación, como otras herramientas que sirven al pozo de producción, será

deslizada por medio del árbol con ayuda de un lubricante, para mantener sellado el pozo.

En términos simples, el lubricador es un tubo largo con válvulas en la parte inferior y superior en el cual la pistola se sostiene antes de bajar al pozo por medio de un cordón o alambre que pasa a través de un sello en la parte superior, la válvula inferior podrá abrirse para permitir la entrada de la pistola al árbol del pozo.

Materias primas.

En el proyecto se considerará como materia prima el material a explotar del yacimiento de hidrocarburo (aceite - gas), el cual se considera un recurso natural no renovable, localizado en areniscas de edad Mioceno Superior.

De la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela – 1, se espera un flujo de 1867 BPD (Barriles por Día) de aceite y 1 MMPCD (Millones de Pies Cúbicos por Día) de gas. En la **Tabla I.6** se indica la composición del fluido de yacimiento que se espera obtener.

Tabla I.6. Caracterización de hidrocarburo

Componente	Fluido de Yacimiento % molar
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.	

Fuente: PEMEX Exploración y Producción.

La composición del gas-aceite proveniente de los pozos petroleros, por lo general son mezclas heterogéneas de compuestos orgánicos en el cual se puede presentar asociado a capas de gas natural, que estos a su vez presentan mezclas saturadas con cadenas abiertas pertenecientes al grupo de los alcanos o

parafinas. Los cuatro primeros miembros del grupo son: metano (CH₄), etano (C₂H₆), propano (C₃H₈) y butano (C₄H₁₀). Todos los miembros alcanos son inertes, es decir, no reaccionan fácilmente a temperaturas ordinarias con reactivos como los ácidos, los álcalis o los oxidantes. Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5% y 14.5% son explosivas en zonas confinadas. La corriente de gas de pozos está compuesta en un alto porcentaje de metano (74.75%), el cual posee las siguientes características CRETI **Tabla I.7.**

Tabla I.7. Datos generales de la infraestructura												
Pozo	Nombre químico de la Sustancia (IUPAC)	No. CAS	Densidad	Características						Capacidad Total		Capacidad de la Mayor Unidad de Almacenamiento (MMPCD)
				C	R	E	T	I	B	Almacenamiento (MMPCD)	Producción	
Pozo Rayuela – 1	Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.											

* El gas metano es considerado asfixiante (ACGIH 1992-1993), Ver hoja de datos de Seguridad. ρCH₄ = 0.0806 g/cm³

Productos.

Derivado de la explotación del yacimiento se obtendrá el hidrocarburo que posteriormente será transportado a través de una línea de descarga en caso de que el pozo resulte productor.

Insumos.

Durante la perforación de las formaciones del yacimiento se deberán utilizar obturantes biodegradables y solubles en ácido. Emplear sistemas compatibles con la formación para evitar en lo posible el daño al yacimiento. En la **Tabla I.8** se muestran las propiedades del fluido base agua, en la **Tabla I.9** las propiedades del fluido base aceite y en la **Tabla I.10** se presenta el equipo de control de sólidos que se utilizará durante la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela – 1.

Tabla I.8- Propiedades del Fluido Base Agua

Intervalo M	Tipo fluido	Den. g/cm3	Visc seg	Filtr. ml	MBT Kg/m3	Sól %	Vp cps	Yp lb/100 p2	Gel-0	Gel -10+	Salin. ppm x 100k	Lubricidad
-------------	-------------	------------	----------	-----------	-----------	-------	--------	--------------	-------	----------	-------------------	------------

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Fuente: PEMEX. Programa de fluidos de perforación y control de sólidos del Pozo Exploratorio Rayuela - 1

Tabla I.9. Propiedades del fluido Base Aceite

IntervaloM	Tipofluido	Den.g/cm ³	Viscseg	Filtr.ml	RAA Ac/Ag	Sól %	Vpcps	Yp lb/100p2	Gel-0	Gel -10+	Salin.ppm CaCl ₂ x1000	Emulvolts	Lubricidad
------------	------------	-----------------------	---------	----------	-----------	-------	-------	-------------	-------	----------	-----------------------------------	-----------	------------

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Fuente: PEMEX. Programa de fluidos de perforación y control de sólidos del Pozo Exploratorio Rayuela - 1

Tabla I.10 Equipo de control de los sólidos

Etapa	Profundidad Intervalo (mdbmr)	Diámetro Agujero (pg)	Tipo y densidad lodo (gr/cc)	Equipo de control de sólidos	Tamaño (API) de mallas en vibradores	Tamaño (API) de mallas en limpialodos
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.						

Fuente: PEMEX. Programa de fluidos de perforación y control de sólidos del Pozo Exploratorio Rayuela - 1

Subproductos.

Como subproductos se consideran los recortes de perforación impregnado con fluidos base aceite, estos se clasifican como residuos de manejo especial, por lo que su manejo debe ser el adecuado para su tratamiento de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y la NOM-161—EMARNAT-2011, “Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo.

El personal que realizara las actividades de Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela – 1, portará la ropa y el equipo de protección adecuado debido al manejo de productos principalmente como el diésel y como protección de los gases que llegaran a presentarse durante las diferentes etapas de perforación.

Los lugares donde se almacenarán los materiales y el diésel contarán con señalamientos informativos legibles, etiquetas informativas de advertencia y letreros descriptivos de las características de cada uno de ellos en caso de ser producto químico (diésel y aceite).

Hojas de seguridad.

Este Estudio de riesgo para el sector hidrocarburo, está enfocado hacia la mezcla de hidrocarburos (aceite –gas), sustancias consideradas como peligrosas que durante la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela – 1, pudieran ser liberadas producto de un signo de brote o descontrol, presentándose el incendio de estas sustancias en caso de encontrar una fuente de ignición cercana.

En el **Anexo I-A “HDS”** se presentan las Hojas de Datos de Seguridad de las Sustancias (HDS) proporcionadas por PEMEX Exploración y Producción, consideradas peligrosas durante el proyecto.

Almacenamiento.

Debido a la naturaleza del proyecto, no se contará con contenedores de almacenamiento para el hidrocarburo extraído del yacimiento, ya que este producto será transportado a través de una línea de descarga y recolectado en el cabezal de recolección que el Activo de Producción Cinco Presidentes defina.

Equipos de proceso y auxiliares.

Una vez acondicionada la plataforma de perforación se instala el equipo de perforación.

En la **Tabla I.11** se presenta la relación de los principales equipos estándar, de proceso y auxiliares (estático y dinámico) empleados para la exploración y explotación de hidrocarburos dentro del área de la plataforma de perforación.

Tabla I.11 Componentes principales de un equipo de perforación.

Unidad	Unidad	Capacidad
Mástil	1	340 klbs, 154.5 ton con 8 líneas 1 1/8". Altura 38.7 m.
Corona	1	5 hileras o ranuras
Polea viajera	1	350 Klbs, 159 Ton
Gancho	1	350 klb, 159 Ton
Malacate	1	700 HP
Flecha de perforación	1	Longitud 40 pies, medida 5 1/4", presión de trabajo 10, 000 psi.
Changuero	1	121 lingadas de 4". 8 lingadas de HWTP 4". 6 lingadas de DC 6 1/2".
Mesa Rotatoria	1	Capacidad estática 700, 000 lbs.
Bombas de lodo	2	1000 HP Triplex
SCR	1	800 KW, 1000 KVA, 60 HZ.
Bomba para preventores	1	150 gal, 3000 psi.
AC generadores	4	800 KW cada uno.
Temblores	2	L-117" X W-64" X H-65" (5200 lbs)
Sistema de aire	1	116 cfm a 120 psig
Centrifugas lodo	3	50 HP

Fuente: PEMEX Exploración y Producción.

Condiciones de operación.

En la **Tabla I.12** se presenta la información estimada del yacimiento durante la etapa de perforación del Pozo Exploratorio Rayuela-1:

Tabla I.12. Condiciones de operación esperadas durante la etapa de perforación.

Pozo Exploratorio	Tipo de hidrocarburo	Gastos		Presiones esperadas	Presión (kg/cm ²)	Temperatura (°C)
		Aceite (BPD)*	Gas (MMPCD)**			
Rayuela - 1		Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.				

Fuente: Bases de Usuario.

BPD*: Barriles Por Día; MMPCD**: Millones de Pies Cúbicos por Día.

I.3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

I.3.1. Aspectos abióticos

- **Clima y condiciones atmosféricas.**

De acuerdo con la información contenida en los mapas digitales de climatología del INEGI, el proyecto y la totalidad de su área de influencia (AI) se encuentra ubicado en una zona que presenta un clima Am (f), cálido húmedo con lluvias todo el año (**Figura I.8**).

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura I.8. Clima Cálido húmedo Am(f) predominando el área de influencia del proyecto.

Para corroborar lo anterior, se revisó la información de la estación meteorológica 30-167 Tancochapa, localizada a 18.86 kilómetros al Noreste con respecto a la ubicación del Pozo Exploratorio Rayuela-1 (la más cercana al proyecto) y que cuenta con registros históricos desde 1951 hasta el 2010 (**Tabla I.13**). Según la información recabada, la temperatura promedio de la zona es de 26.0 °C. El mes más caluroso es mayo con 28.8°C y el más frío es enero con 22.5 °C. La

precipitación promedio anual es de 2,411.0 mm, presentando las máximas precipitaciones en el mes de septiembre con 407.9 mm y las mínimas en marzo con 39.8 mm.

Tabla I.13. Datos promedio de temperatura y precipitación (1951-2010) de la estación meteorológica 30-167 Tancochapa.

Mes	Temperatura promedio (°C)	Precipitación Promedio (mm)
Enero	22.5	134.5
Febrero	23.2	77.3
Marzo	25.5	39.8
Abril	27.6	43.2
Mayo	28.8	98.9
Junio	28.5	243.4
Julio	27.7	263.6
Agosto	27.8	284.5
Septiembre	27.4	407.9
Octubre	25.9	394.8
Noviembre	24.4	248.0
Diciembre	22.8	175.1
Anual	26°C	2,411.0

- **Fenómenos climatológicos.**

Algunos fenómenos hidrometeorológicos a los cuales está expuesta la zona del proyecto son los siguientes:

Nortes

Estas masas de aire frío y sus respectivos sistemas frontales, ocurren preferentemente de octubre a marzo, y son parte de ondas de escala sinóptica en latitudes medias que están asociadas con altas presiones que se originan al Este de las montañas Rocallosas en los Estados Unidos y que se propagan hacia los trópicos. Las circulaciones anticiclónicas asociadas a la onda pueden favorecer en el Golfo de México vientos de hasta 110 km/h, descensos en la temperatura, nubosidad baja y, en ocasiones, precipitación sobre las cordilleras del este de México.

Huracanes

Entre los meses de mayo a noviembre, en México se presentan en promedio 23 ciclones tropicales con vientos mayores a 63 km/h. En este orden, 14 ciclones tropicales ocurren en el océano Pacífico y nueve en el Golfo de México y el mar

Caribe, de los cuales cuatro inciden cada año sobre el territorio nacional o se acercan a menos de 100 Km, dos desde el Pacífico y dos desde el Atlántico. El ciclón más cercano al área de obra se presentó el 22 de septiembre de 1944, el cual se registró como Huracán tipo 1 sin nombre otorgado al mismo y que alcanzó vientos de hasta 129.64 km/hora (**Figura I.9**).

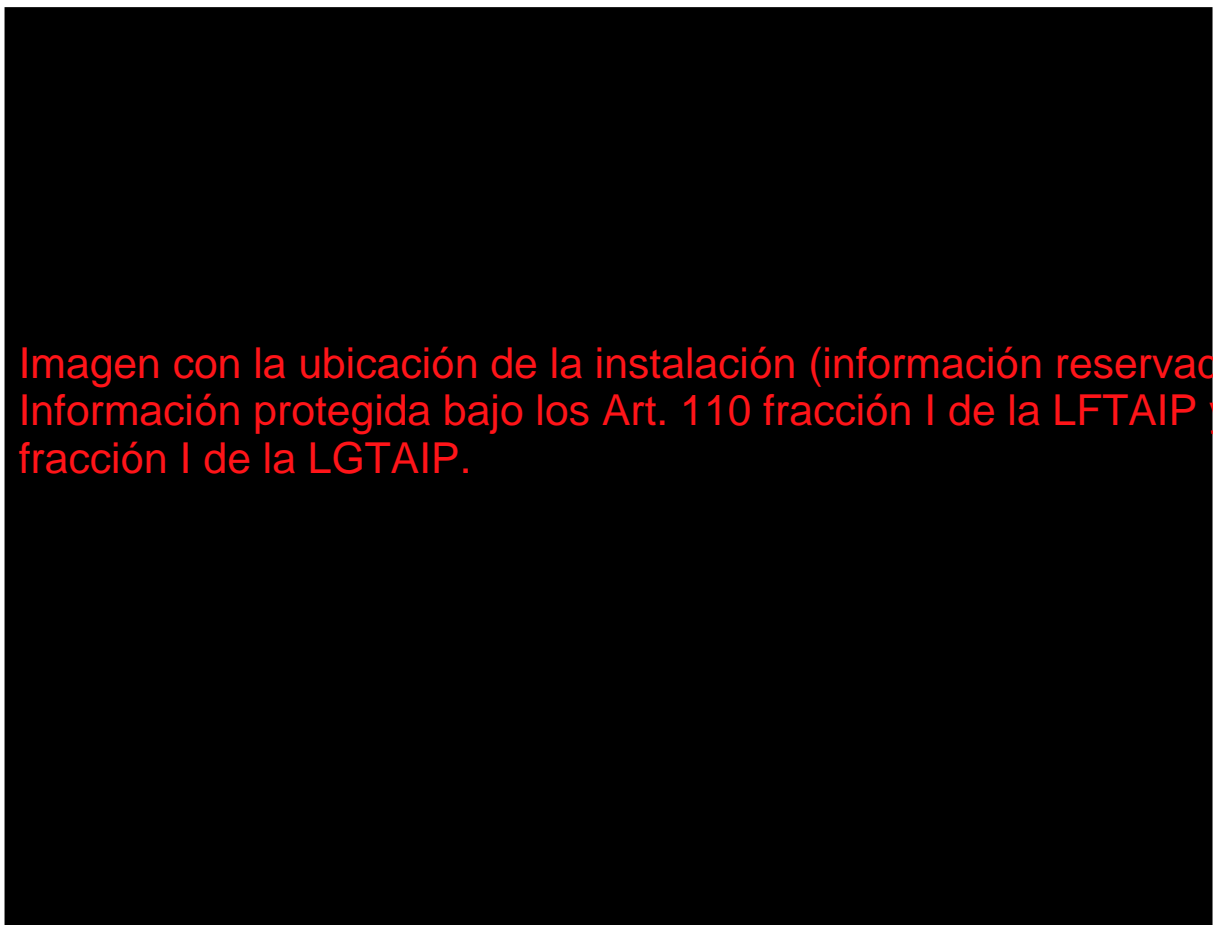


Figura I.9. Huracanes que han tenido su trayectoria con respecto el área del proyecto, desde 1851.

- **Características de relieve.**

El relieve presente en el proyecto y su área de influencia (AI) tiene una elevación media, caracterizado que van desde los 0.1 metros debajo del nivel de mar hasta sitios que alcanzan los 124 metros sobre el nivel del mar (**Figura I.10**).

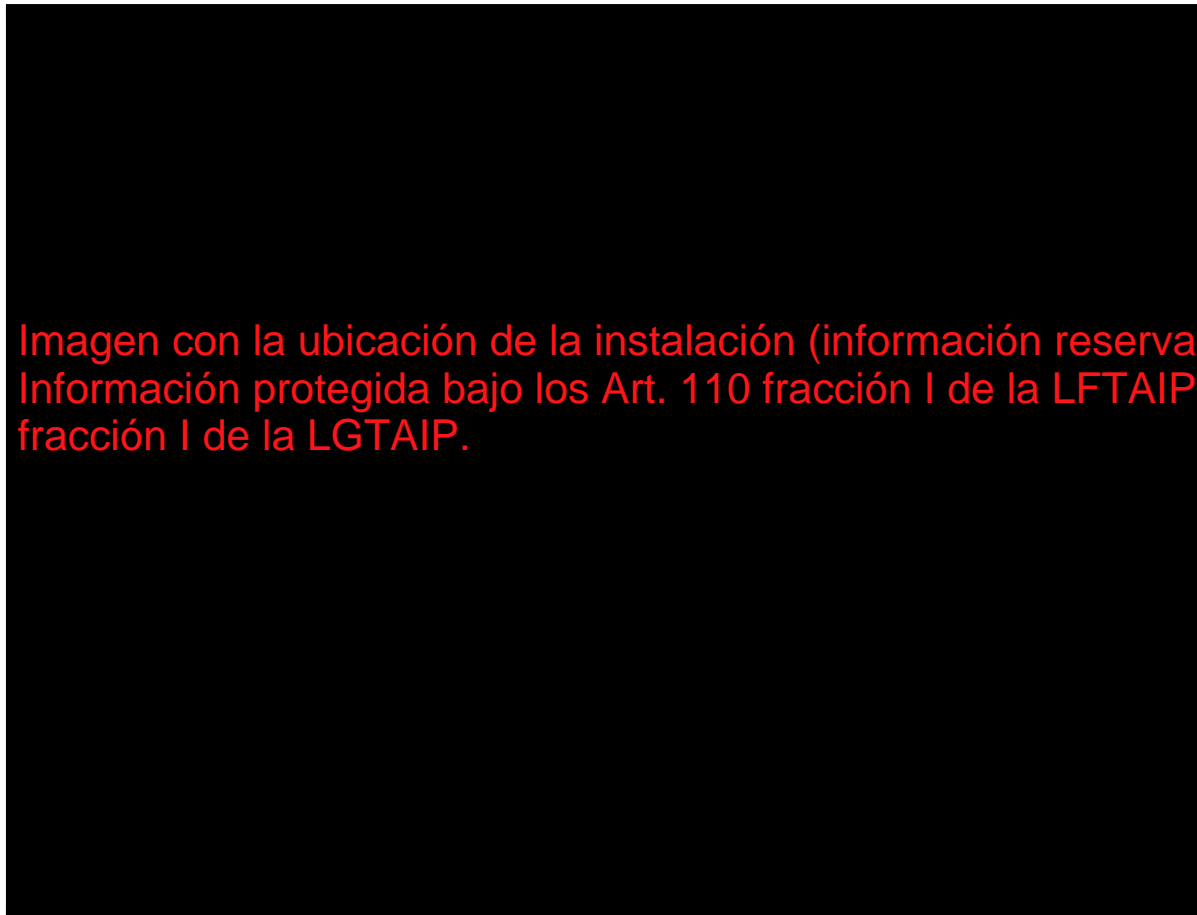


Figura I.10. Niveles de terreno homogéneos en el área de influencia del proyecto.

- **Suelo.**

De acuerdo con las cartas edafológicas digitales del INEGI, la zona del del proyecto se localiza sobre un tipo de suelo Luvisol órtico (Ao), así como los alrededores de su área de influencia (AI) (**Figura I.11**).

En la Guía para la Interpretación Cartográfica: Edafología, del INEGI, el suelo de tipo Luvisol está definido como:

"...Suelos rojos, grises y pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquello con alto contenido de arcilla y situados en pendientes fuertes. Los luvisoles son generalmente fértiles para la agricultura..."

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.11. Tipo de suelo (Luvisol) predominante en el área de influencia del proyecto.

- **Hidrografía**

El área de influencia del proyecto se encuentra ubicada dentro de la región hidrográfica 29 Coatzacoalcos; en la cuenca B. Río Coatzacoalcos, dentro de la subcuenca I. Uxpanapa. La cual es de tipo exorreica, drenando el flujo que capta en los 2,823.89 km² que tiene de superficie hacia la subcuenca a. Río Coatzacoalcos.

En el área de influencia del proyecto se pueden observar una cantidad importante de escurrimientos según los datos obtenidos en la carta hidrográfica del INEGI. Sin embargo, la mayoría son de tipo efímero e intermitente. Es importante mencionar, que en la **Figura I.12**, se puede apreciar un cruce del proyecto con un escurrimiento en la esquina inferior derecha, pero este es un escurrimiento efímero. Los escurrimientos que presentaron tirantes de agua están asociadas a los parches de vegetación riparia, los cuales no serán afectados por el proyecto.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.12. Red hidrográfica en el área de influencia del proyecto.

El proyecto y su área de influencia (AI) se encuentran ubicadas en su totalidad dentro del acuífero 3012. Costera de Coatzacoalcos, es cual es de tipo libre, con dirección de flujo subterráneo de sur a norte y noroeste fluyendo hacia la línea de costa.

El acuífero abarca una superficie de 12,213.59 kilómetros cuadrados. La profundidad del nivel estático varía entre los 0.00 a 43.25 metros de profundidad. Su salida es hacia el Golfo de México y su recarga se realiza por la parte sur, proveniente de la Sierra de Chiapas (**Figura I.13**).

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.13. Acuífero Coatzacoalcos, polígono donde se encuentra el área de influencia del proyecto.

VIII.3.2. Aspectos bióticos

- **Vegetación.**

El tipo de vegetación encontrado sobre el trazo propuesto para la realización de la obra, es principalmente de Pastizal inundable temporal con árboles dispersos.

- **Resultados encontrados del componente florístico en el área del proyecto.**

La vegetación en el área de obra está compuesta por pastizal inundable con árboles dispersos.

En general, se determinó una riqueza florística de 27 familias, 36 géneros y 39 especies vegetales (**Tabla I.14**). Esta riqueza está distribuida en 26 especies herbáceas (66.7 %), 7 especies arbóreas (17.9%), con dos especies están las especies arbustivas y bejucos (5.1 %) respectivamente, y con una especie cada una se ubicó al helecho y la palma (2.6 %).

Tabla I.14. Listado florístico de las especies registradas en el área de la obra.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana chrysoarpa</i>	Lecherillo	Árbol	*
2	Araceae	<i>Syngonium podophyllum</i>	Lengua de vaca	Hierba	*
3	Arecaceae	<i>Attalea butyracea</i>	Corozo	Palma	*
4	Asclepiadaceae	<i>Asclepias curassavica</i>	Rompe muelas	Hierba	*
5	Asteraceae	<i>Eclipta alba</i>	Mulito	Hierba	*
6		<i>Wedelia trilobata</i>	Hierba del toro	Hierba	*
7		<i>Vernonia cinerea</i>	Vernonia	Hierba	*
8	Bixaceae	<i>Bixa orellana</i>	Achiote	Arbusto	*
9	Boraginaceae	<i>Heliotropium indicum</i>	Moco de pavo	Hierba	*
10	Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo	Árbol	*
11	Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i>	Rompe platos	Bejuco	*
12	Cyperaceae	<i>Scleria pterota</i>	Navajuela	Hierba	*
13	Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	Hoja de lija	Árbol	*
14	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea composita</i>	Barbasco	Bejuco	*
15	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia marginata</i>	Marginata	Hierba	*
16	Fabaceae	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Palo gusano	Árbol	*
17		<i>Aeschynomene americana</i>	Cadillo	Hierba	*
18	Lamiaceae	<i>Hyptis brevipes</i>	Hyptis	Hierba	*
19		<i>Hyptis capitata</i>	Cabezona	Hierba	*
20	Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	Malva de puerco	Hierba	*
21	Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i>	Hoja de lata	Árbol	*
22	Mimosaceae	<i>Mimosa pigra</i>	Zarza	Arbusto	*
23		<i>Mimosa pudica</i>	Dormilona	Hierba	*
24	Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i>	Camaronera	Hierba	*
25	Poaceae	<i>Paspalum virgatum</i>	Pasto cabezón	Hierba	*
26		<i>Paspalum fasciculatum</i>	Pasto camalote	Hierba	*
27		<i>Cynodon plectostachyus</i>	Pasto estrella	Hierba	*
28		<i>Homolepis aturensis</i>	Pasto	Hierba	*
29		<i>Paspalum notatum</i>	Pasto remolino	Hierba	*
30		<i>Setaria geniculata</i>	Zacate amargo	Hierba	*
31		<i>Eragrostis hypnoides</i>	Pasto	Hierba	*
32		<i>Lasiacis divaricata</i>	Pasto	Hierba	*
33	Polygonaceae	<i>Polygonum acuminatum</i>	Camaroncillo	Hierba	*
34	Pontederiaceae	<i>Pontederia sagittata</i>	Jacinto	Hierba	*

Tabla I.14. Listado florístico de las especies registradas en el área de la obra.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010
35	Rubiaceae	<i>Spermacoce latifolia</i>	Hierba caliente	Hierba	*
36	Rutaceae	<i>Zanthoxylum kellermanii</i>	Rabo de lagarto	Árbol	*
37	Schizaeaceae	<i>Lygodium venustum</i>	Helecho rastrero	Helecho	*
38	Solanaceae	<i>Solanum hirtum</i>	Bolas de gato	Hierba	*
39	Verbenaceae	<i>Inga spuria</i>	Chelele	Árbol	*

- **Composición de la vegetación herbácea.**

En relación con las especies herbáceas registradas en el sitio, se observaron 30 especies, correspondientes a 26 géneros y pertenecientes a 19 familias botánicas, donde predominan las especies de Pasto cabezón (*Paspalum virgatum*) y pasto camalote (*Paspalum fasciculatum*), dentro de esta composición se registraron especies de bejucos, arbustiva y helecho, siendo estos, parte del ecosistema registrado (**Tabla I.15**).

Tabla I.15. Vegetación herbácea encontrada en los puntos de muestreo.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma biológica
1	Araceae	<i>Syngonium podophyllum</i>	Lengua de vaca	Hierba
2	Asclepiadaceae	<i>Asclepias curassavica</i>	Rompe muelas	Hierba
3	Asteraceae	<i>Eclipta alba</i>	Mulito	Hierba
4		<i>Wedelia trilobata</i>	Hierba del toro	Hierba
5		<i>Vernonia cinerea</i>	Vernonia	Hierba
6	Boraginaceae	<i>Heliotropium indicum</i>	Moco de pavo	Hierba
7	Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i>	Rompe platos	Bejuco
8	Cyperaceae	<i>Scleria pterota</i>	Navajuela	Hierba
9	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea composita</i>	Barbasco	Bejuco
10	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia marginata</i>	Marginata	Hierba
11	Fabaceae	<i>Aeschynomene americana</i>	Cadillo	Hierba
12	Lamiaceae	<i>Hyptis brevipes</i>	Hyptis	Hierba
13		<i>Hyptis capitata</i>	Cabezona	Hierba
14	Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	Malva de puerco	Hierba
15	Mimosaceae	<i>Mimosa pigra</i>	Zarza	Arbusto
16		<i>Mimosa pudica</i>	Dormilona	Hierba
17	Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i>	Camaronera	Hierba
18	Poaceae	<i>Paspalum virgatum</i>	Pasto cabezón	Hierba
19		<i>Paspalum fasciculatum</i>	Pasto camalote	Hierba
20		<i>Cynodon plectostachyus</i>	Pasto estrella	Hierba
21		<i>Homolepis aturensis</i>	Pasto	Hierba
22		<i>Paspalum notatum</i>	Pasto remolino	Hierba

Tabla I.15. Vegetación herbácea encontrada en los puntos de muestreo.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma biológica
23		<i>Setaria geniculata</i>	Zacate amargo	Hierba
24		<i>Eragrostis hypnoides</i>	Pasto	Hierba
25		<i>Lasiacis divaricata</i>	Pasto	Hierba
26	Polygonaceae	<i>Polygonum acuminatum</i>	Camaroncillo	Hierba
27	Pontederiaceae	<i>Pontederia sagittata</i>	Jacinto	Hierba
28	Rubiaceae	<i>Spermacoce latifolia</i>	Hierba caliente	Hierba
29	Schizaeaceae	<i>Lygodium venustum</i>	Helecho rastrero	Helecho
30	Solanaceae	<i>Solanum hirtum</i>	Bolas de gato	Hierba

Tabla I.16. Riqueza florística registrada en el área de la obra.

Forma biológica	Riqueza florística			
	Familias	Géneros	Especies	%
Árbol	7	7	7	17.9
Arbusto	2	2	2	5.1
Bejuco	2	2	2	5.1
Helecho	1	1	1	2.6
Hierba	16	23	26	66.7
Palma	1	1	1	2.6
Total			39	100

- **Composición de la vegetación arbórea.**

Para el caso de las especies arbóreas se registró un total de 14 individuos, pertenecientes a nueve especies, correspondiente a mismo número de géneros y familias botánicas (**Tabla I.17**).

Tabla I.17. Especies arbóreas registradas dentro del derecho de vía de la obra.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma biológica	No. de individuo
1	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana chrysocarpa</i>	Lecherillo	Árbol	1
2	Arecaceae	<i>Attalea butyracea</i>	Corozo	Palma	2
3	Bixaceae	<i>Bixa orellana</i>	Achiote	Arbusto	4
4	Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo	Árbol	1
5	Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	Hoja de lija	Árbol	NA
6	Fabaceae	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Palo gusano	Árbol	1
7	Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i>	Hoja de lata	Árbol	1
8	Rutaceae	<i>Zanthoxylum kellermanii</i>	Rabo de lagarto	Árbol	3
9	Verbenaceae	<i>Inga spuria</i>	Chelele	Árbol	1

NA: No aplica

- **Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Durante el recorrido por el trazo propuesto para la construcción de la obra, no se registraron especies listadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- **Cálculos de parámetros estructurales de la vegetación en el área de influencia del proyecto.**

Para el presente trabajo se realizó en el área de influencia del proyecto una unidad de muestreo arbóreo de 100 x 10 metros (1000 m²) para evaluar la importancia ecológica de las especies en el tramo muestreado, en la cual, se determinaron cálculos de parámetros estructurales básicos como:

Densidad (definida como el número de individuos por unidad de área).

Frecuencia (como el porcentaje de submuestras en las que aparece la especie).

Dominancia (estimada a través del total del área basal de una especie entre el área muestreada).

Valor de Importancia (Frecuencia relativa + Densidad relativa + Dominancia relativa) (Mueller-Dombois y Elleberg, 1974).

Así mismo, se analizó la distribución del área basal y abundancia de los individuos de las especies con mayor valor de importancia, para conocer la aportación de estas especies en la estructura del ecosistema muestreado (**Tabla I.18**).

Tabla I.18. Coordenadas de las áreas de muestreo.

Ecosistema	Vegetación predominante	Transecto	Punto	Coordenada UTM	
				X	Y
Vegetación Riparia	Arbóreo	1	Inicio	Coordenadas de ubicación de la instalación del proyecto. (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP 113 fracción I de la LGTAIP.	
		1	Final		

En este transecto, las especies más abundantes fueron *Andira galeottiana* y *Hampea macrocarpa*. Las especies con mayor aporte diamétrico son *Miconia argentea* con 34.4 centímetros y *Andira galeottiana* con 27.4 centímetros. En cuanto al aporte basimétrico las especies con mayor área fueron *Andira galeottiana* con 8.809 m² y *Zanthoxylum kellermanii* con 1.094 m². Las mayores alturas están dominadas por las especies *Zanthoxylum kellermanii* y *Miconia*

argentea con 10 metros respectivamente y *Andira galeottiana* con 8.2 metros. Las especies con mayor valor de importancia son *Andira galeottiana* con 166.1 %, *Hampea macrocarpa* con 38.5 % y *Zanthoxylum kellermanii* con 37.7 % (Tabla I.19).

Tabla I.19. Parámetros estructurales evaluados, con tamaños promedio de las especies arbóreas y su valor de importancia.

Familia	Nombre científico	Nombre común	No. Ind.	Diámetro	Altura	Área Basal	V.I.
				(cm)	(m)	(m ²)	(%)
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana chrysocarpa</i>	Lecherillo	1	8.6	3	0.058	7.6
Fabaceae	<i>Cassia grandis</i>	Caña	3	18.4	6	0.795	28.0
	<i>Andira galeottiana</i>	Macayo	13	27.4	8.2	8.809	166.1
Malvaceae	<i>Hampea macrocarpa</i>	Majagua	5	7.6	5.4	0.329	38.5
Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i>	Hoja de lata	1	34.4	10	0.928	14.9
Mimosaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Cornezuelo	1	3.8	6	0.011	7.2
Rutaceae	<i>Zanthoxylum kellermanii</i>	Rabo de lagarto	4	18.1	10	1.094	37.7

- **Fauna.**

Se registró un total de 87 individuos pertenecientes a 24 especies representados en 24 géneros, 17 familias y nueve órdenes. De los grupos taxonómicos muestreados, el grupo de las aves presentó la mayor abundancia con 67 individuos y una riqueza de 20 especies, seguido por los anfibios con 18 individuos y tres especies (Tabla I.20).

Tabla I.20. Riqueza y abundancia de fauna silvestre registrada por clase para el proyecto.

CLASE	RIQUEZA	ABUNDANCIA
Anfibios	3	18
Reptiles	1	2
Aves	20	67
Mamíferos	-	-
TOTAL	24	87

- **Riqueza y abundancia**

Las especies más abundantes fueron el Luis gregario (*Myiozetetes similis*) con nueve registros, y con ocho registros cada uno el semillerito collarejo (*Sporophila torqueola*), la golondrina gorjicafé (*Stelodopteryx serripennis*) y la ranita espumera de dedos marginados (*Leptodactylus melanonotus*).

Se registraron 67 aves, las cuales se clasifican en siete órdenes, 13 familias, 20 géneros y 20 especies. Las familias con mayor abundancia fueron la Tyrannidae (n=15), principalmente compuesta por individuos de Luis gregario (*Myiozetetes similis*) (n=9); familia Hirundinidae (n=8), representada por la especie *Stelgidopteryx serripennis*; y la familia Thraupidae con ocho individuos. No se registró la presencia de nidos activos en el área de obra.

Los registros de herpetofauna incluyen 18 individuos de anfibios, clasificados en tres familias del orden Anura. La familia de mayor abundancia fue la Leptodactylidae, representada por la ranita espumera de dedos marginados (*Leptodactylus melanonotus*) con ocho registros. La lagartija espinosa vientre rosado (*Sceloporus variabilis*) (n=2), fue la única especie del grupo de los reptiles, esta especie pertenece a la familia Phrynosomatidae del orden Squamata.

Para grupo de mamíferos no se registró la presencia de individuos en el área de obra y área de influencia.

- **Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Se registraron dos especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de **Sujetas a protección especial (Pr)** se registró a la oropéndola de Moctezuma (*Psarocolius montezuma*) y a la rana de Brown (*Lithobates brownorum*).

Tabla I. 21. Especies registradas previo a la construcción del proyecto.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059-SEMARNAT-2010	NO. INDIVIDUOS
Clase Aves			
Aguililla caminera	<i>Rupornis magnirostris</i>	-	1
Carpintero grande crestirrojo	<i>Dryocopus lineatus</i>	-	1
Carpintero pechileonado común	<i>Melanerpes aurifrons</i>	-	2
Chara papan	<i>Psilorhinus morio</i>	-	3
Garrapatero pijuy	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	-	5
Garzón blanco	<i>Ardea alba</i>	-	1
Golondrina gorjicafé	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	-	8
Luis bienteveo	<i>Pitangus sulphuratus</i>	-	3
Luis gregario	<i>Myiozetetes similis</i>	-	9
Mascarita norteña	<i>Geothlypis trichas</i>	-	2
Matraca barrada tropical	<i>Campylorhynchus zonatus</i>	-	6
Oropéndola moctezuma	<i>Psarocolius montezuma</i>	Pr	2
Paloma aliblanca	<i>Zenaida asiatica</i>	-	2
Paloma morada ventrioscura	<i>Patagioenas flavirostris</i>	-	1

Tabla I. 21. Especies registradas previo a la construcción del proyecto.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059-SEMARNAT-2010	NO. INDIVIDUOS
Semillerito collarero	<i>Sporophila torqueola</i>	-	8
Tirano tropical común	<i>Tyrannus melancholicus</i>	-	3
Tordo cantor	<i>Dives dives</i>	-	1
Zanate mexicano	<i>Quiscalus mexicanus</i>	-	4
Zopilote aura	<i>Cathartes aura</i>	-	1
Clase Anfibios			
Rana arborícola trompuda	<i>Scinax staufferi</i>	-	4
Rana de Brown	<i>Lithobates brownorum</i>	Pr	6
Ranita espumera de dedos marginados	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	-	8
Lagartija espinosa vientre rosado	<i>Sceloporus variabilis</i>	-	2
Clase Reptiles			
Lagartija espinosa vientre rosado	<i>Sceloporus variabilis</i>	-	1

I.3.3. Análisis de vulnerabilidad por fenómenos naturales.

En materia de vulnerabilidad por fenómenos naturales, se identificaron los siguientes riesgos en la zona del proyecto **“Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1”**.

- **Sismos**

El sitio de estudio se localiza en una zona donde concurren diversas unidades geológicas tales como las de subprovincia alto de Chiapas y de la Sierras del Sur de Chiapas, en los dos casos con respecto a la superficie de interés, está también se encuentra enclavada en una confluencia de diversas conformaciones geológicas con características diferentes entre sí. En la parte Norte colinda con el Golfo de México y áreas inundadas y llanuras predominantes en el límite del municipio de Las Choapas, Veracruz y el estado de Tabasco. Los movimientos telúricos registrados son de 3 y 4 grados en la escala de Richter, esta magnitud no provoca desplazamientos geológicos que puedan afectar los asentamientos humanos y desde la perspectiva histórica, el estado físico de las construcciones en la zona, no indica daños propiciados por este tipo de fenómenos telúricos.

Adicionalmente la parte del Centro y Sur de Veracruz, a excepción de algunas zonas colindantes con Oaxaca, se ha clasificado como área con probabilidad media alta (nivel VIII) de ocurrencia de eventos Sísmicos, esto en base de la escala de Richter, a su vez, la magnitud sísmica observada a partir de los datos

estadísticos históricos del intervalo de 1990 a 1989, en el área cercana al Cerro de Nanchital y la próxima colindante con los estados de Tabasco, Chiapas y Oaxaca, no muestran epicentros mayores de 7 grados en la escala de Richter, el historial sísmico regional indica que la actividad manifestada es de bajo riesgo, en forma específica para el área de estudio, no se observan efectos destructivos a consecuencia de la actividad sísmica, a partir de la situación actual de las construcciones civiles o instalaciones de la industria petrolera de esta zona.

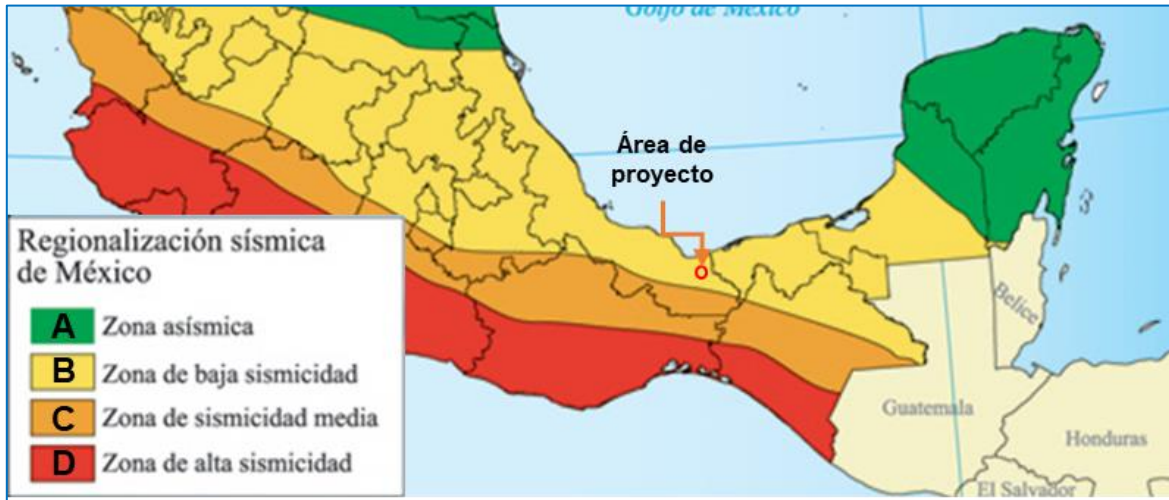
El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), clasifica a nuestro país en cuatro regiones sísmicas que van de menor a mayor riesgo de que ocurran sismos de acuerdo a su ubicación geográfica. Dicha regionalización incluye cuatro zonas llamadas A, B, C y D que indican el grado de riesgo que existe en caso de que ocurra un sismo.

Las otras dos zonas (B y C) son zonas moderadas, 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.

La zona D clasificada como severa, 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.

De acuerdo con esta regionalización sismológica, el estado de Tabasco, está incluido dentro de la zona B y está considerado como una zona tectónicamente estable, con bajos índices sísmicos.

Los movimientos telúricos registrados son de 3 y 4 grados en la escala de Mercalli, esta magnitud no provoca desplazamientos geológicos que puedan afectar los asentamientos humanos y desde la perspectiva histórica, el estado físico de las construcciones en la zona, no indica daños propiciados por este tipo de fenómenos telúricos.



Fuente: Regionalización Sísmica de la República Mexicana publicada en el Manual de Obras Civiles de la (CENAPRED).

Figura I.14. Regionalización sísmica de la República Mexicana.

Como se puede observar en la imagen anterior, el área de proyecto se encuentra en la zona sísmica “B”, considerada como Zona de Baja Sismicidad.

- **Corrimiento de tierra.**

Una característica casi invariable que puede dar origen a un deslizamiento o corrimiento de tierra es “la presencia o ausencia de agua”, según el tipo de formación geológica involucrada. Muchos de los taludes naturales se encuentran en una condición potencialmente inestable, de manera que los movimientos y los colapsos se pueden iniciar con facilidad. Los temblores intensos junto con los procesos de erosión son causas comunes que pueden actuar en diversas formas, aunque muy probablemente el factor más importante de todos los que pueden provocar un problema de inestabilidad de laderas naturales, sea el cambio en las condiciones de contenido de agua del subsuelo. Esto puede ser generado por interferencia con las condiciones naturales de drenaje, evaporación excesiva de suelos que normalmente están húmedos o un incremento en el agua del subsuelo producido por lluvias excesivas.

De acuerdo con los datos proporcionados por el CENAPRED, la zona de donde se encuentra el área de proyecto no presenta riesgos de deslizamientos o corrimientos de tierra, dado que el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave se caracteriza por encontrarse fisiográficamente en una planicie aluvial.



Fuente: CENAPRED, 2001.

Imagen I.15. Áreas susceptibles a deslizamientos o corrimientos de tierra en México.

- **Derrumbes o hundimientos.**

Desde el punto de vista geomorfológico, el área de estudio se encuentra asentada sobre la Llanura Costera veracruzana, la cual se caracteriza por presentar pendientes suaves alejadas de cualquier elemento montañoso con escarpes, tampoco existen movimientos de capas de tierra que pongan en riesgo a la zona debido a derrumbamientos o hundimientos.

- **Inundación.**

Por su ubicación geográfica, el litoral Veracruzano está sujeto a los embates frecuentes tanto de sistemas ciclónicos tropicales durante el verano, como el paso de sistemas frontales durante el invierno, en ambos casos, amplios sectores de la población particularmente aquellos que habitan en zonas marginadas, sufren afectaciones muy severas por las inundaciones, ya que implican no sólo la pérdida de bienes materiales y la interrupción de sus actividades productivas y en muchos casos la pérdida de vidas humanas.

Las inundaciones hacia la Llanura Costera veracruzana, es un fenómeno que año con año sufre la entidad. De acuerdo con su origen éstas pueden ser pluviales, fluviales y costeras. Las pluviales se presentan en épocas de lluvias por la precipitación característica de las diferentes zonas de la entidad o provocadas por los huracanes que también afectan al estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, además de las inundaciones fluviales que son causadas por el desbordamiento de los múltiples ríos, las zonas costeras son afectadas por las tormentas, produciendo daños como la rotura de las obras de defensa costera, el socavamiento de los cimientos en los edificios costeros, el naufragio de las

embarcaciones, la destrucción de las instalaciones portuarias y la erosión de las playas.

Los municipios y poblaciones susceptibles de afectación por inundaciones, de acuerdo con los registros estadísticos del Sistema de Captura de Calamidades de la Secretaría de Protección Civil, así como por las características de los ríos y arroyos que integran la cuenca de la zona de estudio, en ocasiones la zona costera del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave se ve seriamente afectado por el fenómeno de las inundaciones.

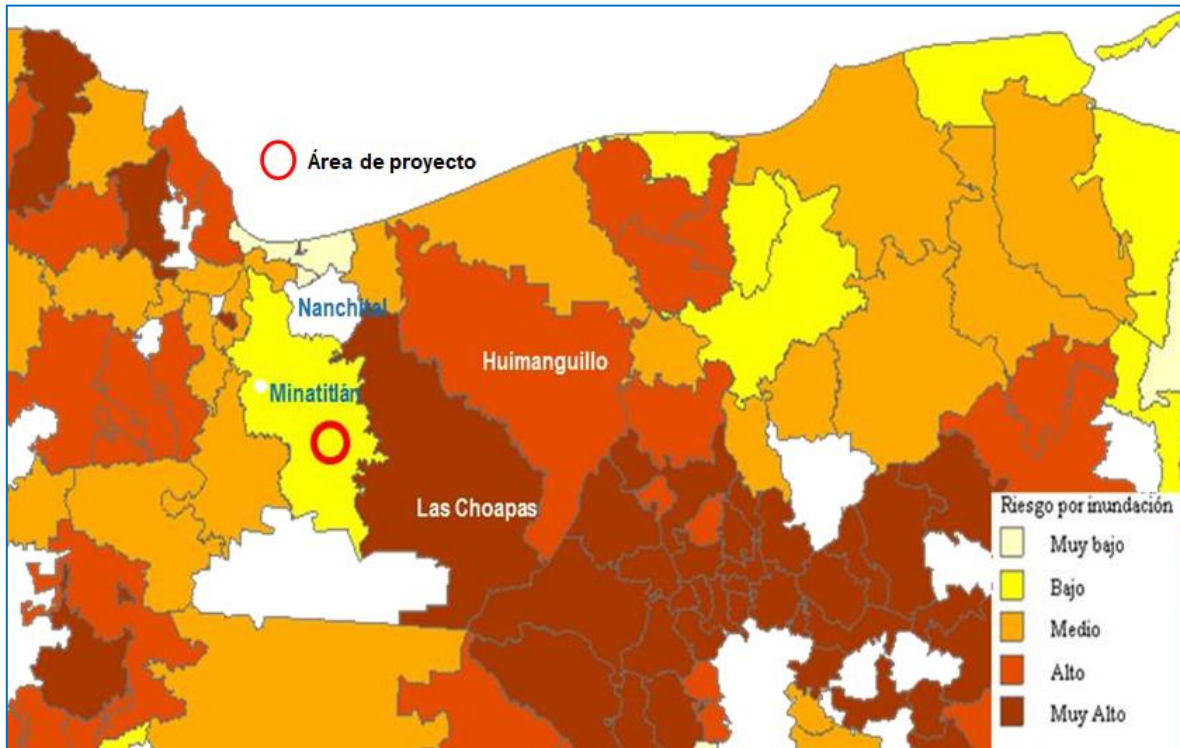
En la **Tabla I.22** se registran las inundaciones más severas presentadas para el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

Tabla I.22 Inundaciones en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave

Año	Descripción
2005	Inundaciones Provocadas por el Huracán Stan en los primeros días del mes de octubre abarcando la planicie costera y varios puntos serranos de toda la entidad causando pérdidas materiales, un millón y medio de damnificados doce mil viviendas afectadas, así como vías de comunicación.
2010	El Huracán Karl tocó tierra al Norte de Veracruz causó caída de árboles, techos, crecidas en las cuencas de los ríos Pánuco, Tuxpan, Cazonas, Tecolutla, Nautla, Colipa, Misanta y Actopan.
2013	El frente frío 12 ocasionó lluvias torrenciales (150 mm), los primeros aguaceros inundaron más de 20 colonias en los municipios de Minatitlán, Coatzacoalcos y Catemaco.
2020	Se declara como zona de desastre al municipio de Las Choapas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, por la presencia de lluvia severa el día 30 de octubre de 2020 e inundación fluvial e inundación pluvial del 30 de octubre al 1 de noviembre de 2020; y al municipio de Moloacán de dicha Entidad Federativa, por la presencia de inundación pluvial del 30 de octubre al 1 de noviembre de 2020.

Fuente: Zonas con Riesgo de inundaciones en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

En la **Figura I.16**, se presenta el mapa de riesgo de inundación en el área de proyecto



Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Imagen I.16. Mapa de riesgo de inundación en la zona de estudio

Tomando como referencia la documentación emitida por el CENAPRED, el área de proyecto se ubica en una zona en donde la posibilidad de inundación es de **Riesgo Bajo**.

- **Pérdida de suelo debido a la erosión.**

La erosión se define como la pérdida de la capa superficial de los suelos por efecto de la lluvia, el viento y los desplazamientos laterales de masas de tierra. En las zonas tropicales, el agente erosivo más importante es el agua de lluvia.

Erosión hídrica. La fuerza desarrollada por las lluvias intensas, al caer sobre césped denso o en el mantillo de los bosques, es atenuada por la cubierta vegetativa. Parte del agua absorbida por la vegetación, parte queda a disposición de las plantas. En estas condiciones el escurrimiento superficial es poco o nulo, y el lavado o erosión de los suelos es insignificante.

Según el Inventario Nacional Forestal y de Suelos, la pérdida de suelo ocasionada por el agua para el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, presento más del 50% de su superficie sin riesgo aparente de erosión hídrica y para la erosión

eólica potencial se encuentra dentro de la clasificación de severa, moderado, ligera y sin riesgo de erosión aparente.

- **Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos.**

La contaminación de las aguas superficiales en los ríos de Veracruz de Ignacio de la Llave se debe principalmente al depósito temporal de basura, descarga de aguas negras, desechos agroindustriales e industriales, además de envases de agroquímicos utilizados en las labores del campo. Estos contaminantes pueden permanecer en los cuerpos de agua de manera temporal.

Los riesgos de contaminación a los cuerpos de agua por las actividades propias de la zona son nulos ya que PEMEX, para cada etapa de los procesos propios se contemplan medidas para prevenir los posibles impactos al medio ambiente.

- **Riesgos radiactivos.**

Las posibilidades de riesgos radioactivos son nulas, ya que no existen en la zona de estudio fuentes naturales o artificiales que los puedan ocasionar, además de que no se manejan sustancias consideradas como radioactivas.

- **Huracanes.**

Un ciclón tropical consiste en una gran masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de espiral alrededor de una zona central de baja presión. Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro o la intensidad de sus vientos, se les denomina depresión tropical (presión de 1,008 a 1,005 milibares o velocidad del viento menor a 63 km/h), tormenta tropical (presión de 1,104 a 985 mb o velocidad del viento entre 63 y 119 km/h) y huracán (presión menor a 984 mb o velocidad del viento mayor a 119 km/h), se clasifican de acuerdo a la escala de ciclones Saffir-Simpson (características de los posibles daños materiales e inundaciones).

La República Mexicana, debido a su ubicación entre los paralelos 16° y 32° latitud Norte y la gran extensión de litorales con que cuenta, es afectada por huracanes tanto en las costas del Pacífico como en las del Golfo de México y el Caribe.

México se ha visto devastado a lo largo de su historia por estas formaciones, las cuales alcanzan diferentes categorías dependiendo de la fuerza de sus vientos

que van desde 118 km/h (categoría 1) hasta los 250 km/h (categoría 5), causando daños severos en las actividades agropecuarias, turísticas y la economía en general de diversas zonas del país. En el estado de Veracruz llueve la mayor parte del año, abarcando este periodo, del mes de junio al de marzo. Las lluvias se intensifican en el verano, cuando se dan los grandes aguaceros, mientras que en otoño e invierno se presentan los nortes y huracanes, que son tormentas acompañadas de fuertes vientos provenientes del Golfo de México.

El mapa de peligro por incidencia de ciclones tropicales del CENAPRED se elaboró a partir de un estudio que consistió en analizar estadísticamente la incidencia de trayectorias de ciclones tropicales en una malla de cuadros de 2° de latitud por 2° de longitud. Una vez que se determinó la malla de estudio sobre la República Mexicana se trazaron las trayectorias de ciclones tropicales sobre la misma y se calculó la probabilidad de que pase un ciclón tropical en cada uno de los cuadros, con lo cual se puede contar con un criterio para definir un nivel de peligro muy alto, alto, mediano bajo y muy bajo.

De acuerdo con los datos proporcionados por el CENAPRED, el área de proyecto está considerado como de **Riesgo Muy Bajo** en lo que respecta a incidencias por ciclones tropicales, presentándose lluvias que pueden provocar inundaciones en determinada temporada del año.

En la Figura I.17, se presenta el mapa de peligros por incidencia de ciclones tropicales para el área de proyecto.



Fuente: Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres).

Figura I.17. Mapa de Riesgo de ciclones tropicales en la zona de estudio

VIII.3.4. Historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área de las instalaciones

No se cuenta con información sobre historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área donde se desarrollará el proyecto.

VIII.3.5. Zonas Vulnerables de Población: Casas, poblaciones, escuelas, hospitales, centros comerciales, templos, unidades habitacionales de alta densidad, parques, etc.

En la zona proyecto no existen casas, poblaciones, escuelas, hospitales, centros comerciales, templos, unidades habitacionales de alta densidad, parques etc.; que pudieran ser vulnerables ante algún escenario de riesgo y ocasionar consecuencias.

Estas son las localidades más cercanas al proyecto de Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela-1, ya que dentro del radio de 500 metros sólo se encuentra una localidad a 481 m.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.18. Localidades cercanas al sitio de proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

VIII.3.6. Componentes ambientales: Cuerpos de agua, regiones hidrológicas prioritarias, regiones marinas prioritarias, regiones terrestres prioritarias, áreas de importancia para la conservación de aves, sitios Ramsar1

- **Cuerpos de agua.**

Dentro de los 500 metros no se encuentran cuerpos de agua, sólo escurrimientos temporales causados por las lluvias y se tienen establecidas las medidas de mitigación y control, para evitar impactos que los pudiesen afectar, derivado por las actividades de la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela-1.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.19. Cuerpos de agua y escurrimientos cercanos al sitio del proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

De acuerdo con el dato analizado del INEGI, 2010; el sitio de proyecto se encuentra ubicado en la Región Hidrológica Coatzacoalcos RH29, Cuenca R. Coatzacoalcos, Subcuenca R. Uxpanapa RH29BI.

- **Regiones hidrológicas prioritarias**

El sitio de proyecto se encuentra dentro de la Región Hidrológica Prioritaria de Región Golfo de México Cuenca Media y Alta de Río Uxpanapa.

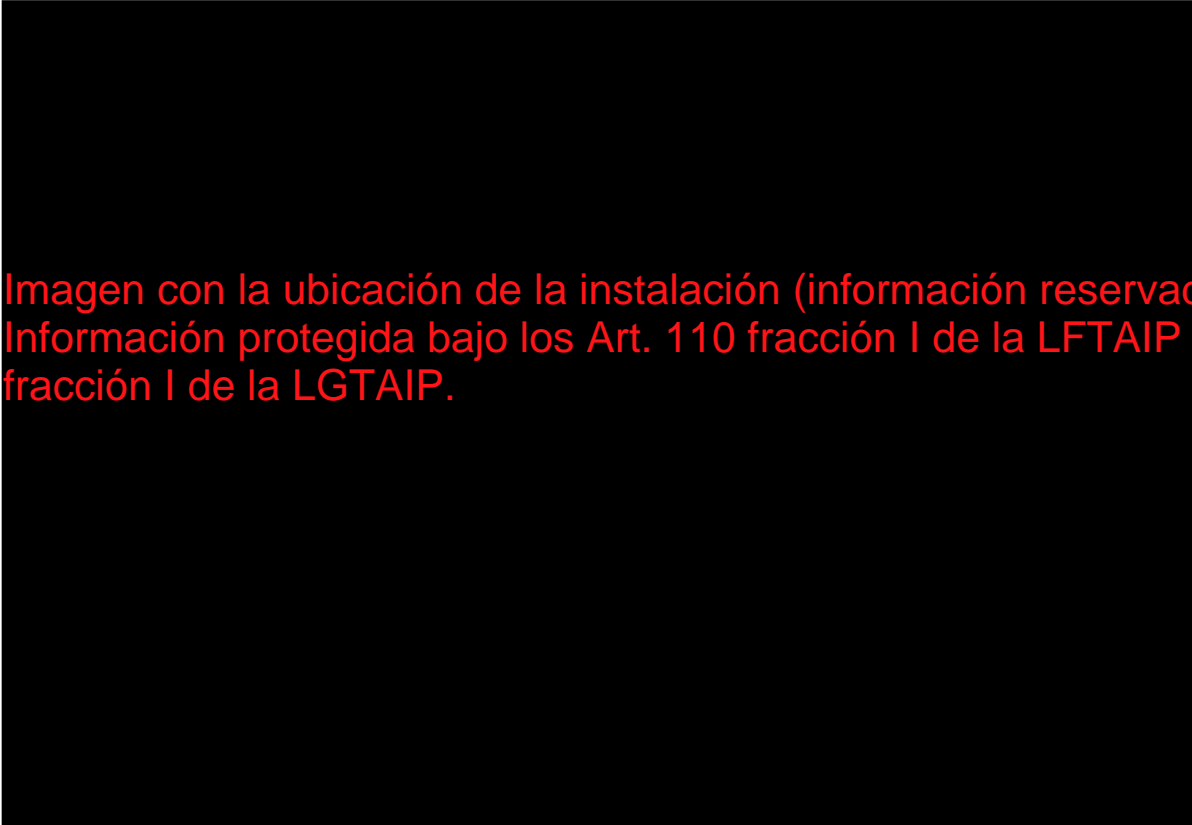


Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.20. Región hidrológica prioritaria que incide con el proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

- **Regiones marinas prioritarias.**

El sitio de proyecto no se encuentra dentro de ninguna Región Marina prioritaria, la región más cercana es Delta Río Coatzacoalcos a una distancia de 9,750 m y le aproxima Pantanos de Centla – Laguna de Términos a una distancia aproximada de 22,000 metros.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.21. Región marina prioritaria que incide con el proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

- **Regiones terrestres prioritarias.**

El sitio de proyecto se encuentra cercana a la Región Terrestre Prioritaria de Selva Zoque - La Sepultura, a una distancia de 28,800 metros.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.22. Región terrestre prioritaria que incide con el proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

- **Áreas de importancia para la conservación de aves.**

El sitio de proyecto no se encuentra dentro de alguna área de importancia para la conservación de aves, la más cerca se encuentra a 27,511 metros, siendo ésta el AICA Uxpanapa.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.23. Área de importancia para la conservación de aves que incide con el proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

- **Sitios Ramsar1**

El sitio de proyecto no se encuentra dentro de Sitios Ramsar1, el más cercano es Manglares y Humedales de la Laguna de Sontecomapa y se encuentra a 110 km al Noreste.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.24. Sitios Ramsar cercanos al sitio del proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

I.3.7. Infraestructura vial (carreteras y ferrocarril) e industrial (ductos, líneas de alta tensión y plantas industriales)

No existe ninguna infraestructura industrial a 500 metros, sólo una carretera vecinal a una distancia de 165 metros, la cual contará con las medidas preventivas de control correspondientes para quienes transite por ella, también existirá un camino de acceso al sitio de proyecto, el cual será construido como obras complementarias para la Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela-1.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.25. Infraestructura vial e industrial que incide con el proyecto “Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1”.

I.3.8. Uso del suelo

De acuerdo con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación serie VI del INEGI, el área del proyecto y su área de influencia (AI) se encuentran totalmente ubicadas en una vegetación de Pastizal cultivado (100%) predominado por las especies de pasto cabezón (*Paspalum virgatum*) y pasto camalote (*Paspalum fasciculatum*). Estas formaciones vegetales son muy comunes en el sitio, donde se pueda apreciar una predominante vocación para el pastoreo intensivo de ganado bovino (**Figura I.26**).

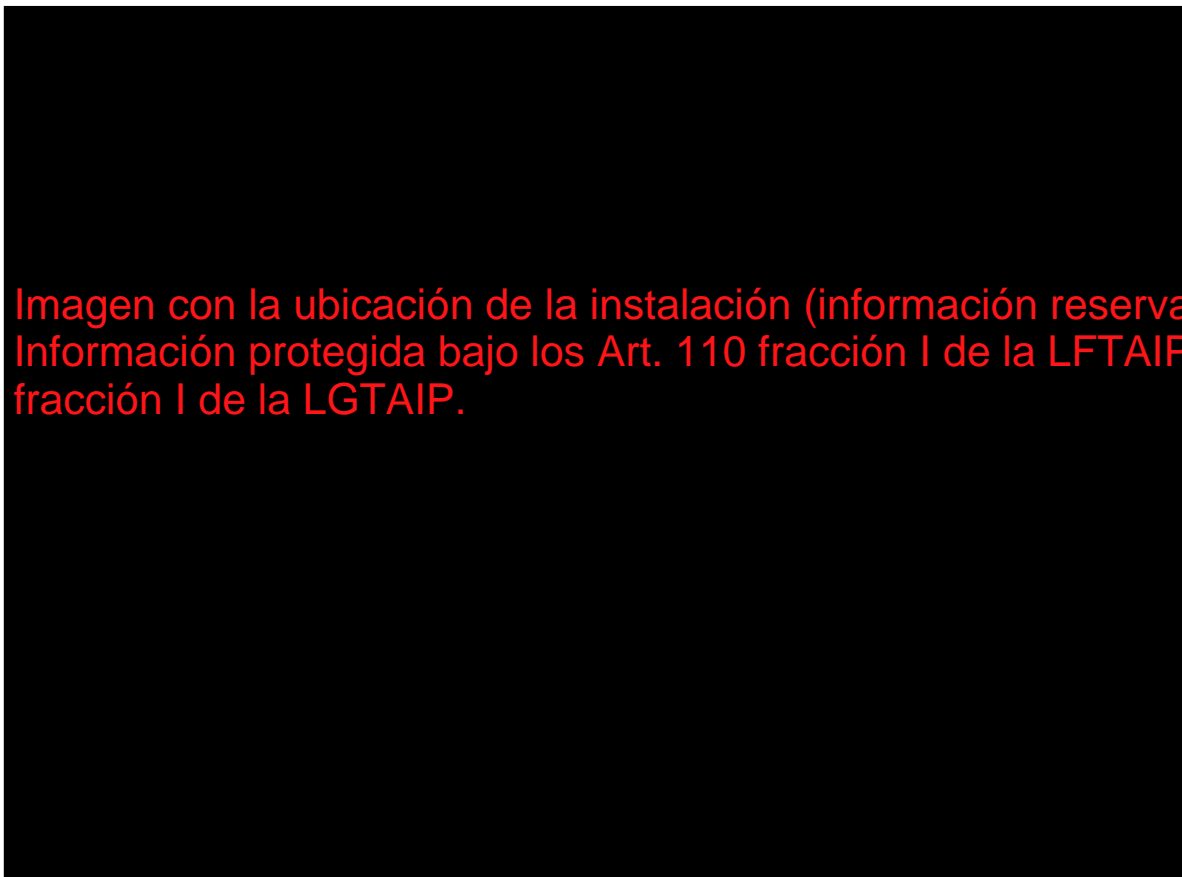


Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113
fracción I de la LGTAIP.

Figura I.26. Vegetación y uso suelo del sitio del proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

I.4. ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

I.4.1. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares

La mayoría de los accidentes mayores y el estudio de sus causas y consecuencias, han permitido la renovación de legislaciones nacionales e internacionales, por lo que, en el ámbito legal y jurídico, su importancia para un adecuado manejo y control de sustancias peligrosas es prioritaria.

Los hidrocarburos y sus derivados representan una industria de alto riesgo debido a sus características de inflamabilidad y/o explosividad. Adicionalmente, existe el riesgo de derrames o fugas, que también pueden causar importantes daños a personas, bienes o al medio ambiente.

El análisis histórico permite un conocimiento real de los descontrolados en el proceso y otras situaciones anormales ocurridas en instalaciones semejantes, hecho que ayuda al planteamiento de situaciones accidentales factibles.

Tabla I. 23. Situaciones anormales ocurridas en instalaciones semejantes.

N°	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia(s) Involucradas(s)	Evento	Causa(s) del accidente o incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otras)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada
1	2001	Rio de Janeiro	Offshore P-36, Petrobras	Gas	Incendio/ Explosión	Sobrepresión/Ignición de vapores	Medio Ambiente/Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
2	2005	India	Offshore Mumbai High North	Gas	Incendio	Fuga de gas	Medio Ambiente/Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
3	2007	México	Offshore Usumacinta	Gas sulfhídrico	Incendio	Fuga de gas	Medio Ambiente/Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
4	2009	Australia	Offshore West Atlas	Petróleo y Gas	Incendio/ Hundimiento	Fuga de Petróleo y gas	Medio Ambiente/Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
5	2010	Golfo de México	Offshore Deepwater Horizon	Petróleo y Gas	Explosión /Incendio	Fuga de Petróleo, gas y fallas operativas.	Medio Ambiente/Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
6	2010	Golfo de México	Plataforma de la Cía. Mariner Energy ME.N	Petróleo y Gas	Explosión /Incendio	Fuga de gas	Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
7	2013	México	Campo Terra	Petróleo y Gas	Incendio	Fuga de gas	Medio Ambiente/Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
8	2014	México	Plataforma Blake Rig	Aceite	Incendio	Calentamiento y fuga de aceite	Instalación	No se mencionan	Internet
9	2015	México	Petroquímica básica de Ciudad Pemex	Gas	Incendio en torre de enfriamiento	Fuga de gas	Instalación	No se mencionan	Internet
10	2015	México	Sonda de Campeche Abkatun	Gas	Incendio	Fuga de gas	Personas /Instalación	No se mencionan	Internet

Tabla I. 23. Situaciones anormales ocurridas en instalaciones semejantes.

N°	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia(s) Involucradas(s)	Evento	Causa(s) del Accidente o Incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otras)	Acciones realizadas para su atención.	Fuente consultada
11	2015	México	Sonda de Campeche satélite Akal-H	Gas y Aceite	Incendio	Fuga de gas	Instalación	No se mencionan	Internet
12	2015	México	Refinería Lázaro Cárdenas	Hidrógeno	Incendio	Fuga de gas Hidrógeno	Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
13	2016	México	Sonda de Campeche Abkatun Campo Samaria, municipio de	Gas y Aceite	Explosión /Incendio	Ruptura de separador	Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
14	2016	México	Cunduacán, Tabasco	Gas y Aceite	Incendio	Fuga de gas y aceite	Instalación	No se mencionan	Internet
15	2016	México	Clorados 3, Planta pajaritos, Coatzacoalcos	Cloruro de vinilo	Explosión /Incendio	Fuga de Cloruro de vinilo	Medio Ambiente/Personas /Instalación	No se mencionan	Internet
16	2017	México	Terrestre Pozo Girasol 1 Comunidad La Libertad,	Aceite	Derrame	Fuga de Aceite	Medio Ambiente	No se mencionan	Internet
17	2017	México	en Huimanguillo, Tabasco	Hidrocarburo	Derrame	Fuga y emanación en tuberías	Medio Ambiente	No se mencionan	Internet
18	2020	Rusia	Termoeléctrica de Norilsk	Diésel	Derrame	Derrumbe de Tanque de Diésel	Medio Ambiente	No se mencionan	Internet

I.4.2. Identificación de peligros y de escenarios.

Los puntos de riesgo de cualquier instalación se enfocan a todas aquellas áreas de operación que en un momento dado pueden causar daño al personal, a las instalaciones o al ambiente, ya sea por explosión incendio o toxicidad.

Para la identificación, evaluación y jerarquización del riesgo de las obras tipo que conforman el Proyecto, se considera en primer término la selección de la técnica de identificación de riesgos, posteriormente se realiza un análisis y evaluación de

los riesgos identificados para jerarquizarlos de acuerdo con su nivel de peligrosidad y finalmente se analizan las consecuencias de la ocurrencia de los riesgos identificados.

✓ **Conformación del grupo multidisciplinario de análisis y evaluación de riesgo (GMAER).**

Con la finalidad de contar con el personal técnico, operativo y administrativo con funciones de opiniones decisivas durante todo el proceso de desarrollo del Análisis de Riesgo, así como en la aplicación de metodologías de identificación de riesgos y que den veracidad a los resultados esperados.

La formalidad de este se documenta a través de una Acta Constitutiva en una Minuta de Trabajo, en la cual se enlistan a cada uno de los integrantes. En la sección de anexos, **Anexo I-B**, se puede consultar el Acta Constitutiva del GMAER conformado.

Del GMAER se contempla al personal participante en las sesiones de la (s) metodología (s) aplicables en la identificación de peligros, como es el caso de la Metodología la **¿QUÉ PASA SÍ? (¿WHAT IF?)** con la finalidad de cubrir mayores desviaciones dentro del ciclo de vida del proyecto.

Como parte del procedimiento de la metodología, para las sesiones **¿QUÉ PASA SÍ?** se requiere de un grupo de especialistas, con las siguientes funciones y responsabilidades:

- **Líder del estudio:**
 - Preparación del estudio y su desarrollo.
 - Selección y disposición de información importante en la planeación y durante las sesiones de trabajo.
 - Proponer palabras guía y desviaciones operativas (palabra guía + variable).
 - Dirigir las sesiones.
- **Secretario:**
 - Llevar registro del análisis durante las sesiones de trabajo.
 - Documentar los resultados.

- **Especialistas:**

- Describir unidades de estudios considerando condiciones de operación y diseño.
- Describir cómo puede ocurrir una desviación definida y el comportamiento del sistema ante su presencia.
- Descripción de las posibles consecuencias de una desviación, el nivel de peligrosidad y medidas preventivas y mitigadoras existentes.
- Proponer recomendaciones de medidas preventivas y mitigadoras, que se considere faltante e importante para el proceso o que complemente a lo existente.
- Participar activamente con opiniones de interés y fundadas desde sus áreas de especialidad.

- ✓ **Selección de la metodología.**

Existen diversas metodologías empleadas para identificar riesgos, aplicables a cada situación, de las cuales las más utilizadas son las siguientes:

- Listas de verificación (Check list).
- **¿Qué pasa sí? (What if).**
- Análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA).
- Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP).
- Análisis de árboles de eventos (AAE-ETA).
- Análisis de árboles de falla (AAF-FTA).

Cada metodología tiene sus fortalezas y debilidades, y se puede emplear en diferentes etapas del proceso, incluso el utilizar más de una metodología es factible dependiendo de la etapa y las necesidades del proyecto.

Entre los factores a considerar al seleccionar la metodología más adecuada para la identificación de riesgos, se encuentran:

- Motivo del estudio.
- Tipo de resultado requerido.
- Tipo de información disponible
- Características del problema (tipo de proceso).
- Riesgo asociado con el proceso o actividad.
- Disponibilidad de recurso/preferencia de analista.

De lo anterior, se optó por emplear la metodología ¿Qué pasa sí? (What if) para analizar las actividades de perforación, esta técnica involucra personal de diferentes disciplinas aunado a la disponibilidad de información técnica del proceso analizados, resultando útil y enriquecedor el contrastar distintos puntos de vista del personal en diversas áreas de un proceso que pueden ayudar a identificar situaciones de riesgo dentro de una instalación.

✓ Metodología ¿Qué pasa sí?

Esta técnica ayuda a detectar y analizar cualitativamente desviaciones, relacionadas a comportamientos o situaciones no previstas durante el proceso y sus variables. El propósito del análisis es identificar peligros, situaciones peligrosas o eventos de accidentes específicos que pueden producir una consecuencia no deseada.

La metodología consiste en una lluvia de ideas, donde un grupo multidisciplinario con amplio conocimiento del proceso, formula preguntas o plantea situaciones acerca de posibles eventos indeseados, que pudieran presentarse a lo largo del desarrollo del proyecto, para posteriormente sugerir alternativas de reducción de riesgos.

La información necesaria para el desarrollo del análisis incluye la descripción del proceso, diagramas de tubería e instrumentación, dibujos y procedimientos de operación, así como la experiencia y conocimiento del grupo multidisciplinario.

Como parte del desarrollo del análisis, el grupo multidisciplinario formula preguntas que empiecen con ¿Qué pasa sí...?, para analizar situaciones del proceso, por ejemplo:

- ¿Qué pasa sí la bomba A detienen su funcionamiento durante el arranque?
- ¿Qué pasa sí el operador abre la válvula B en lugar de la válvula A?

Todas las preguntas formuladas se registran y se responden una por una y se detallan las medidas existentes y las que se proponen para reducir los riesgos, identificado así las áreas o partes del proceso que deben tomar especial atención durante el desarrollo de las actividades del proyecto.

Cuando se aplica en la forma apropiada, el método ¿Qué pasa sí? resulta muy poderoso ya que permite lograr la cobertura completa de una amplia gama de riesgos, así como el consenso de diferentes áreas como: producción, mecánica, técnica, seguridad y personal.

El utilizar la metodología ¿Qué pasa sí? ofrece ventajas y desventajas; entre las que se encuentran:

En general esta técnica es ampliamente utilizada durante las etapas de diseño del proceso, durante el tiempo de vida o de operación de una instalación, así como cuando se introducen cambio al proceso o a los procedimientos de operación.

✓ **Valoración de frecuencias, consecuencias y factor de riesgo.**

La metodología ¿QUÉ PASA SÍ? en el presente estudio, incluirá una evaluación de Frecuencia por Consecuencias y Factor de Riesgo, basada en las matrices de riesgo de 6 x 6 (seis categorías de frecuencia y seis de consecuencias) sugeridas por la Dirección corporativa de planeación de Petróleos Mexicanos (PEMEX). Los niveles de tolerabilidad de las frecuencias y las consecuencias para la evaluación de cada una de las desviaciones identificadas se presentan en la **Tabla I.24** y **Tabla I.25**.

Tabla I. 24. Niveles de frecuencia.			
CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA	FRECUENCIA/AÑO
F6	Muy Frecuente	Puede ocurrir más de una vez en el año.	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 10^0$)
F5	Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.	≥ 0.2 a < 1.0 ($\geq 2 \times 10^{-1}$ a $< 1 \times 10^0$)
F4	Poco Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años.	≥ 0.1 a < 0.2 ($\geq 1 \times 10^{-1}$ a $< 2 \times 10^{-1}$)
F3	Raro	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 10 años.	≥ 0.01 a < 0.1 ($\geq 1 \times 10^{-2}$ a $< 1 \times 10^{-1}$)
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la Vida Útil de la instalación	≥ 0.001 a < 0.01 ($\geq 1 \times 10^{-3}$ a $< 1 \times 10^{-2}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro.	≥ 0.0001 a < 0.001 ($\geq 1 \times 10^{-4}$ a $< 1 \times 10^{-3}$)

Fuente: Guía GO-SS-TC-0002-2015, sección 9.9.1

Tabla I. 25. Niveles de consecuencias para los receptores población y ambiente.

CATEGORÍA DE CONSECUENCIA (IMPACTO)	EFECTOS EN LA POBLACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 30 fatalidades	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día a 1 semana.
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos que puedan generar de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en 24 horas.
3 (Moderado)	Ruido, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derechos de vía. Se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daño físico.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones que lleguen hasta 1 hora.
2 (Menor)	Ruido, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derechos de vía con posibilidades de evacuación.	Se presentan fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.
1 (Despreciable)	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos.	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.

Fuente: Guía GO-SS-TC-0002-2015, sección 9.8.1.

- **Matrices de Riesgo**

Para desarrollar y clasificar la magnitud del peligro, se acordó aplicar la Matriz de Riesgos, establecida en el Anexo F, Matriz de riesgo, de la Guía 800-16400-DCO-GT-75-2015 (Guía técnica para realizar Análisis de Riesgo de Proceso de PEMEX).

La aplicación de la metodología ¿QUÉ PASA SÍ?, así como otras metodologías de tendencia cualitativa para la identificación de riesgos, requiere de la combinación de estas con una matriz que permita valorar de manera preliminar los niveles de riesgo importantes, principalmente cuando el conjunto de riesgos identificados es amplio y los recursos para su administración son limitados. Esto permite asignar prioridades a la atención de las recomendaciones que prevengan o mitiguen estos riesgos, así como una administración adecuada de los recursos.

El uso de matrices para lograr este objetivo está ampliamente difundido a nivel mundial. En la aplicación de una matriz para la evaluación de riesgos se sigue el principio ALARP (Tan Bajo Como Sea Razonablemente Práctico, del Inglés As Low As Reasonably Practicable), que guía las acciones derivadas de la ejecución del estudio de riesgos a llevar los niveles de estos a los valores más bajos razonablemente alcanzables. (Ver **Figura I.27**).

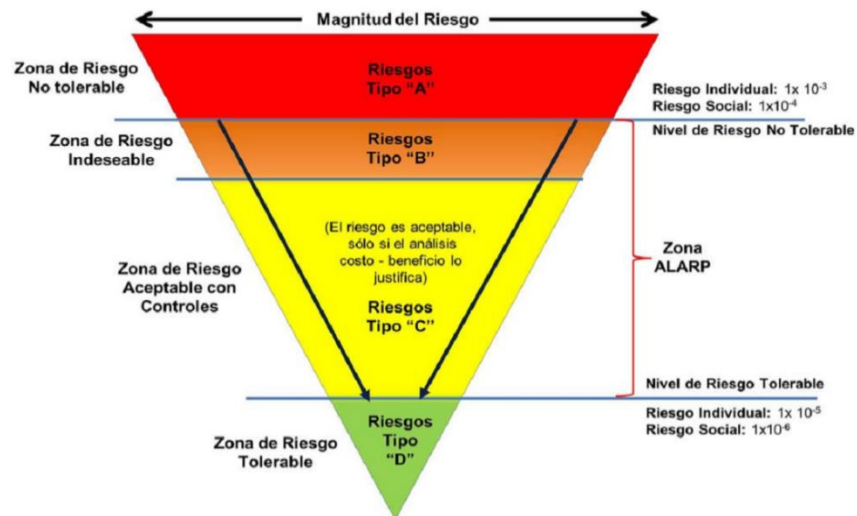


Figura I. 27. Principio ALARP.

Para establecer una categoría de Frecuencia y de Consecuencia para cada una de las desviaciones operativas analizadas durante las sesiones de trabajo del Pozo Exploratorio Rayuela 1, se emplean la **Tabla I.24** y **Tabla I.25**, tomando en cuenta la experiencia operativa de los especialistas, así como el conocimiento de incidentes y accidentes en instalaciones similares a las evaluadas. El marco de los receptores impactados es cinco, sin embargo, durante las sesiones se evaluará el impacto en el orden de criticidad, que implica seleccionar el receptor más crítico de interés y se filtra en el siguiente orden: Personal, Instalación, Producción, **Población** y **Ambiente**.

Para la asignación del Factor de riesgo o Magnitud de riesgo, se emplea una matriz de ponderación en el orden de 6×6 (seis categorías de frecuencia y seis de consecuencias), como se muestra en la **Figura I.28.**, la ubicación de la categoría de F y C de cada desviación dentro de esta matriz determina el Tipo de aceptabilidad del Riesgo de la desviación operativa en función de su Magnitud o Factor de riesgo (MR o FR).

Tal y como se describe, es la forma para lograr evaluar preliminarmente qué desviación es más crítica que otra, y así concentrar los recursos y los esfuerzos para implementar las medidas para evitar o minimizar su ocurrencia.

Después de un mayor análisis técnico, este valor de criticidad en términos de magnitud o factor será la pauta para establecer los escenarios de riesgos que se

pueden presentar, y permitirá indicar los puntos más vulnerables y de mayor enfoque e interés para el Análisis de Riesgo Ambiental para el presente proyecto que tiene como objeto la **Perforación del Pozo Exploratorio Rayuela-1**.

En la **Figura I.28.**, se muestra la configuración de las zonas de la Matriz de Riesgos que se emplea para el presente análisis, la matriz de riesgos para cada receptor que se evalúa.

MAGNITUD DE RIESGO

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	24/C	48/B	72/A	96/A	120/A	144/A
F5	20/C	40/C	60/B	80/B	100/A	120/A
F4	16/D	32/C	48/C	64/B	80/B	96/A
F3	12/D	24/C	36/C	48/C	60/B	72/A
F2	8/D	16/D	24/C	32/C	40/C	48/B
F1	4/D	8/D	12/D	16/D	20/C	24/C

Zona de Riesgo Aceptable con Controles (Tipo C) [F6, F5]
 Zona de Riesgo No Tolerable (Tipo A) [F6, F4, F3, F2, F1]
 Zona de Riesgo Tolerable (Tipo D) [F2, F1]
 Zona de Riesgo Indeseable (Tipo B) [F1]

Figura I. 28. Matriz de evaluación de riesgos.

I.4.3. Jerarquización de escenario de riesgo.

Para la evaluación de los riesgos analizados con la metodología ¿Qué pasa sí? a cada causa planteada por el grupo multidisciplinario se le asignó un valor a la frecuencia y a la consecuencia, con lo cual se obtuvo como resultado la magnitud del riesgo analizado (No tolerable, indeseable, aceptable con controles y tolerables), correspondiente a los receptores evaluados: Población y Medio Ambiente que permitirá indicar los puntos más vulnerables y de mayor enfoque e interés para el Análisis de Riesgo Ambiental. Esto tomando como referencia la matriz de riesgo de 6X6 de Pemex. En la **Figura I.29.** se muestran los resultados de las magnitudes de riesgos de los peligros identificados mediante la metodología ¿Qué pasa sí? Ver **Anexo I-B**, Minutas y hojas de trabajo.

✓ **Jerarquización por matrices para el riesgo Inherente.**

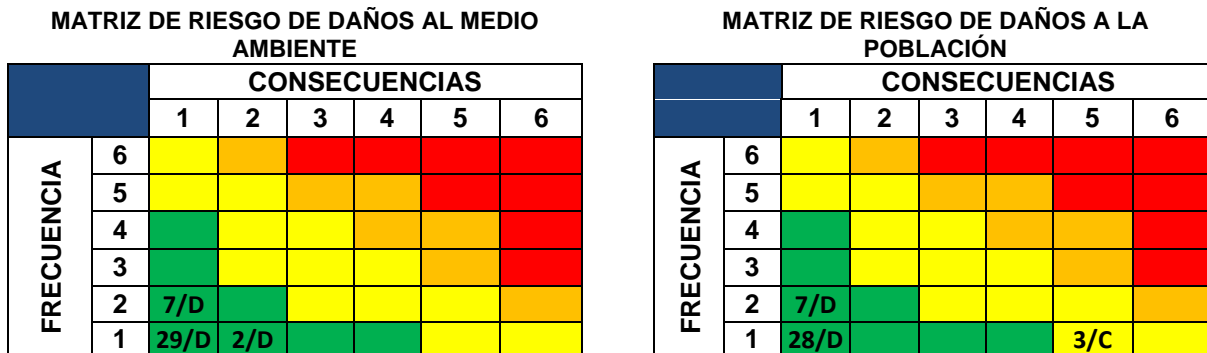
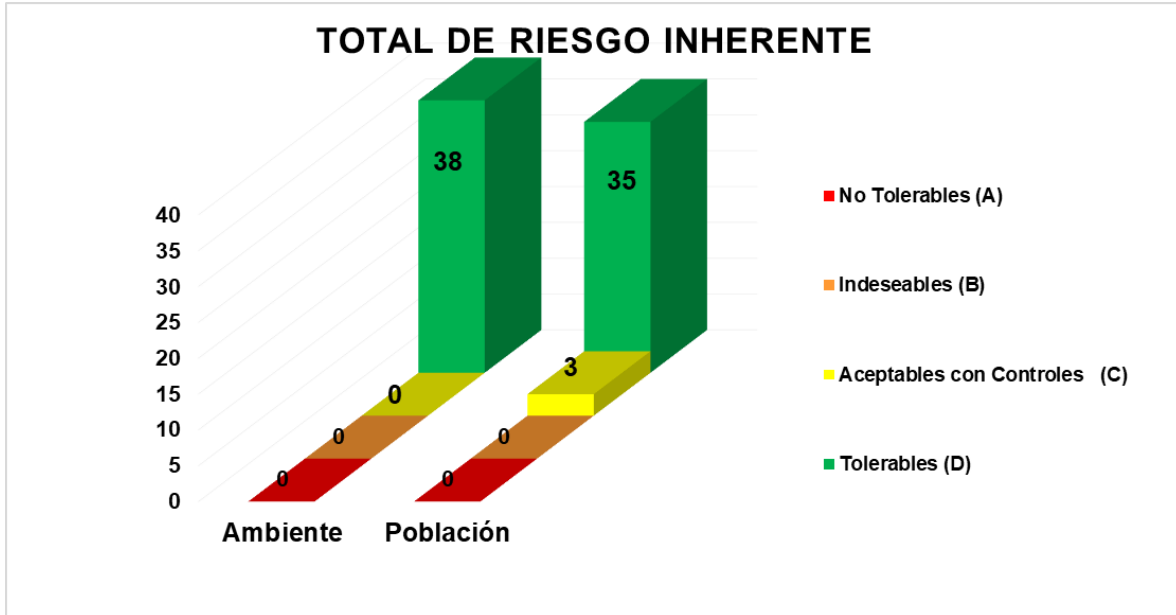


Figura I. 29. Matriz de evaluación de riesgos. Inherente..

Definiciones de las diferentes regiones de riesgo

Region de riesgo	Descripción
No Tolerables (A)	El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes. Un riesgo Tipo "A" representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporal y permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Tipo "C".
Indeseables (B)	El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes. Un riesgo Tipo "B" representa una situación de riesgo Indeseable y deben establecerse Controles Permanentes Inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo "C" y en el mejor de los casos, hasta riesgo Tipo "D".
<i>Acceptables con Controles (C)</i>	El riesgo es significativo, pero se pueden gestionar con controles administrativos. Un riesgo Tipo "C" representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos, deben darse en un plazo no mayor a 180 días. La administración de un riesgo Tipo "C" debe enfocarse en la Disciplina Operativa y en la Confiabilidad de las diferentes Capas de Seguridad y/o Sistemas de Protección. La prioridad de su atención para reducirlos a riesgos tipo "D", debe estar en función de un Análisis Costo Beneficio de las acciones correctivas y preventivas establecidas para dar atención a las recomendaciones emitidas para Administrar los Riesgos identificados.
Tolerables (D)	El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo Tipo "D" representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

En la siguiente gráfica se observa los riesgos inherentes donde no se consideran salvaguardas, barreras o controles, lo cual están jerarquizados de forma individual y así mismo se visualiza la distribución de cada uno de ellos por categoría.



Grafica I.1 Total de riesgos de receptores individuales para riesgo Inherente.

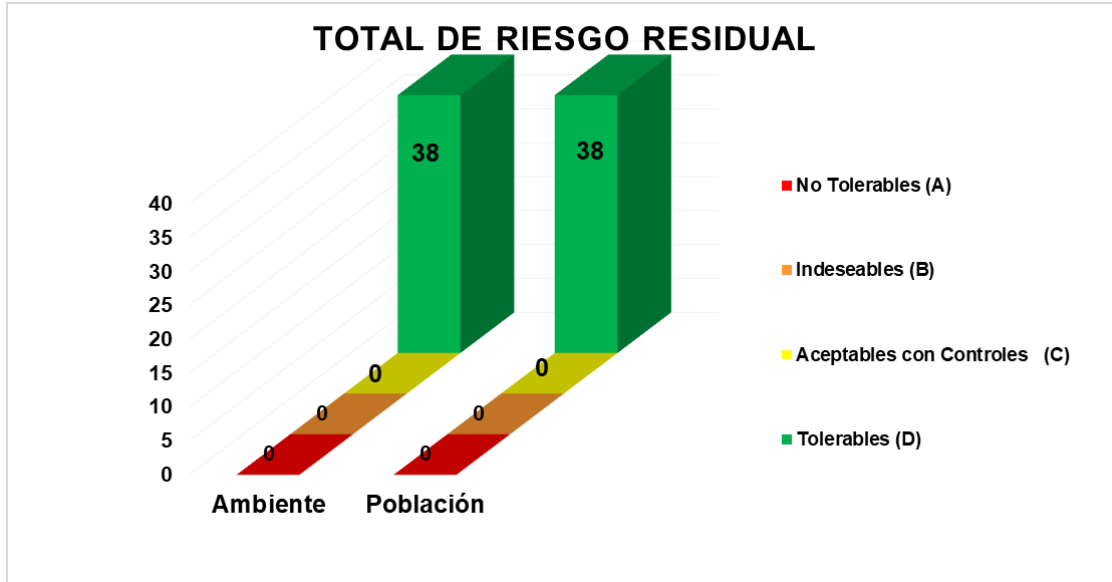
✓ **Jerarquización por matrices para el riesgo residual.**

MATRIZ DE RIESGO DE DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE								MATRIZ DE RIESGO DE DAÑOS A LA RIESGO POBLACIÓN	
		CONSECUENCIAS							
		1	2	3	4	5	6		
FRECUENCIA	6								
	5								
	4								
	3								
	2	7/D							
	1	28/D	3/D						

Figura I. 30. Matriz de evaluación de riesgos. Residual.

Para más detalles, en el Anexo I-B se incluyen las hojas de trabajo resultantes del desarrollo de la metodología Que pasa sí?.

En la siguiente gráfica se observa los riesgos residuales jerarquizados de forma individual y así mismo visualizar la distribución de cada uno de ellos por categoría.



Grafica I.2 Total de riesgos de receptores individuales para riesgo residual.

En la gráfica se observa que la zona de riesgo se encuentra en Zona Tolerable (Tipo D), esto significa que las actividades a realizar durante la perforación del pozo Rayuela-1, son seguras, y no existen riesgos latentes de daños a: población y medio ambiente.

Para más detalles, en el Anexo I-B se incluyen las hojas de trabajo resultantes del desarrollo de la metodología Que pasa sí?.

I.5 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO.

I.5. 1. Análisis de consecuencias.

Con base a las sesiones para identificar peligros, situaciones peligrosas o eventos de accidentes específicos que pueden producir una consecuencia no deseada, el Grupo Multidisciplinario (GMAER) llegó a la conclusión de considerar estos escenarios para el peor caso (Descontrol de pozo) y caso alternativo (Disparos), para la simulación mediante el *software PHAST* Versión 7.11. Debido a que se llegaron identificar pérdidas de contención por posibles fallas en las salvaguardas, no precisamente por un error humano si no por la funcionalidad y características propias del equipo. Para más detalles ver **Anexo I-C** (Información del Análisis de Consecuencias).

I.5.1.1. Peor caso (Descontrol de pozo Rayuela 1).

Este escenario, con nivel de riesgo tipo C, se ubica en la zona Aceptable con controles (zona Amarilla) de la matriz de riesgos de Pemex.

Para el peor caso se considera el escenario S3.SS3.1.2.1, de la metodología de identificación y evaluación de riesgos ¿Qué pasa sí? “No cierra el preventor”, se considera la liberación de hidrocarburo derivado del descontrol del pozo y la consecuente falla de los preventores, la cual imposibilita el control del pozo.

Sistema 3: Conexiones superficiales de control
Subsistema 3.1: Escenario: No cierra el preventor.

I.5.1.2 Caso Alternativo (Disparos de pistola en superficie Pozo Rayuela 1).

Este escenario, con nivel de riesgo tipo C, se ubica en la zona aceptable con controles (zona amarilla) de la matriz de riesgos de Pemex.

Para el caso alternativo se considera el escenario S6.SS6.6.1.2.1, de la metodología de identificación y evaluación de riesgos ¿Qué pasa sí? “Las cargas detonan en la superficie durante su armado”, ocasionada por el manejo inadecuado de explosivos. Para más detalle ver las hojas de trabajo que se encuentra en el **Anexo I-B**, Minuta y hojas de trabajo.

Sistema 6: Disparos
Subsistema 6.1: Escenario: Las cargas detonan en la superficie durante su armado.

I.6. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.

El objetivo del análisis de consecuencias es cuantificar el impacto negativo de un evento potencialmente peligroso para el medio ambiente y población. Los diversos tipos de accidentes graves a considerar en las instalaciones en las que haya sustancias peligrosas pueden producir tres tipos de fenómenos, los cuales son:

- Fenómenos de tipo térmico: Radiación térmica.
- Fenómenos del tipo químico: Fuga o derrames incontrolados de sustancias tóxicas o contaminantes.
- Fenómenos del tipo mecánico: Ondas de presión y proyectiles.

El análisis de consecuencias evalúa los diferentes tipos de accidentes potenciales en establecimientos industriales que manejan sustancias peligrosas que pueden producir eventos peligrosos los cuales son:

- Fugas o derrames incontrolados de sustancias peligrosas: líquidos o gases en depósitos y conducciones.
- Evaporación de líquidos derramados.
- Dispersión de nubes de gases, vapores y aerosoles.
- Incendios de charco o "Pool Fire"
- Dardos de fuego o "Jet Fire"
- Estallido de depósitos o "BLEVE"
- Explosiones físicas y/o químicas SOBREPRESIÓN.
- Vertido accidental al medio ambiente de sustancias contaminantes, procedente de fugas o derrames incontrolados.

Normalmente, un accidente de estas características se produce a partir de algún suceso menor que trae como consecuencia la pérdida de contención de algún recipiente, depósito o tubería que contiene alguna sustancia, lo que produce la fuga o derrame de esta sustancia al exterior. También es posible un incendio previo o simultáneo a una fuga o incluso, una explosión previa a la fuga o al incendio. No obstante, en la mayoría de los casos el primer suceso consiste en una fuga incontrolada de producto.

Para el Análisis de Consecuencias de los accidentes identificados en el proyecto denominado: se utilizó el software Phast® (Process Hazard Analysis Software Tool), que implementa diferentes algoritmos matemáticos y modelos de fuga, dispersión, incendio, explosión, etc.

El software Phast® es una herramienta para análisis de riesgos de procesos que permite predecir las consecuencias de inflamabilidad, explosividad y toxicidad a partir de:

Los modelos de dispersión predicen:

- Formación de aerosoles.
- Condensación y formación de charcos.
- Nubes densas.

Los modelos de inflamabilidad predicen:

- Niveles de radiación.
- Zonas de deflagración.
- Niveles de sobrepresión.

Los modelos tóxicos predicen:

- Concentración en función de la distancia a favor del viento.
- Concentración en función del tiempo en cualquier punto dentro de la nube.
- Vistas superiores de la nube.

En las **Figuras I.31, I.32 y I.33**, se encuentran la representación en planos de los radios potenciales de afectación de cada escenario obtenido de la evaluación de acuerdo a las zonas de alto riesgo y amortiguamiento donde se señalan los puntos de interés. Las cuales se describirán a continuación por aspectos de radiación térmica y sobrepresión.

Tal como se menciona en el apartado de análisis de consecuencia, se tienen radios de afectación, de los cuales se describirá a continuación por los aspectos de radiación térmica y sobrepresión:

Para más detalle ver **Anexo I-D**, planos de los radios potenciales de afectación.

I.6.1 Radios potenciales de afectación por radiación térmica (Inflamabilidad/Jet Fire).

- Descontrol de pozo.

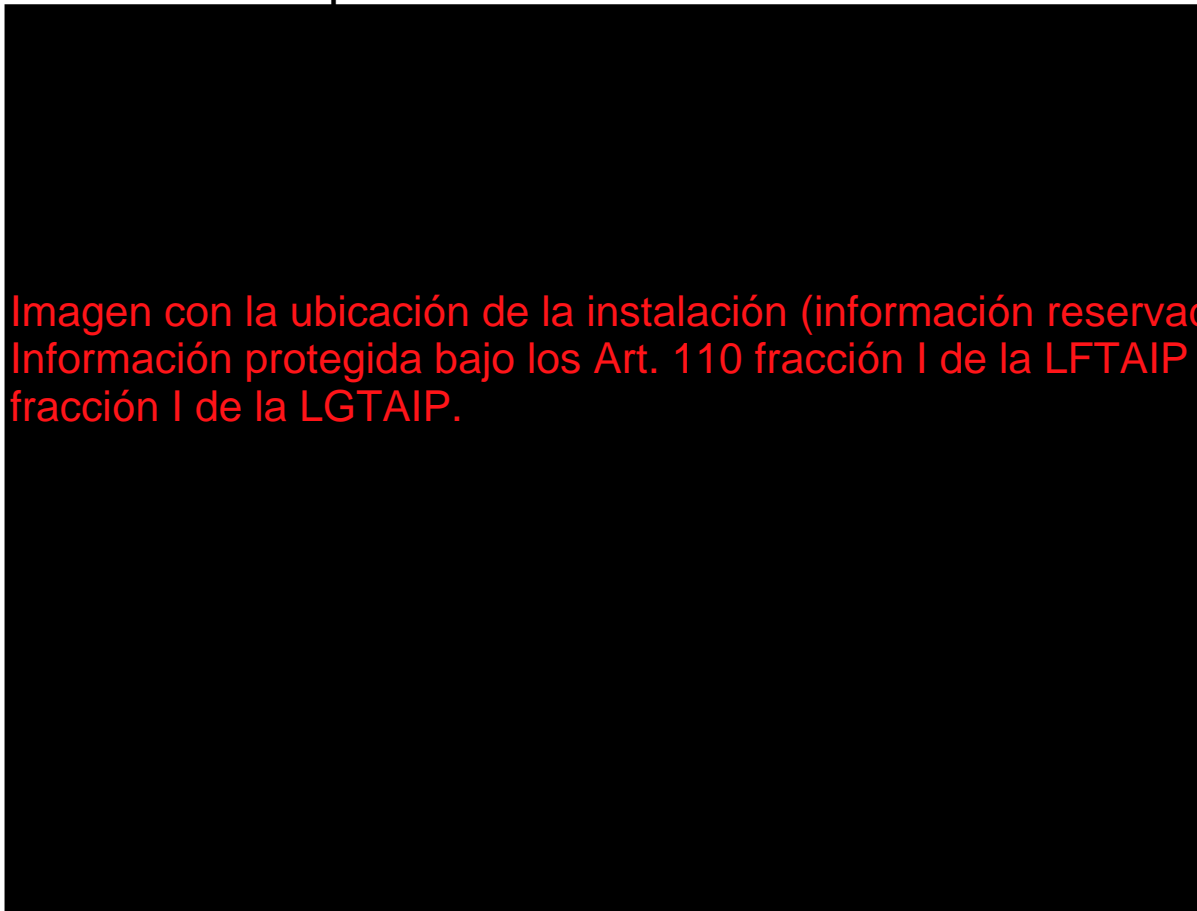


Figura I.31.- Radios potenciales de afectación por radiación térmica (inflamabilidad), para el caso de descontrol de pozo.

Afectación a Equipo y Personal

Radiación térmica de 1.4 kW/m²

Las ondas de radiación térmica de 1.4 kW/m² afectara a los equipos y personal que se encuentre a una distancia 393.08 metros.

Equipo: Se afectará a todo el equipo de perforación, el cual no sufrirá daños por esta carga térmica, de igual forma el camino de acceso a la pera y los terrenos aledaños no se verán afectados.

Personal: No se presentan molestias, aun durante largo periodos de exposición, ya que es el flujo térmico equivalente al del sol en verano y al medio día.

Radiación térmica de 5 kW/m²

Las ondas de radiación térmica de 5 kW/m² afectaran a los equipos y personal que se encuentre a una distancia 170.84 metros.

Equipo: Se afectará a todo el equipo de perforación, el cual no sufrirá daños por esta carga térmica, de igual forma el camino de acceso a la pera y los terrenos aledaños no sufrirán daños.

Personal: El personal o población que tenga contacto con esta radiación térmica es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 seg. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.

Radiación térmica de 12.5 kW/m²

Las ondas de radiación térmica de 12.5 kW/m² no se esperan ningún efecto al a los equipos ni al personal debido a que no se registraron datos.

Radiación térmica de 32.5 kW/m²

Las ondas de radiación térmica de 12.5 kW/m² no se esperan ningún efecto al a los equipos ni al personal debido a que no se registraron datos.

I.6.2 Radios potenciales de afectación por Sobrepresión.

- **Descontrol de pozo**

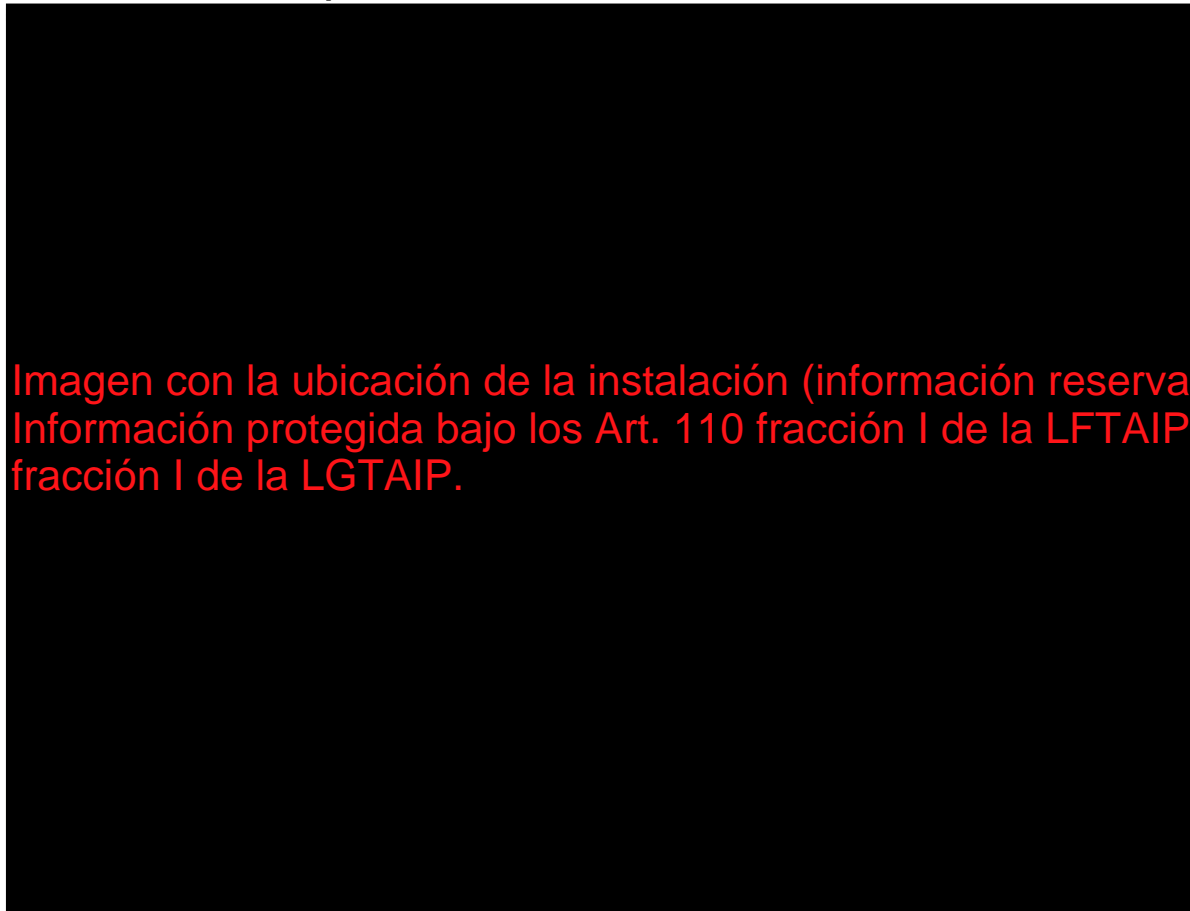


Figura I.32.- Radios potenciales de afectación por sobrepresión (explosión), para el peor caso de descontrol de pozo.

Para los daños observados por los niveles de sobrepresión se pueden dividir de acuerdo a las condiciones atmosféricas (F y A/B).

Condiciones atmosféricas F:

Sobrepresión de 0.5 psi

Las ondas de sobrepresión de 0.5 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 952.57 metros.

Equipo: Generadores, bombas de lodos, bomba koomey, caseta del perforador y todas las partes del equipo de perforación PM-1385. Los daños que causarían a

esta distancia son las siguientes: Ventanas grandes y pequeñas normalmente se hacen añicos; daño ocasional a los marcos de las ventanas. Limitado a daños menores a estructuras debido a que se encuentra en la zona de amortiguamiento.

Personal: No hay lesiones al personal debido que se encuentra en la zona de amortiguamiento área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente.

Sobrepresión de 1 psi

Las ondas de sobrepresión de 1 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 795.34 metros.

Equipo: La onda de sobrepresión impactara en los equipos siguientes: Caseta del perforador, izadora, presa de agua, bomba de lodos, presa de succión y mezclado, y todas las partes del equipo de perforación.

Los efectos observados son los siguientes: Láminas de asbesto corrugado, se hacen añicos, daño en paneles de aluminio o acero corrugado y accesorios de sujeción con pandeo, daños en paneles de madera y accesorios de sujeción. Demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables. Provoca 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de las heridas serias por proyectiles.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá daños de graves ruptura de tímpanos y lesiones a pulmones, incluso pueden ser fatales, las ondas de sobrepresión alcanzaran una distancia radial de 795.34 metros.

Sobrepresión de 3 psi

Las ondas de sobrepresión de 3 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 669.58 metros.

Equipo: piso rotaria, subestructura, caseta y consola de perforador. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: La maquinaria industrial pesada (1.5 toneladas) sufrirá daños menores; las estructuras de acero de edificios y del equipo se distorsionan y son arrancados de su base.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá lesiones internas graves, por estallamiento de vísceras, incluso pueden ser fatales.

Sobrepresión de 10 psi

Las ondas de sobrepresión de 10 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 626.22 metros.

Equipo: Piso rotaria y subestructura. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: Probable destrucción total de edificios; la maquinaria pesada de 3.2 toneladas son desplazadas y severamente dañadas; la maquinaria pesada de 5.5 toneladas sobreviven con serios daños.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá lesiones por estallamiento de vísceras, que serán fatales.

Condiciones atmosféricas A/B:

Sobrepresión de 0.5 psi

Las ondas de sobrepresión de 0.5 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 130.59 metros.

Equipo: piso rotaria, subestructura, tanque de viajes, caseta y consola de perforador y malacate. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: Ventanas grandes y pequeñas normalmente se hacen añicos; daño ocasional a los marcos de las ventanas. Limitado a daños menores a estructuras.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de las heridas serias ocasionadas por proyectiles. Algunas lesiones ocasionadas por la proyección de proyectiles.

Sobrepresión de 1 psi

Las ondas de sobrepresión de 1 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 91.30 metros.

Equipo: piso rotaria, subestructura, caseta y consola de perforador y malacate. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: Láminas de asbesto corrugado, se hacen añicos, daño en paneles de aluminio o acero corrugado y accesorios de sujeción con pandeo, daños en paneles de madera y accesorios de sujeción. Demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá daños en los tímpanos de los oídos, golpes de proyectiles y posibles lesiones internas graves, incluso pueden ser fatales.

Sobrepresión de 3 psi

Las ondas de sobrepresión de 3 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 59.88 metros.

Equipo: piso rotaria, subestructura, caseta y consola de perforador. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: La maquinaria industrial pesada (1.5 toneladas) sufrirá daños menores; las estructuras de acero de edificios y del equipo se distorsionan y son arrancados de su base.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá lesiones internas graves, por estallamiento de vísceras, incluso pueden ser fatales.

Sobrepresión de 10 psi

Las ondas de sobrepresión de 10 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 44.63 metros.

Equipo: piso rotaria y subestructura. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: Probable destrucción total de edificios; la maquinaria pesada de 3.2 toneladas son desplazadas y severamente dañadas; la maquinaria pesada de 5.5 toneladas sobreviven con serios daños.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá lesiones por estallamiento de vísceras, que serán fatales.

- **Disparos**

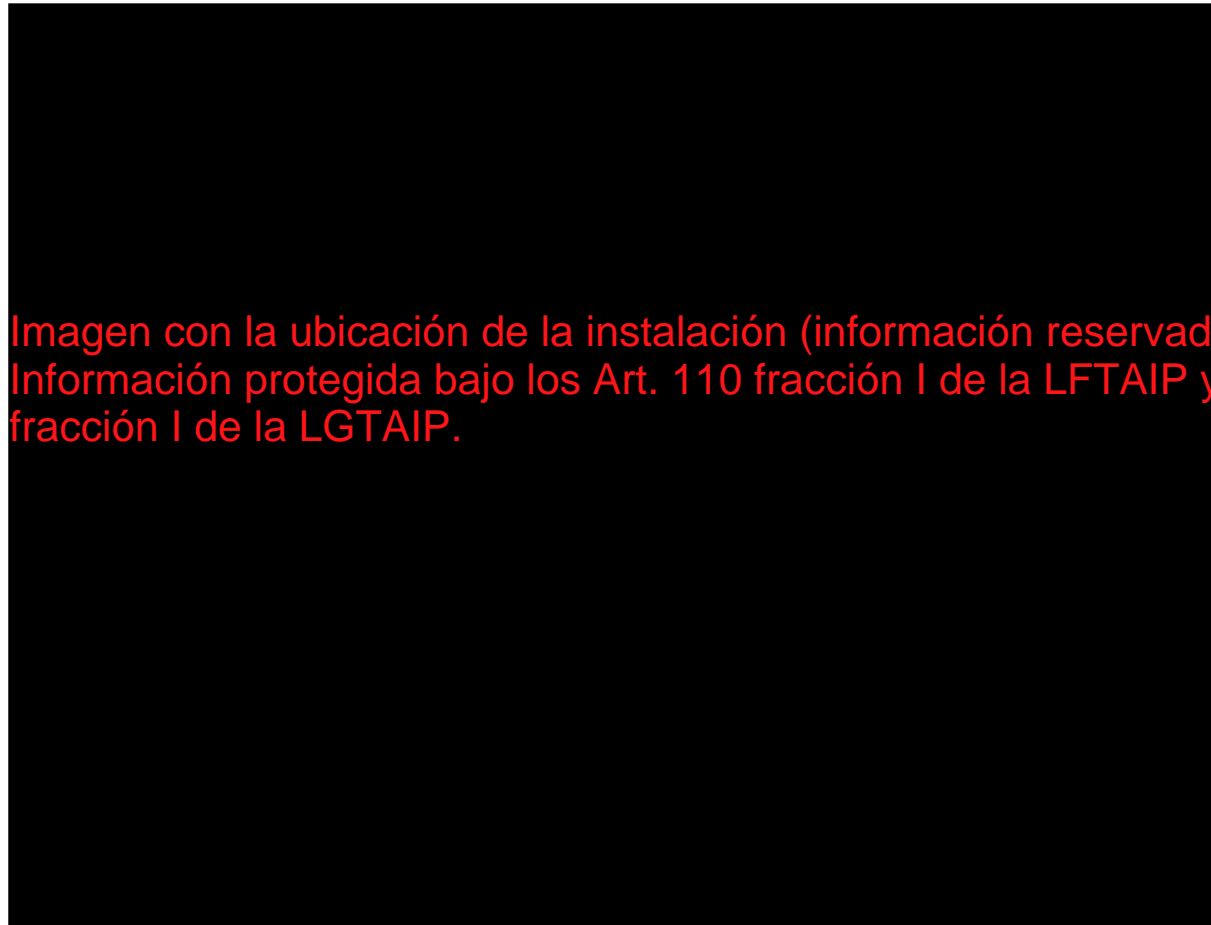


Figura I.33.- Radios potenciales de afectación por sobrepresión (explosión), para el caso alterno de disparos.

Sobrepresión de 0.5 psi

Las ondas de sobrepresión de 0.5 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 9.17 metros.

Equipo: piso rotaria, subestructura, tanque de viajes, caseta y consola de perforador y malacate. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: Ventanas grandes y pequeñas normalmente se hacen añicos; daño ocasional a los marcos de las ventanas. Limitado a daños menores a estructuras.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de las heridas serias ocasionadas por proyectiles. Algunas lesiones ocasionadas por la proyección de proyectiles.

Sobrepresión de 1 psi

Las ondas de sobrepresión de 1 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 5.58 metros.

Equipo: piso rotaria, subestructura, caseta y consola de perforador y malacate. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: Láminas de asbesto corrugado, se hacen añicos, daño en paneles de aluminio o acero corrugado y accesorios de sujeción con pandeo, daños en paneles de madera y accesorios de sujeción. Demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá daños en los tímpanos de los oídos, golpes de proyectiles y posibles lesiones internas graves, incluso pueden ser fatales.

Sobrepresión de 3 psi

Las ondas de sobrepresión de 3 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 2.72 metros.

Equipo: piso rotaria, subestructura, caseta y consola de perforador. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: La maquinaria industrial pesada (1.5 toneladas) sufrirá daños menores; las estructuras de acero de edificios y del equipo se distorsionan y son arrancados de su base.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá lesiones internas graves, por estallamiento de vísceras, incluso pueden ser fatales.

Sobrepresión de 10 psi

Las ondas de sobrepresión de 10 psi afectaran a los equipos y personal que se encuentre a la distancia 1.33 metros.

Equipo: piso rotaria y subestructura. Pudiendo ocasionar daños de la manera siguiente: Probable destrucción total de edificios; la maquinaria pesada de 3.2 toneladas son desplazadas y severamente dañadas; la maquinaria pesada de 5.5 toneladas sobreviven con serios daños.

Personal: El personal expuesto a estas ondas de sobrepresión tendrá lesiones por estallamiento de vísceras, que serán fatales.

I.7 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.

Tomando como herramienta principal, los diagramas de pétalos integrados en el **Capítulo XIII.6**, del presente estudio, se analiza de manera detallada el área hasta donde se alcanza las zonas de alto riesgo en cada uno de los escenarios de riesgo simulados de forma específica, bajo la premisa de la probabilidad de presentarse un evento de incendio y/o de explosión.

Para poder describir la interacción con el medio, es de suma importancia tener un panorama general de la ubicación específica de cada uno de los eventos simulados, los cuales se describen a continuación en las **Tablas I.26, I.27, VI.28 y 29**.

- Análisis de vulnerabilidad.

Análisis de Vulnerabilidad e interacción de riesgo para la perforación del pozo Rayuela-1. **Peor Caso y Caso Alterno**.

a. Peor Caso

Tabla I.26. Vulnerabilidad presentada por tipo de evento: Incendio por (jet fire), Estabilidad atmosférica Clases F y A/B.

Velocidad del viento 1.5 m/s. Estabilidad atmosférica Clases F y A/B, Vientos dominantes Proviene del NorEste al Oeste							
METODOLOGIA DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS		¿QUÉ PASA SÍ?	SISTEMA	1	SUBSISTEMA	3	Escenario: 3.1. No cierra el preventor
Causa	Falla del preventor						
Consecuencia	Problemas para cerrar el pozo en situaciones de arremetida						
Tipo de evento		INCENDIO POR JETFIRE					
Tipo de Escenario	Radiación térmica (kW/m ²)	Distancia de afectación en metros	Receptores de Riesgo		Protecciones		
			Medio Ambiente	Población			
Peor Caso	1.4	393.08	Se esperan emisiones de humo por combustión de crudo, ruidos perceptibles, daños a la vegetación predominante pastizal inundable temporal, a la fauna de lento desplazamiento y al suelo por derrames de hidrocarburos y erosión. No afecta en gran escala a la	No se presentan daños a la población civil, el evento no trasgrede los límites de la instalación debido a que el evento ocurre en zona donde se lleva a cabo la perforación del pozo Rayuela-1, y no existen núcleos poblacionales a 170.84 metros de la zona de alto riesgo, sólo se encuentra un rancho productor de ganado bovino con una población de 3 habitantes a una	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de cierre del preventor en instalación y en cada etapa posterior a la instalación. • Prueba de apertura y hermeticidad • Programa de mantenimiento • Personal Capacitado • Conjunto de preventores. 		
	5	170.84					
	12.5	NA					
	37.5	NA					

	fauna de rápido desplazamiento debido a que ante a la presencia de la amenaza huye del sitio, a arboles ya que se encuentran en su totalidad presentes en la zona de amortiguamiento, ni a cuerpos de agua y a áreas naturales protegidas, ya que no se encuentran circundantes en un radio de los 170.84 m de la zona de alto riesgo.	distancia de 481 metros, muy cerca de los límites de la zona de amortiguamiento, el área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente.
--	--	--

Nota: Estabilidad Atmosférica Clase F (para la noche), Estabilidad Atmosférica A/B (para el día).

Tabla I.27. Vulnerabilidad presentada por tipo de evento: Explosión por (Sobrepresión), Estabilidad Atmosférica Clase F.

Velocidad del viento 1.5 m/s. Estabilidad atmosférica Clases F, Vientos dominantes Proviene del NorEste al Oeste						
METODOLOGIA DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	¿QUÉ PASA SÍ?	SISTEMA	1	SUBSISTEMA	3	Escenario: 3.1. No cierra el preventor
Causa	Falla del preventor					
Consecuencia	Problemas para cerrar el pozo en situaciones de arremetida					
Tipo de evento		EXPLOSIÓN				
Tipo de Escenario	Sobrepresión (psi)	Distancia de afectación en metros	Receptores de Riesgo		Protecciones	
			Medio Ambiente	Población		
Peor caso	0.5	952.57	Se esperan emisiones de humo por combustión de crudo, ruidos perceptibles, daños a la vegetación predominante pastizal inundable temporal, Arboles, fauna de lento desplazamiento, al suelo por derrames de hidrocarburos y erosión. No afecta en gran escala a fauna de rápido desplazamiento, cuerpos de agua y a áreas naturales protegidas, ya que no se encuentran circundantes en un radio de los 795.34 metros de la zona de alto riesgo.	Se esperan posibles impactos, lesiones o daños físicos. Ya que existen núcleos de población dentro del radio de los 669.58 metros, con una población de 3 habitantes que se encuentra a una distancia de 481 metros.	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de cierre del preventor en instalación y en cada etapa posterior a la instalación. • Prueba de apertura y hermeticidad • Programa de mantenimiento • Personal Capacitado • Conjunto de preventores. 	
	1	795.34				
	3	669.58				
	10	626.22				

Nota: Estabilidad Atmosférica Clase F (para la noche), Estabilidad Atmosférica A/B (para el día).

Tabla I.28 Vulnerabilidad presentada por tipo de evento: Explosión por (Sobrepresión), Estabilidad Atmosférica Clase A/B.

Velocidad del viento 1.5 m/s. Estabilidad atmosférica Clases A/B, Vientos dominantes Proviene del NorEste al Oeste							
METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS		¿QUÉ PASA SÍ?	SISTEMA	1	SUBSISTEMA	3	Escenario: 3.1. No cierra el preventor
Causa		Falla del preventor					
Consecuencia		Problemas para cerrar el pozo en situaciones de arremetida					
Tipo de evento		EXPLOSIÓN					
Tipo de Escenario	Sobrepresión (psi)	Distancia de afectación en metros	Receptores de Riesgo		Protecciones		
			Medio Ambiente	Población			
Peor caso	0.5	130.59	No se esperan afectaciones a la vegetación, fauna, suelo y agua, debido a que no se supera el rango de afectación fuera de la instalación (91.30 metros).	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos. Ya que no existen núcleos de población dentro de los 91.30 metros de la zona de alto riesgo, el más cercano se encuentra a una distancia de 481 metros.	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de cierre del preventor en instalación y en cada etapa posterior a la instalación. • Prueba de apertura y hermeticidad • Programa de mantenimiento • Personal Capacitado • Conjunto de preventores. 		
	1	91.30					
	3	59.88					
	10	44.63					

Nota: Estabilidad Atmosférica Clase F (para la noche), Estabilidad Atmosférica A/B (para el día).

b. Caso Alternativo

Tabla I.29 Vulnerabilidad presentada por tipo de evento: Explosión, Estabilidad Atmosférica Clase F.

Velocidad del viento 1.5 m/s. Estabilidad atmosférica Clases F y A/B, Vientos dominantes Proviene del NorEste al Oeste							
METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS		¿QUÉ PASA SÍ?	SISTEMA	1	SUBSISTEMA	6	Escenario: 6.1 Se presenta detonación prematura de explosivos
Causa		Manejo inadecuado de explosivos					
Consecuencia		Explosión					
Tipo de evento		EXPLOSIÓN					
Tipo de Escenario	Sobrepresión	Distancia de afectación en metros	Receptores de Riesgo		Protecciones		
			Medio Ambiente	Población			
Caso Alternativo	0.5	9.17	No se esperan afectaciones a la vegetación, fauna, suelo y agua, debido a que no se supera el rango de afectación fuera de la instalación (5.58 metros).	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos. Ya que no existen núcleos de población dentro de los 5.58 metros de la zona de alto riesgo, el más cercano se encuentra a una distancia de 481 metros.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Personal capacitado/certificado 2. Equipos certificados 		
	1	5.58					
	3	2.72					
	10	1.33					

Nota: Estabilidad Atmosférica Clase F (para la noche), Estabilidad Atmosférica A/B (para el día).

- **Interacción de riesgo.**

Para cada uno de los escenarios de riesgo simulados se realiza un análisis y evaluación de posibles interacciones de Riesgo, en caso de la materialización de los mismos, con otras áreas de interés o posiblemente afectadas, equipos, ductos o instalaciones, que se encuentren dentro de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento, se describirán detalladamente las posibles afectaciones respecto a los receptores de riesgo de interés.

Asimismo se señalan las medidas preventivas que considerarán para la reducción de la probabilidad de ocurrencia de los Escenarios de Riesgo con base en las interacciones indicadas, justificando la compatibilidad del Proyecto y/o Instalación con la infraestructura existente, en su caso, los programas de mantenimiento e inspección, así como los programas de contingencias que se aplicarán durante la operación de la instalación, a efecto de evitar del deterioro del medio ambiente, además de aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de Accidente.

En la **Tabla I. 30** se describen los escenarios de riesgo de explosión por sobrepresión e inflamabilidad por descontrol del pozo Rayuela-1 (***Falla el preventor, con consecuencia para cierre de pozo en caso de alguna arremetida***) para el peor caso y explosión por manejo inadecuado de explosivos (***Se presenta detonación prematura de explosivos***) para el caso alterno, y sus interacciones de riesgo con sitios de interés internos a la Localización Exploratoria Rayuela-1.

En la zona donde se llevará a cabo la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1, no existen ductos o instalaciones que pudieran afectarse en caso de un evento, esto debido a que no se encuentran dentro de los radios potenciales de afectación simulados para los escenarios de explosión por sobrepresión por descontrol del pozo Rayuela-1.

Tabla I. 30. Interacción de riesgo con equipos internos del Pozo Rayuela 1.

Escenario de riesgo	Equipo donde se presenta la fuga	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación (m)	Equipo o instalaciones presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar		
Se presenta detonación prematura de explosivos			Alto riesgo	Radiación	-----	-----	-----	-Personal capacitado/Certificados -Equipos certificados -Platicas de seguridad -Procedimientos operativos	-Cerciorarse que el PRE de la instalación, este siempre actualizado y se lleven a cabo las capacitaciones correspondientes al personal de las brigadas.		
				Sobrepresión	5.58	Caseta de perforador	4.63				
						Caseta Sand Pipe	3.89				
Falla el preventor, con consecuencia para cierre de pozo en caso de alguna arremetida	PM-1385	Crudo	Alto riesgo en equipo	Radiación	-----	-----	-----	-Prueba de cierre al prevenir en instalación y en cada etapa posterior a la instalación -Prueba de apertura y hermeticidad -Programa de mantenimiento -Personal capacitado -Conjunto de preventores	-Asegurarse que el personal cuente con entrenamiento en atención a emergencias.		
				Sobrepresión	2.72	Agujero del pozo					
			Alto riesgo en equipo	Radiación	NA	-----	-----				
				Sobrepresión	669.58	Generadores	41.04				
			Alto riesgo	Sobrepresión	795.25	Radiación	170.84			Bombas de lodos 1	25.40
										Bombas de lodos 2	29.56
										Presa de asentamiento	14.41
										Presa de succión y mezclado	19.96
										Presa de agua	11.93
										Tanque de diesel	52.78
										Caseta de perforador	4.63
										Caseta HTTA	49.36
										Caseta Sand Pipe	3.89
										Caseta de mantenimiento	27.97
		Bomba Koomey	8.57								
		Material gumico	23.90								
		Izadora	12.73								
		Malacate	10.40								

I.8. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Los efectos sobre el sistema ambiental, fueron identificados y valorados con respecto al Área de Influencia del Proyecto, para ser más específico y puntal con los factores ambientales del polígono que realmente interactuarán con el proyecto **"Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1"**.

A continuación, en la siguiente **Tabla I.3.1** de presenta el listado de factores ambientales a interactuar con las actividades del proyecto.

Tabla I.31. Listado de los factores ambientales a interactuar con las actividades del proyecto de "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

Factor ambiental	Elementos ambientales
Aire	1. Calidad del aire 2. Nivel sonoro
Agua	3. Hidrología superficial 4. Calidad de agua
Suelo	5. Relieve 6. Estructura 7. Calidad del suelo
Vegetación	8. Especies herbáceas y arbóreas
Fauna	9. Fauna silvestre.
Paisaje	10. Estética del paisaje y visibilidad

Fuente: Informe Preventivo del proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

El área que ocupará el trazo del proyecto es un área de pastizal cultivado destinado a la actividad de pastoreo extensivo de ganado bovino, lo cual propició un bajo número de especies de flora y de fauna. La mayoría de especies herbáceas del sitio presentan una propagación efectiva, lo que se traducirá en una rápida colonización de los taludes de los terraplenes de la obra. Asimismo, las especies de fauna son de hábitos generalistas, de una alta capacidad de adaptabilidad y plasticidad a los cambios en el ambiente. Por lo anterior, en materia de biodiversidad y de importancia ecológica, el sitio se considera bajo (ver **Apartado III.4 f)** del **Informe Preventivo**).

Por su parte, el área de influencia del proyecto presenta algunos parches arbóreos, principalmente asociados a escurrimientos perennes (vegetación

riparia), donde la especie dominante es la especie de macayo (*Andira galeottiana*). Sin embargo, el tipo de suelo y de clima son los mismos en toda el área de influencia; así como, la predominancia de un relieve homogéneo caracterizado por ligeras ondulaciones de terreno propicia que el paisaje presente una calidad media.

La construcción del proyecto no afectará la dinámica natural de un sitio que se encuentra altamente modificado por la actividad antropogénica de manera permanente, siempre y cuando se lleven a cabo las medidas preventivas y de mitigación adecuadas.

Considerando la conclusión del diagnóstico ambiental definido en el **Apartado III.4 e)** del Informe Preventivo en la siguiente **Tabla I.32**, se describen los factores ambientales presentes en el Área de Influencia del Proyecto y el estado actual de los componentes ambientales, que interactúan directa y específicamente con el área donde se desarrollara temporalmente el proyecto "Construcción de la Infraestructura para la Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1".

Tabla. I.32. Descripción de los factores ambientales presentes en el Área de Influencia del Proyecto.		
Aspectos ambientales	Factor ambiental	Descripción
Aspectos abióticos	Clima	Am (f) Cálido húmedo con lluvias en verano, con una temperatura promedio de 26.0°C y una precipitación media anual de 2,411.0 mm.
	Fenómenos climatológicos	No hay temporada de sequías marcada para la zona. Temporada de nortes de octubre a marzo. Temporada de huracanes de mayo a noviembre Zona expuesta en promedio 23 ciclones tropicales con vientos mayores a 63 km/h
	Características litológicas	Paleógeno del periodo Terciario; es decir, son suelos que se originaron hace unos 65 millones de años. Presenta características litológicas de Arenisca-Lutita (TomAr-Lu) y de Lutita-Arenisca TpaLu-Ar.
	Relieve	El sistema de topoformas que presenta el proyecto, está totalmente representado por Sierra y Valle. Tiene una elevación que van desde los 12 metros sobre nivel de mar hasta sitios que alcanzan los 256 metros sobre el nivel del mar
	Presencia de fallas y fracturamientos.	No hay presencia de fallas o fracturamientos de roca, pues el terreno es de material no consolidado.
	Susceptibilidad (sismos, derrumbes, inundaciones y actividad volcánica.	No susceptible a actividad volcánica por estar en una zona distante a los volcanes activos más cercanos. Además, el sitio se encuentra en una zona de riesgo medio por sismicidad, de acuerdo a CFE.

Tabla. I.32. Descripción de los factores ambientales presentes en el Área de Influencia del Proyecto.

Aspectos ambientales	Factor ambiental	Descripción
	Tipo de suelo	El tipo de suelo es Luvisol órtico (Ao), según la carta edafológica del INEGI. Se caracterizan por ser suelos rojos, grises y pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquello con alto contenido de arcilla y situados en pendientes fuertes. Los luvisoles son generalmente fértiles para la agricultura
	Hidrología superficial	<p>El área de influencia del proyecto se encuentra ubicada dentro de la región hidrográfica 29. Coatzacoalcos; en la cuenca B. Río Coatzacoalcos, dentro de la subcuenca I. Uxpanapa. La cual es de tipo exorreica, drenando el flujo que capta en los 2823.89 km² que tiene de superficie hacia la subcuenca a. Río Coatzacoalcos.</p> <p>En el área de influencia del proyecto se pueden observar una cantidad importante de escurrimientos según los datos obtenidos en la carta hidrográfica del INEGI. Sin embargo, la mayoría son de tipo efímero e intermitente. Es importante mencionar, que existe un cruce del proyecto con un escurrimiento en la esquina inferior derecha, pero este es un escurrimiento efímero. Los escurrimientos que presentaron tirantes de agua están asociadas a los parches de vegetación riparia, los cuales no serán afectados por el proyecto.</p>
	Hidrología subterránea	<p>El proyecto y su área de influencia (AI) se encuentran ubicadas en su totalidad dentro del acuífero 3012. Costera de Coatzacoalcos, es cual es de tipo libre, con dirección de flujo subterráneo de sur a norte y noroeste fluyendo hacia la línea de costa.</p> <p>El acuífero abarca una superficie de 12,213.59 kilómetros cuadrados. La profundidad del nivel estático varía entre los 0.00 a 43.25 m de profundidad. Su salida es hacia el Golfo de México y su recarga se realiza por la parte sur, proveniente de la Sierra de Chiapas</p>
Aspectos bióticos	Vegetación terrestre	<p>El tipo de vegetación encontrado sobre el trazo propuesto para la realización de la obra, es principalmente de Pastizal inundable temporal con árboles dispersos.</p> <p>En relación a las especies herbáceas registradas en el sitio, se observaron 30 especies, correspondientes a 26 géneros y pertenecientes a 19 familias botánicas, donde predominan las especies de Pasto cabezón (<i>Paspalum virgatum</i>) y pasto camalote (<i>Paspalum fasciculatum</i>), dentro de esta composición se registraron especies de bejucos, arbustiva y helecho, siendo estos, parte del ecosistema registrado</p> <p>Para el caso de las especies arbóreas se registró un total de 14 individuos, pertenecientes a nueve especies, correspondiente a mismo número de géneros y familias botánicas</p> <p>Durante el recorrido por el trazo propuesto para la construcción de la obra, no se registraron especies listadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>
	Fauna	Las especies más abundantes fueron el Luis gregario (<i>Myiozetetes similis</i>) con nueve registros, y con ocho registros

Tabla. I.32. Descripción de los factores ambientales presentes en el Área de Influencia del Proyecto.

Aspectos ambientales	Factor ambiental	Descripción
		<p>cada uno el semillerito collarejo (<i>Sporophila torqueola</i>), la golondrina gorjicafé (<i>Stelidopteryx serripennis</i>) y la ranita espumera de dedos marginados (<i>Leptodactylus melanonotus</i>).</p> <p>Se registraron 67 aves, las cuales se clasifican en siete órdenes, 13 familias, 20 géneros y 20 especies. Las familias con mayor abundancia fueron la Tyrannidae (n=15), principalmente compuesta por individuos de Luis gregario (<i>Myiozetetes similis</i>) (n=9); familia Hirundinidae (n=8), representada por la especie <i>Stelidopteryx serripennis</i>; y la familia Thraupidae con ocho individuos. No se registró la presencia de nidos activos en el área de obra.</p> <p>Los registros de herpetofauna incluyen 18 individuos de anfibios, clasificados en tres familias del orden Anura. La familia de mayor abundancia fue la Leptodactylidae, representada por la ranita espumera de dedos marginados (<i>Leptodactylus melanonotus</i>) con ocho registros. La lagartija espinosa vientre rosado (<i>Sceloporus variabilis</i>) (n=2), fue la única especie del grupo de los reptiles, esta especie pertenece a la familia Phrynosomatidae del orden Squamata.</p> <p>Para grupo de mamíferos no se registró la presencia de individuos en el área de obra y área de influencia.</p> <p>Se registraron dos especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de Sujetas a protección especial (Pr) se registró a la oropéndola de Moctezuma (<i>Psarocolius montezuma</i>) y a la rana de Brown (<i>Lithobates brownorum</i>).</p>
Aspecto biofísico-perceptual	Paisaje	<p>Se analizaron tres aspectos del paisaje: Visibilidad, calidad y fragilidad.</p> <p>la visibilidad de la zona de obra es buena en las zonas llanas y que disminuye en tanto que se acerca a los sitios con ondulaciones más pronunciadas, esto permitirá que la obra no se observe desde los centros de población más cercanos. Es un sitio con alta modificación antropogénica debido a la dedicación pecuaria por la actividad de pastoreo intensivo de ganado bovino. Sin embargo, la predominancia de una cubierta vegetal herbácea en la mayor parte del suelo que se alcanza a observar desde cualquier punto de observación y la presencia de parches de vegetación arbórea en algunos sitios del entorno inmediato y del fondo escénico, así como, la configuración del terreno conformada por lomeríos, puede darle al sitio una calidad paisajística buena. El sitio inmediato y aledaño del proyecto es capaz de soportar modificaciones, debido a la configuración irregular del terreno que se caracteriza por presentar ondulaciones de diversos niveles, donde el camino de acceso será encubierto por el cambio de pendientes y la plataforma de perforación solo podrá ser observada desde sitios muy cercanos.</p>

Tabla. I.32. Descripción de los factores ambientales presentes en el Área de Influencia del Proyecto.

Aspectos ambientales	Factor ambiental	Descripción
Aspectos socioeconómicos	Demografía	De acuerdo con los datos del INEGI 2020, sólo una localidad incide con la zona de proyecto, esta localidad es La Tuxpeña a una distancia de 481 metros, una particularidad de La Tuxpeña es la de ser un Rancho productor de ganado bobino y únicamente cuenta con 3 habitantes.

Analizando todo lo anterior y considerando las distancias de los radios de afectación resultantes de los eventos simulados (Peor Caso y Caso Alternativo) en la instalación y que se enlistan en el **Capítulo VIII.7** del presente documento, se puede describir el impacto que un Incendio por Jet Fire, explosión, fuga y/o derrame y toxicidad, pueden provocar en los componentes ambientales que interactúan directamente con la zona del proyecto, sobre todo el Peor Caso por descontrol de pozo.

El área de proyecto se encuentra propuesta sobre terrenos cubiertos principalmente por un tipo de vegetación conocido como: **Pastizal inundable temporal con árboles dispersos**.

Considerando el estatus de los factores ambientales con respecto a los escenarios posibles por la ejecución del proyecto "**Perforación de la Localización Exploratoria Rayuela-1**", dentro del radio de cobertura de las Zonas de Alto Riesgo por radiación térmica (inflamabilidad) del evento de chorro de fuego (jet fire) o por sobrepresión por la formación de una nube explosiva (Late explosion) que se puede presentar en los escenarios evaluados del peor caso por descontrol de pozo, los factores que pueden ser susceptibles a un efecto de tales eventos son: el suelo, la flora, la fauna.

En el caso de la flora y la fauna los efectos son de manera temporal, el Área de Influencia del Proyecto presente y las condiciones actuales de la zona (completamente modificada), tienen una rápida velocidad de recuperar su equilibrio al estatus en la que se encuentra; principalmente debido a que la flora presente en toda el área del proyecto es de tipo pastizal inducido. En cuanto a la fauna, se encontraron dos especies en estatus de protección por la **NOM-059-SEMARNAT-2010** la oropéndola de Moctezuma (*Psarocolius montezuma*) y la rana de Brown (*Lithobates brownorum*), por lo que se realizarán medidas preventivas como son: rescate, reubicación por personal especializado, recorridos de

verificación y ahuyentamiento, y debido a su capacidad de adaptabilidad y plasticidad a cambios en el ambiente, se considera que dichas especies no serán afectadas de manera significativa por las actividades del proyecto, adicionalmente, en cuanto a la vegetación arbórea se identificaron 14 individuos dispersos en la zona de proyecto, pertenecientes a nueve especies los cuales se encuentran distribuidos y ubicados principalmente a una distancia mayor a los 200 m del área, pero que por su especie y característica florística de la zona no se verán afectada por las actividades del proyecto, debido a que éstas especies que conviven en estos agro sistemas, tienen distribución regional y su dinámica de propagación es efectiva; por lo que, al final de la construcción del proyecto, estas especies se verán favorecidas en la colonización en la periferia del área de proyecto.

Como se mencionó en el apartado anterior, lo más crítico con estos escenarios es que se presente la fuga o derrame del aceite crudo, no se prenda y no se atienda a tiempo. Esto ocasionaría una contaminación al suelo que requeriría métodos de remediación de suelos para su reintegración de nueva cuenta al medio *in situ*.

Por la magnitud de los radios de alto riesgo generados por los niveles de sobrepresión y radiación, los factores ambientales denominados Hidrología y Demografía, no se ven afectados, debido al nulo involucramiento de los eventos con éstos, ya que no son alcanzados. Puntualizando que no hay ríos o lagunas cercanas en un radio de 795.34 m siendo esta la zona de más alto riesgo, sólo se existen escurrimientos de tipo efímero e intermitentes temporales de agua por lluvias y en el caso de la Demografía, sólo una localidad incide con la zona de proyecto, esta localidad es La Tuxpeña a una distancia de 481 metros, una particularidad de La Tuxpeña es la de ser un Rancho productor de ganado bobino y únicamente cuenta con 3 habitantes.

En cuanto al factor paisaje, éste no es afectado ya que se encuentra completamente modificado por las actividades ya establecidas en la zona, como es el caso de las actividades agrícolas y ganaderas.

Finalmente, a raíz de todo este análisis y valoración de los efectos de eventos de alto riesgo en las instalaciones con respecto a la integridad funcional de los componentes ambientales, se puede resumir que estos no serán de relevancia, debido a los siguientes factores:

1. El Área de Influencia del Proyecto, en conjunto con sus componentes y factores ambientales, específicamente en el área del proyecto no acumulará un daño mayor, debido a que es una zona modificada en cuanto su composición florística por actividades ya establecidas principalmente la agrícola y ganadera, además de prevenir el impacto a la fauna de la zona, y la construcción de la obra propuesta se hará respetando al máximo tal categoría de impacto.
2. La instalación contará con todas las medidas necesarias para evitar cualquier incidente de riesgo que ponga en peligro los componentes ambientales ya identificados.
3. La Asignación del proyecto, considera en el diseño, construcción, operación y abandono de la instalación, las medidas predictivas, preventivas y correctivas para mantener en control cualquier escenario de riesgo y/o de peligro en las instalaciones.
4. Implementación de tecnología e infraestructura que cumplen con la función de mitigar desviaciones operativas cuya frecuencia es baja, y prevenir cualquier incidente mayor.
5. Instalación con instrumentación que indique vía remota cualquier alteración operativa durante la perforación y supervisados en el cuarto de control del Activo de Exploración Terrestre Sur

Por lo tanto, desde el enfoque de efectos sobre el Área de Influencia del Proyecto, el proyecto tiene un nivel de aceptación alto, considerando que el área donde se ubica, tiene un nivel de resiliencia alto, se tomarán medidas preventivas con respecto a los impactos y es parteaguas en la generación de fuentes de empleo para los habitantes que radican en los asentamientos relativamente cercanos al área del proyecto.

I.9. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGOS.

I.9.1 Sistemas de seguridad.

Para la perforación del pozo Rayuela 1, se contará con los siguientes equipos para el control de cualquier emergencia.

- a) Equipo Respiración Autónoma
- b) Sistema de Señalización y Rutas de Escape

- c) Dispositivos indicadores de dirección del viento
- d) Equipos de Contra Incendio
- e) Sistema digital de monitoreo y control de gas y fuego
- f) Preventores
- g) Árbol de estrangulación
- h) Bomba acumuladora de presión
- i) Separador gas-lodo
- j) Presa de quema
- k) Quemador ecológico
- l) Apartarrayos
- m) Aterrizaje en equipos
- n) Camillas
- o) Botiquín de primeros auxilios
- p) Sistema de alarmas
- q) Punto de reunión

I.9.2 Medidas preventivas.

1. Platicas de seguridad
2. Procedimientos de maniobras e izajes
3. Programas de mantenimiento
4. Supervisión efectiva de la línea de mando
5. Capacitación del personal
6. Procedimientos operativos
7. Prueba de cierre al preventor en instalación y en cada etapa posterior a la instalación.

I.10 CONCLUSIONES.

El presente Estudio de Riesgo, permitió evaluar de forma sistemática las condiciones de seguridad tanto de los equipos utilizados como la capacitación del personal en materia de seguridad y el cumplimiento a procedimientos, para la perforación del pozo Rayuela-1, durante las sesiones de identificación y evaluación de riesgos en conjunto con el grupo multidisciplinario de análisis y evaluación de riesgos (GMAER), se evaluaron de manera sistemática los escenarios de riesgo, que pudieran desencadenar alguna pérdida de contención de los materiales peligrosos utilizados y ocasionar accidentes y/o incidentes.

A partir de los resultados de la aplicación de la metodología de identificación y evaluación de riesgo, el cumplimiento de los procedimientos operativos y de seguridad, el apego a cumplimiento de normas y estándares nacionales e internacionales, se genera la correcta administración de los riesgos detectados.

Se determina que todos los escenarios analizados se posicionan dentro de la zona tolerable descrito en el principio ALARP establecido por PEMEX.

Es importante destacar que, durante la sesión de identificación y evaluación de riesgos, no se determinaron escenarios ubicados en las zonas: No tolerable (roja), indeseable (naranja) y aceptable con controles (amarilla), el GMAER determina que se realice el análisis de consecuencias a los escenarios de riesgo tolerable (Verde) a la pérdida de contención originada por los riesgos siguientes:

1. **Disparo de pistola en superficie**
2. **Descontrol e pozo ocasionado por una arremetida del pozo, ocasionada por el fallo del preventor.**

Los riesgos detectados se ubican en la zona de riesgo tolerable (tipo D) con un porcentaje de 100%.

Tabla I.33. Porcentajes de riesgos detectados durante la aplicación de las metodologías de identificación y evaluación de riesgos.

TIPO DE RIESGO	ESCENARIOS
Riesgo Tolerable	100%
Total	100%

Esto significa que las actividades a realizar durante la perforación del pozo Rayuela 1, son seguras, y no existen riesgos latentes de daños a: medio ambiente y población.

En la instalación se contará con procedimientos de seguridad y operativos, personal capacitado y certificado, los equipos críticos cumplen en tiempo y forma con los programas de mantenimiento e integridad mecánica establecidos, así como también los equipos para control de emergencias, además se contará con un protocolo de respuesta a emergencias que garantiza salvaguardar al personal, medio ambiente e instalaciones.

La sumatoria de todos estos elementos garantiza la seguridad del medio ambiente y población.

Es importante que durante la ejecución de los trabajos se capacite al personal de la instalación en materia operativa y de seguridad, así como también dar el seguimiento correspondiente a los programas de mantenimiento a los equipos críticos y generales, así como también a los dispositivos de seguridad de la instalación y a los equipos de protección personal.